

502.22
М42

МЕДИКО-ГІДРОГЕОХІМІЧНІ ЧИННИКИ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА УКРАЇНИ

За редакцією доктора геолого-мінералогічних наук,
доктора географічних наук, доктора технічних наук,
професора Г.І. Рудька

Київ – 2015

МЕДИКО-ГІДРОГЕОХІМІЧНІ ЧИННИКИ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА УКРАЇНИ

(за редакцією доктора геолого-мінералогічних наук,
доктора географічних наук, доктора технічних наук,
професора Г.І. Рудька)

Київ 2015

502.22 + 502.5/1.7

УДК 61.55

ББК 5+26.3

М 58 42

*Рекомендовано до друку експертно-технічною радою
Державної комісії України по запасах корисних копалин
(протокол № 198/В від 17.11.2014 р.)*

Рецензенти:

О.М. Адаменко – доктор геолого-мінералогічних наук, професор Івано-Франківського національного технічного університету нафти та газу, академік Академії екологічних наук України;

Г.О. Білявський – доктор геолого-мінералогічних наук, професор, директор Навчально-наукового інституту екологічної безпеки та управління Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління;

Є.О. Яковлев – доктор технічних наук, головний науковий співробітник Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України.

Колектив авторів:

Г.І. Рудько, О.В. Нецький, А.В. Мокієнко, О.М. Нікіпелова, Л.Б. Солодова, Т.А. Сафранов, К.Д. Бабов, А.Л. Погребний, Б.А. Насібуллін, С.Г. Гуща, В.І. Малюк, М.В. Кришталь, Г.Г. Репецька, М.В. Макаренко, Н.І. Смоляр, Е.В. Безвужко, Н.І. Мельничук, О.О. Мацієвська, Н.Л. Чухрай, У.Б. Лотоцька-Дудик, С.Д. Чавс, В.В. Поворознюк, Н.В. Григор'єва, Н.І. Балацька, О.П. Нікіташ, Ю.О. Нікіташ, О.Г. Курило

Медико-гідрогеохімічні чинники геологічного середовища України / за ред. доктора М 56 геолого-мінералогічних наук, доктора географічних наук, доктора технічних наук, професора Г.І. Рудька. – Київ – Чернівці: Букрек, 2015. – 724 с.

ISBN 978-966-399-659-2

Викладено концептуальні основи медичної геології як науки, що вивчає механізм і динаміку взаємодії геологічного середовища та людини, а також результат цієї взаємодії – здоров'я і життя людини з точки зору впливу на неї геологічних процесів.

Схарактеризовано основні гідрогеологічні регіони України, особливості геолого-гідрогеологічного розрізу порід і регіональні закономірності гідрогеологічних умов, хімічного складу питних підземних вод та їх вплив на здоров'я населення. Розглянуто проблеми водозабезпечення України підземними водами та вплив їх споживання на здоров'я населення. Окреслені особливості впливу хімічного складу питних та мінеральних вод на здоров'я населення.

Розглянуті особливості засвоєння мікроелементів та їх роль в організмі людини. Охарактеризовані ендемічні захворювання, що виникають як результат дефіциту чи надлишку хімічних елементів, що надходять до організму людини з питною водою. Розглянуте питання захворюваності на остеопороз населення України та відначено роль мікроелементів та вітаміну D у розвитку цієї хвороби.

Оцінено небезпеку для здоров'я людей порушень функціонування систем локального водопостачання.

Розроблені науково-методичні основи медико-геологічного моніторингу України.

Для медиків, геологів, географів, екологів, науковців, політичних та громадських діячів та широкого загалу читачів.

УДК 61:55

ББК 5+26.3



ISBN 978-966-399-659-2

© Г.І. Рудько, О.В. Нецький, А.В. Мокієнко, О.М. Нікіпелова, Л.Б. Солодова, Т.А. Сафранов, К.Д. Бабов, А.Л. Погребний, Б.А. Насібуллін, С.Г. Гуща, В.І. Малюк, М.В. Кришталь, Г.Г. Репецька, М.В. Макаренко, Н.І. Смоляр, Е.В. Безвужко, Н.І. Мельничук, О.О. Мацієвська, Н.Л. Чухрай, У.Б. Лотоцька-Дудик, С.Д. Чавс, В.В. Поворознюк, Н.В. Григор'єва, Н.І. Балацька, О.П. Нікіташ, Ю.О. Нікіташ, О.Г. Курило, 2015

© Видавничий дім «Букрек», 2015

МЕДИКО-ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ УКРАИНЫ

(под редакцией доктора геолого-минералогических наук,
доктора географических наук, доктора технических наук,
профессора Г.И. Рудько)

Киев 2015

УДК 61:55
ББК 5+26.3
М 56

*Рекомендовано к печати экспертно-техническим советом
Государственной комиссии Украины по запасам полезных ископаемых
(протокол № 198/В от 17.11.2014 г.)*

Рецензенты:

О.М. Адаменко – доктор геолого-минералогических наук, профессор Ивано-Франковского национального технического университета нефти и газа, академик Академии экологических наук Украины;

Г.А. Белюцкий – доктор геолого-минералогических наук, профессор, директор Учебно-научного института экологической безопасности и управления Государственной экологической академии последипломного образования и управления;

Е.А. Яковлев – доктор технических наук, главный научный сотрудник Института телекоммуникаций и глобального информационного пространства НАН Украины.

Коллектив авторов:

Г.И. Рудько, А.В. Нецкий, А.В. Мокиенко, Е.М. Никипелова, Л.Б. Солодова, Т.А. Сафранов, К.Д. Бабов, А.Л. Погребной, Б.А. Насибуллин, С.Г. Гуша, В.И. Малюк, Н.В. Кришталь, А.Г. Репецкая, М.В. Макаренко, Н.И. Смоляр, Э.В. Безвужко, Н.И. Мельничук, О.А. Мацневская, Н.Л. Чухрай, У.Б. Лотоцкая-Дудык, С.Д. Чавс, В.В. Поворознюк, Н.В. Григорьева, Н.И. Балацкая, А.П. Никиташ, Ю.А. Никиташ, О.Г. Курило

Медико-гидрогеохимические факторы геологической среды Украины / под ред. М 56 доктора геолого-минералогических наук, доктора географических наук, доктора технических наук, профессора Г.И. Рудько. – Киев – Черновцы: Букрек, 2015. – 724 с.

ISBN 978-966-399-659-2

Изложены концептуальные основы медицинской геологии как науки, изучающей механизм и динамику взаимодействия геологической среды и человека, а также результат этого взаимодействия – здоровье и жизнь человека с точки зрения влияния на нее геологических процессов.

Охарактеризованы основные гидрогеологические регионы Украины, особенности геолого-гидрогеологического разреза пород и региональные закономерности гидрогеологических условий, химического состава питьевых подземных вод и их влияние на здоровье населения. Рассмотрены проблемы водоснабжения Украины подземными водами и влияние их потребления на здоровье населения. Указаны особенности влияния химического состава питьевых и минеральных вод на здоровье населения.

Рассмотрены особенности усвоения микроэлементов и их роль в организме человека. Охарактеризованы эндемические заболевания, возникающие как результат дефицита или избытка химических элементов, поступающих в организм человека с питьевой водой. Рассмотрен вопрос заболеваемости остеопорозом населения Украины и отмечена роль микроэлементов и витамина D в развитии этой болезни.

Оценена опасность для здоровья людей нарушений функционирования систем локального водоснабжения.

Разработаны научно-методические основы медико-геологического мониторинга Украины.

Для медиков, геологов, географов, экологов, ученых, политических и общественных деятелей и широкого круга читателей.

УДК 61:55
ББК 5+26.3

© Г.И. Рудько, А.В. Нецкий, А.В. Мокиенко, Е.М. Никипелова, Л.Б. Солодова, Т.А. Сафранов, К.Д. Бабов, А.Л. Погребной, Б.А. Насибуллин, С.Г. Гуша, В.И. Малюк, Н.В. Кришталь, А.Г. Репецкая, М.В. Макаренко, Н.И. Смоляр, Э.В. Безвужко, Н.И. Мельничук, О.А. Мацневская, Н.Л. Чухрай, У.Б. Лотоцкая-Дудык, С.Д. Чавс, В.В. Поворознюк, Н.В. Григорьева, Н.И. Балацкая, А.П. Никиташ, Ю.А. Никиташ, О.Г. Курило, 2015

© Издательский дом «Букрек», 2015

ISBN 978-966-399-659-2

MEDICAL-HYDROGEOCHEMICAL FACTORS OF GEOLOGICAL ENVIRONMENT IN UKRAINE

(edited by Doctor of Geology and Mineralogy Sciences,
Doctor of Geography Sciences, Doctor of Technical Sciences,
Professor, G.I. Rudko)

Kiev 2015

UDK 61:55
BBK 5+26.3
M 56

*Recommended for publishing by Technical Expert Council
of State Commission of Ukraine on Mineral Resources
(Protocol No. 198/B dated 17.11.2014)*

Readers:

O.M. Adamenko – Doctor of Geologic-Mineralogical Sciences, Professor at Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Academician of the Academy of Environmental Sciences of Ukraine;

G.O. Biliavskiy – Doctor of Geologic-Mineralogical Sciences, Professor, Director of the Educational and Scientific Institute of Ecological Safety and Management of State Environmental Academy for Postgraduate Education and Management;

Ye.O. Yakovlev – Doctor of Technical Sciences, Senior Scientific Associate of the Institute of Telecommunications and Global Information Space of the National Academy of Sciences of Ukraine.

Autors:

G.I. Rudko, O.V. Netskyi, A.V. Mokiienko, O.M. Nikipelova, L.B. Solodova, T.A. Safranov, K.D. Babov, A.L. Pohrebnyi, B.A. Nasibullin, S.H. Hushcha, V.I. Maliuk, M.V. Kryshstal, H.H. Repetska, M.V. Makarenko, N.I. Smoliar, E.V. Bezvushko, N.I. Melnychuk, O.O. Matsiievska, N.L. Chukhrai, U.B. Lototska-Dudyk, S.D. Chavs, V.V. Povoroznyuk, N.V. Hryhorieva, N.I. Balatska, O.P. Nikitash, Yu.O. Nikitash, O.H. Kurylo

M 56 **Medical-hydrogeochemical factors of geological environment in Ukraine/** (edited by Doctor of Geology and Mineralogy Sciences, Doctor of Geography Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, G.I. Rudko). – Kyiv – Chernivtsi: Bukrek, 2015. – 724 p.
ISBN 978-966-399-659-2

The conceptual grounds of medical geology as a science that studies the mechanism and dynamics of the interaction between human and geological environment and the result of this interaction – the health and life in terms of impact of geological processes have been summarized.

Authors determined main hydrogeological regions of Ukraine, features of geological and hydro-geological rocks sections and regional regularities of hydrogeological conditions, the chemical composition of drinking groundwater and its impact on population health. The problems of groundwater supply in Ukraine and the impact of its consumption on the human health were examined. The impact of chemical composition of drinking and mineral waters on population health were outlined.

The features of microelements assimilation and their role for human body have been reviewed. The monograph overviews endemic diseases in the result of deficiency or excess of chemical elements in drinking water. The question of osteoporosis among the Ukrainian population and the role of microelements and vitamin D for disease development have been also considered.

The hazards for population health due to the malfunction of local water supply systems were estimated.

Scientific and methodological grounds of medical and geological monitoring in Ukraine were developed.

Target readers are physicians, geologists, geographers, environmentalists, scientists, political and public figures and a wide range of readers.

**UDK 61:55
BBK 5+26.3**

© G.I. Rudko, O.V. Netskyi, A.V. Mokiienko, O.M. Nikipelova, L.B. Solodova, T.A. Safranov, K.D. Babov, A.L. Pohrebnyi, B.A. Nasibullin, S.H. Hushcha, V.I. Maliuk, M.V. Kryshstal, H.H. Repetska, M.V. Makarenko, N.I. Smoliar, E.V. Bezvushko, N.I. Melnychuk, O.O. Matsiievska, N.L. Chukhrai, U.B. Lototska-Dudyk, S.D. Chavs, V.V. Povoroznyuk, N.V. Hryhorieva, N.I. Balatska, O.P. Nikitash, Yu.O. Nikitash, O.H. Kurylo, 2015

© Bukrek Publishers, 2015

ISBN 978-966-399-659-2

Зміст

ВСТУП	23
РОЗДІЛ 1. НАУКОВІ ТА МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ МЕДИЧНОЇ ГЕОЛОГІЇ (Г.І. Рудько, О.В. Нецький)	37
<i>Висновки до розділу 1</i>	42
<i>Список літератури до розділу 1</i>	44
РОЗДІЛ 2. ПІДЗЕМНА ГІДРОСФЕРА УКРАЇНИ (Г.І. Рудько, О.В. Нецький).....	45
2.1. Регіональні гідрогеологічні системи України	45
2.2. Основні водоносні горизонти (комплекси) України	65
2.3. Особливості формування хімічного складу підземних вод України	83
2.4. Основні макро- і мікрокомпоненти природних вод	92
2.5. Чинники екологічної небезпеки підземної гідросфери	110
2.6. Джерела екологічної небезпеки підземної гідросфери.....	112
2.6.1. Радіоактивне забруднення водного фонду внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС (із використанням матеріалів Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту)	114
2.7. Дія підземної гідросфери на людину	122
2.7.1. Неорганічні контамінанти.....	124
2.7.2. Органічні контамінанти. Леткі органічні сполуки ..	134
2.8. Твердість питної води та її вплив на здоров'я людини.....	136
2.9. Вплив вмісту магнію у питній воді на здоров'я людини..	141
2.10. Вплив вмісту кальцію у питній воді на здоров'я людини..	144
2.11. Гігієнічні вимоги до якості води, призначеної для споживання людиною	145
<i>Висновки до розділу 2</i>	160
<i>Список літератури до розділу 2</i>	162
РОЗДІЛ 3. ВОДОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УКРАЇНИ ПІДЗЕМНИМИ ВОДАМИ ТА ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ (Г.І. Рудько, О.В. Нецький).....	169
3.1. Ресурси підземних вод та їх використання.....	173
3.1.1. Нераціональне використання водних ресурсів, у тому числі виявленого ресурсного потенціалу, оцінених і розвіданих запасів питних підземних вод	198

3.1.2. Дефіцит водних ресурсів в окремих областях України та нарощування ресурсного потенціалу, виявлених і оцінених запасів підземних вод.....	204
3.2. Проблеми водокористування міст і промислово-міських агломерацій.....	205
3.3. Проблеми водокористування сільських населених пунктів.....	242
<i>Висновки до розділу 3</i>	252
<i>Список літератури до розділу 3</i>	256
РОЗДІЛ 4. ГІГІЄНИЧНА ОЦІНКА ВПЛИВУ МІНЕРАЛЬНОГО СКЛАДУ ПИТНИХ І МІНЕРАЛЬНИХ ВОД НА ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ (А.В. Мокієнко, О.М. Нікіпелова, Л.Б. Солодова).....	
<i>Висновки до розділу 4</i>	287
<i>Список літератури до розділу 4</i>	287
РОЗДІЛ 5. ФІЗІОЛОГІЧНА ПОВНОЦІННІСТЬ МІНЕРАЛЬНОГО СКЛАДУ ПИТНИХ ВОД ЯК ЧИННИК ФОРМУВАННЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ (на прикладі Одеської промислово-міської агломерації) (Т.А. Сафранов)...	
<i>Висновки до розділу 5</i>	312
<i>Список літератури до розділу 5</i>	313
РОЗДІЛ 6. МІНЕРАЛЬНІ ЙОДО-БРОМНІ ВОДИ – БІОЛОГІЧНА ДІЯ ТА ПРАКТИЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ НА КУРОРТІ БЕРДЯНСЬК (К.Д. Бабов, О.М. Нікіпелова, А.Л. Погребний, Б.А. Насібуллін, С.Г. Гуца).....	
6.1. Мінеральні води середньосарматських відкладів неогенової системи.....	320
6.2. Мінеральні води тортон-нижньосарматських відкладів неогенової системи (N_{1t-s_1}).....	333
6.3. Мінеральні води у відкладах крейдяної системи (K_2).....	340
<i>Висновки до розділу 6</i>	345
РОЗДІЛ 7. ДЕЯКІ ГІДРОХІМІЧНІ ТА БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ БОРНИХ МІНЕРАЛЬНИХ ВОД УКРАЇНИ (О.М. Нікіпелова, Б.А. Насібуллін, С.Г. Гуца, Л.Б. Солодова).....	
<i>Висновки до розділу 7</i>	372
<i>Список літератури до розділу 7</i>	374

**РОЗДІЛ 8. КРЕМНІЄВМІСНІ МІНЕРАЛЬНІ ВОДИ УКРАЇНИ
ТА ЇХ СУЧАСНЕ ВИКОРИСТАННЯ У ЛІКУВАЛЬНІЙ****ПРАКТИЦІ** (К.Д. Бабов, О.М. Нікіпелова, С.Г. Гуца,

Б.А. Насібуллін, А.Л. Погребний) 382

Висновки до розділу 8 401*Список літератури до розділу 8* 401**РОЗДІЛ 9. ЗАГАЛЬНІ АСПЕКТИ ЗАСВОЄННЯ, ОБМІНУ
МІКРОЕЛЕМЕНТІВ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ЗДОРОВ'Я****ЛЮДИНИ** (В.І. Малюк, М.В. Кришталь, Г.Г. Репецька,

М.В. Макаренко) 409

9.1. Обмін заліза та його порушення 411

9.2. Обмін міді та його порушення 418

9.3. Обмін цинку та його порушення 422

9.4. Обмін мангану та його порушення 427

9.5. Обмін хрому та його роль в організмі 428

9.6. Обмін ванадію та його роль в організмі 430

9.7. Патофізіологія обміну молібдену 432

9.8. Патофізіологія обміну селену 433

9.9. Патофізіологія обміну йоду 439

9.10. Патофізіологія обміну фтору 442

Висновки до розділу 9 445*Список літератури до розділу 9* 447**РОЗДІЛ 10. КАЛЬЦІЙ В МІНЕРАЛЬНИХ ВОДАХ
ТА ОРГАНІЗМІ ЛЮДИНИ: ФІЗІОЛОГІЯ І КЛІНІКА**

(В.І. Малюк, Г.Г. Репецька) 448

10.1. Джерела кальцію в продуктах харчування 450

10.2. Функції кальцію в організмі 450

10.3. Регуляція обміну кальцію 451

10.4. Найпоширеніші хвороби, пов'язані з порушенням
обміну кальцію, їх профілактика та лікування 452*Висновки до розділу 10* 481*Список літератури до розділу 10* 482**РОЗДІЛ 11. СТОМАТОЛОГІЧНЕ ЗДОРОВ'Я ДІТЕЙ,
ЯКІ ПРОЖИВАЮТЬ НА ТЕРИТОРІЯХ ІЗ РІЗНИМ****СКЛАДОМ МІНЕРАЛЬНИХ ВОД** (Н.І. Смоляр,

Е.В. Беззушко, Н.І. Мельничук) 484

11.1. Ураженість карієсом зубів у дітей, які проживають на територіях із різним складом мінеральних вод	484
11.2 Карієс зубів та фізичний розвиток дітей, які проживають в різних біогеохімічних провінціях Закарпаття...	488
<i>Висновки до розділу 11</i>	492
<i>Список літератури до розділу 11</i>	493

РОЗДІЛ 12. ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ м. ЛЬВІВ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВОДИ РІЗНОЇ ЯКОСТІ НА ПОКАЗНИКИ КРОВІ ЛЮДИНИ

<i>(О.О. Мацієвська)</i>	495
12.1. Якість питної води, що надходить у мережу централізованого водопостачання м. Львів	495
12.2. Стан розподільної водопровідної мережі м. Львів та її вплив на якість питної води.....	498
12.3. Фізіологічна повноцінність питної води з пунктів розливу в м. Львів	516
12.4. Дослідження впливу води різної якості на показники крові людини.....	518
<i>Висновки до розділу 12</i>	533
<i>Список літератури до розділу 12</i>	534

РОЗДІЛ 13. ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ЯКОСТІ ПОВІТРЯНОГО БАСЕЙНУ ТА ПОКАЗНИКІВ ПИТНОЇ ВОДИ м. ЛЬВОВА ЗІ СТАНОМ ТВЕРДИХ ТКАНИН ЗУБІВ У ДІТЕЙ

<i>(Н.І. Смоляр, Н.Л. Чухрай, У.Б. Лотоцька-Дудик, С.Д. Чавс)</i>	536
<i>Висновки до розділу 13</i>	556
<i>Список літератури до розділу 13</i>	558

РОЗДІЛ 14. ОСТЕОПОРОЗ У НАСЕЛЕННЯ УКРАЇНИ: РОЛЬ ВІТАМІНУ D, КАЛЬЦІЮ ТА ІНШИХ

МІКРОЕЛЕМЕНТІВ <i>(В.В. Поворознюк, Н.В. Григор'єва, Н.І. Балацька)</i>	560
14.1. Роль кальцію в ремоделюванні кісткової тканини та профілактиці системного остеопорозу.....	564
14.2. Роль вітаміну D у метаболізмі кісткової тканини	574
14.3. Вплив мінеральних елементів і деяких вітамінів на обмін у кістковій тканині.....	607
<i>Висновки до розділу 14</i>	621
<i>Список літератури до розділу 14</i>	621

**РОЗДІЛ 15. ОЦІНЮВАННЯ НЕБЕЗПЕКИ СТАНУ
ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ МІКРОРАЙОНУ БОРТНИЧІ
(м. КИЇВ) У ЗВ'ЯЗКУ З ПОРУШЕННЯМ
ФУНКЦІОНУВАННЯ ЛОКАЛЬНИХ СИСТЕМ
ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ОЧИСНИХ СПОРУД МІСТА,
ЗАХОДИ ЙОГО ЛІКВІДАЦІЇ (О.П. Нікіташ, Ю.О. Нікіташ,**

<i>О.Г. Курило)</i>	637
15.1. Гідрогеологічні умови мікрорайону	639
15.2. Сучасне водопостачання мікрорайону	651
15.3. Локальне забруднення підземних вод	656
15.4. Причини забруднення підземних вод	657
15.5. Ліквідація локального забруднення питних підземних вод	662
<i>Висновки до розділу 15</i>	663
<i>Список літератури до розділу 15</i>	663

**РОЗДІЛ 16. КОНЦЕПТУАЛЬНІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ
СИСТЕМИ МЕДИКО-ГЕОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ**

<i>(Г.І. Рудько, О.В. Нецький)</i>	665
16.1. Медико-геологічний моніторинг як засіб контролю взаємозв'язку геологічного середовища і здоров'я населення	665
16.2. Моделювання як засіб оцінки медико-геологічних умов територій	669
16.3. Оцінювання медико-геологічної небезпеки за результатами моніторингу	673
16.4. Заходи щодо запобігання та мінімізації впливу чинників геологічного середовища на стан здоров'я населення	676
<i>Висновки до розділу 16</i>	678
<i>Список літератури до розділу 16</i>	678

ВИСНОВКИ	680
СПИСОК СКОРОЧЕНЬ	699
ПРО АВТОРІВ	701

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	28
РАЗДЕЛ 1. НАУЧНЫЕ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕДИЦИНСКОЙ ГЕОЛОГИИ (Г.И. Рудько, А.В. Нецкий)	37
<i>Выводы к разделу 1</i>	42
<i>Список литературы к разделу 1</i>	44
РАЗДЕЛ 2. ПОДЗЕМНАЯ ГИДРОСФЕРА УКРАИНЫ (Г.И. Рудько, А.В. Нецкий)	45
2.1. Региональные гидрогеологические системы Украины	45
2.2. Основные водоносные горизонты (комплексы) Украины	65
2.3. Особенности формирования химического состава подземных вод Украины	83
2.4. Основные макро- и микрокомпоненты природных вод	92
2.5. Факторы экологической опасности подземной гидросферы	110
2.6. Источники экологической опасности подземной гидросферы	112
2.6.1. Радиоактивное загрязнение водного фонда в результате аварии на Чернобыльской АЭС (с использованием материалов Украинского научно-исследовательского гидрометеорологического института)	114
2.7. Воздействие подземной гидросферы на человека	122
2.7.1. Неорганические контаминанты	124
2.7.2. Органические контаминанты. Летучие органические соединения	134
2.8. Твердость питьевой воды и ее влияние на здоровье человека	136
2.9. Влияние содержания магния в питьевой воде на здоровье человека	141
2.10. Влияние содержания кальция в питьевой воде на здоровье человека	144
2.11. Гигиенические требования к качеству воды, предназначенной для потребления человеком	145
<i>Выводы к разделу 2</i>	160
<i>Список литературы к разделу 2</i>	162

**РАЗДЕЛ 3. ВОДООБЕСПЕЧЕНИЕ УКРАИНЫ
ПОДЗЕМНЫМИ ВОДАМИ И ЗДОРОВЬЕ**

НАСЕЛЕНИЯ (Г.И. Рудько, А.В. Нецкий)	169
3.1. Ресурсы подземных вод и их использование.....	173
3.1.1. Нерациональное использование водных ресурсов, в том числе обнаруженного ресурсного потенциала, оцененных и разведанных запасов питьевых подземных вод.....	198
3.1.2. Дефицит водных ресурсов в отдельных областях Украины и наращивание ресурсного потенциала, выявленных и оцененных запасов подземных вод.....	204
3.2. Проблемы водопользования городов и промышленно- городских агломераций.....	205
3.3. Проблемы водопользования сельских населенных пунктов.....	242
<i>Выводы к разделу 3</i>	252
<i>Список литературы к разделу 3</i>	256

**РАЗДЕЛ 4. ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ
МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА ПИТЬЕВЫХ И
МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ**

(А.В. Мокиенко, Е.М. Никипелова, Л.Б. Солодова).....	259
<i>Выводы к разделу 4</i>	287
<i>Список литературы к разделу 4</i>	287

**РАЗДЕЛ 5. ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ПОЛНОЦЕННОСТЬ
МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА ПИТЬЕВЫХ ВОД КАК
ФАКТОР ФОРМИРОВАНИЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ**

(на примере Одесской промышленно-городской агломерации) (Т.А. Сафранов)	294
<i>Выводы к разделу 5</i>	312
<i>Список литературы к разделу 5</i>	313

**РАЗДЕЛ 6. МИНЕРАЛЬНЫЕ ЙОДО-БРОМНЫЕ ВОДЫ –
БИОЛОГИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ И ПРАКТИЧЕСКОЕ
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НА КУРОРТЕ БЕРДЯНСК**

(К.Д. Бабов, Е.М. Никипелова, А.Л. Погребной, Б.А. Насибуллин, С.Г. Гуца)	316
6.1. Минеральные воды среднесарматских отложений неогеновой системы.....	320

6.2. Минеральные воды тортон-нижнесарматских отложений неогеновой системы (N_1t-s).....	333
6.3. Минеральные воды в отложениях меловой системы (K_2).....	340
<i>Выводы к разделу 6</i>	345
РАЗДЕЛ 7. НЕКОТОРЫЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ БОРНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД УКРАИНЫ (<i>Е.М. Никителова, Б.А. Насибуллин, С.Г. Гуца, Л.Б. Солодова</i>).....	
<i>Выводы к разделу 7</i>	372
<i>Список литературы к разделу 7</i>	374
РАЗДЕЛ 8. КРЕМНИЙСОДЕРЖАЩИЕ МИНЕРАЛЬНЫЕ ВОДЫ УКРАИНЫ И ИХ СОВРЕМЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ЛЕЧЕБНОЙ ПРАКТИКЕ (<i>К.Д. Бабов, Е.М. Никителова, С.Г. Гуца, Б.А. Насибуллин, А.Л. Погребной</i>).....	
<i>Выводы к разделу 8</i>	401
<i>Список литературы к разделу 8</i>	401
РАЗДЕЛ 9. ОБЩИЕ АСПЕКТЫ УСВОЕНИЯ, ОБМЕНА МИКРОЭЛЕМЕНТОВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА (<i>В.И. Малуц, Н.В. Кришталь, А.Г. Репецкая, М.В. Макаренко</i>).....	
9.1. Обмен железа и его нарушение.....	411
9.2. Обмен меди и его нарушение.....	418
9.3. Обмен цинка и его нарушение.....	422
9.4. Обмен марганца и его нарушение.....	427
9.5. Обмен хрома и его роль в организме.....	428
9.6. Обмен ванадия и его роль в организме.....	430
9.7. Патология обмена молибдена.....	432
9.8. Патология обмена селена.....	433
9.9. Патология обмена йода.....	439
9.10. Патология обмена фтора.....	442
<i>Выводы к разделу 9</i>	445
<i>Список литературы к разделу 9</i>	447

РАЗДЕЛ 10. КАЛЬЦИЙ В МИНЕРАЛЬНЫХ ВОДАХ И ОРГАНИЗМЕ ЧЕЛОВЕКА: ФИЗИОЛОГИЯ

И КЛИНИКА (В.И. Малюк, А.Г. Репецкая)	448
10.1. Источники кальция в продуктах питания	450
10.2. Функции кальция в организме	450
10.3. Регуляция обмена кальция.....	451
10.4. Самые распространенные болезни, связанные с нарушением обмена кальция, их профилактика и лечение	452
<i>Выводы к разделу 10</i>	481
<i>Список литературы к разделу 10</i>	482

РАЗДЕЛ 11. СТОМАТОЛОГИЧЕСКОЕ ЗДОРОВЬЕ ДЕТЕЙ, ПРОЖИВАЮЩИХ НА ТЕРРИТОРИЯХ С РАЗНЫМ СОСТАВОМ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД (Н.И. Смоляр,

Э.В. Безвушко, Н.И. Мельничук)	484
11.1. Пораженность кариесом зубов у детей, проживающих на территориях с разным составом минеральных вод.....	484
11.2. Кариес зубов и физическое развитие детей, проживающих в различных биогеохимических провинциях Закарпатья.....	488
<i>Выводы к разделу 11</i>	492
<i>Список литературы к разделу 11</i>	493

РАЗДЕЛ 12. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ г. ЛЬВОВ И ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВОДЫ РАЗЛИЧНОГО КАЧЕСТВА НА ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ ЧЕЛОВЕКА (О.А. Мацневская).....

г. ЛЬВОВ И ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВОДЫ РАЗЛИЧНОГО КАЧЕСТВА НА ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ ЧЕЛОВЕКА (О.А. Мацневская)	495
12.1. Качество питьевой воды, поступающей в сеть централизованного водоснабжения г. Львов	495
12.2. Состояние распределительной водопроводной сети г. Львов и ее влияние на качество питьевой воды	498
12.3. Физиологическая полноценность питьевой воды из пунктов разлива в г. Львов.....	516
12.4. Исследование влияния воды разного качества на показатели крови человека	518
<i>Выводы к разделу 12</i>	533
<i>Список литературы к разделу 12</i>	534

РАЗДЕЛ 13. ВЗАИМОСВЯЗЬ КАЧЕСТВА ВОЗДУШНОГО БАССЕЙНА И ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ г. ЛЬВОВ С СОСТОЯНИЕМ ТВЕРДЫХ ТКАНЕЙ ЗУБОВ У ДЕТЕЙ (Н.И. Смоляр, Н.Л. Чухрай, У.Б. Лотоцкая-Дудык, С.Д. Чавс).....	536
<i>Выводы к разделу 13</i>	556
<i>Список литературы к разделу 13</i>	558
РАЗДЕЛ 14. ОСТЕОПОРОЗ У НАСЕЛЕНИЯ УКРАИНЫ: РОЛЬ ВИТАМИНА D, КАЛЬЦИЯ И ДРУГИХ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ (В.В. Поворознюк, Н.В. Григорьева, Н.И. Балацкая).....	560
14.1. Роль кальция в ремоделировании костной ткани и профилактике системного остеопороза.....	564
14.2. Роль витамина D в метаболизме костной ткани.....	574
14.3. Влияние минеральных элементов и некоторых витаминов на обмен в костной ткани.....	607
<i>Выводы к разделу 14</i>	621
<i>Список литературы к разделу 14</i>	621
РАЗДЕЛ 15. ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ МИКРОРАЙОНА БОРТНИЧИ (г. КИЕВ) В СВЯЗИ С НАРУШЕНИЕМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЛОКАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ОЧИСТИТЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ ГОРОДА, МЕРЫ ЕГО ЛИКВИДАЦИИ (А.П. Никитаи, Ю.А. Никитаи, О.Г. Курило).....	637
15.1. Гидрогеологические условия микрорайона.....	639
15.2. Современное водоснабжение микрорайона.....	651
15.3. Локальное загрязнение подземных вод.....	656
15.4. Причины загрязнения подземных вод.....	657
15.5. Ликвидация локального загрязнения питьевых подземных вод.....	662
<i>Выводы к разделу 15</i>	663
<i>Список литературы к разделу 15</i>	663
РАЗДЕЛ 16. КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ МЕДИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА (Г.И. Рудько, А.В. Нецкий).....	665

16.1. Медико-геологический мониторинг как средство контроля взаимосвязи геологической среды и здоровья населения	665
16.2. Моделирование как средство оценки медико-геологических условий территорий	669
16.3. Оценка медико-геологической опасности по результатам мониторинга	673
16.4. Мероприятия по предотвращению и минимизации влияния факторов геологической среды на состояние здоровья населения	676
<i>Выводы к разделу 16</i>	678
<i>Список литературы к разделу 16</i>	678
ВЫВОДЫ	686
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	699
ОБ АВТОРАХ	701

Contents

INTRODUCTION	33
SECTION 1. SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL GROUNDS OF MEDICAL GEOLOGY	
<i>(G.I. Rudko, O.V. Netskyi)</i>	37
<i>Conclusions to Section 1</i>	42
<i>List of References to Section 1</i>	44
SECTION 2. SUBSURFACE HYDROSPHERE OF UKRAINE	
<i>(G.I. Rudko, O.V. Netskyi)</i>	45
2.1. Regional Hydrogeological Systems of Ukraine.....	45
2.2. The Main Aquifers (Complexes) of Ukraine.....	65
2.3. Formation Features of Chemical Composition of Ukrainian Groundwaters	83
2.4. Main Macro- and Microelements of Natural Waters.....	92
2.5. Factors of Environmental Hazard of Subsurface Hydrosphere	110
2.6. Sources of Environmental Hazard of Subsurface Hydrosphere	112
2.6.1. Radioactive Pollution of Water Resources as a Result of the Chernobyl Accident (According to the Materials of Ukrainian Scientific-Research Hydrometeorological Institute)	114
2.7. The Impact of Subsurface Hydrosphere on Human.....	122
2.7.1. Inorganic Contaminants.....	124
2.7.2. Organic Contaminants. Volatile Organic Compounds..	134
2.8. The Hardness of Drinking Waters and its Impact on Human Health	136
2.9. The Impact of Magnesium Content in Drinking Waters on Human Health	141
2.10. Impact of Calcium Content in Drinking Waters on Human Health	144
2.11. Hygienic Quality Requirements to Water for Human Consumption	145
<i>Conclusions to Section 2</i>	160
<i>List of References to Section 2</i>	162

SECTION 3. GROUNDWATER SUPPLY IN UKRAINE AND POPULATION HEALTH (<i>G.I. Rudko, O.V. Netskyi</i>).....	169
3.1. Groundwater Resources and Their Use.....	173
3.1.1. Irrational Use of Water Resources, Including the Identified Resource Potential, Evaluated and Prospected Reserves of Drinking Groundwater.....	198
3.1.2. Water Resources Deficiency in Separate Regions of Ukraine and Increase of Resource Potential of the Identified and Evaluated Groundwater Reserves	204
3.2. Problems of Water Management in Cities and Urban-Industrial Agglomerations.....	205
3.3. Problems Of Water Management in Rural Areas.....	242
<i>Conclusions to Section 3</i>	252
<i>List of References to Section 3</i>	256
SECTION 4. HYGIENIC EVALUATION OF THE IMPACT OF MINERAL COMPOSITION OF DRINKING AND MINERAL WATERS ON POPULATION HEALTH (<i>A.V. Mokiienko, O.M. Nikipelova, L.B. Solodova</i>).....	259
<i>Conclusions to Section 4</i>	287
<i>List of References to Section 4</i>	287
SECTION 5. PHYSIOLOGICAL FULL-VALUE OF MINERAL COMPOSITION OF DRINKING WATERS AS A FORMATION FACTOR OF POPULATION HEALTH (by the example of Odesa urban-industrial agglomeration) (<i>T.A. Safranov</i>).....	294
<i>Conclusions to Section 5</i>	312
<i>List of References to Section 5</i>	313
SECTION 6. MINERAL IODINE-BROMINE WATERS – BIOLOGICAL EFFECT AND PRACTICAL USE AT THE BERDIANSK RESORT (<i>K.D. Babov, O.M. Nikipelova, A.L. Pohrebnyi, B.A. Nasibullin, S.H. Hushcha</i>)	316
6.1. Mineral Waters in Mid-Sarmatian Sediments of the Neogene System.....	320
6.2. Mineral Waters in Torton-Low-Sarmatian Sediments of the Neogene System (N _{1t-s}).....	333
6.3. Mineral Waters in Cretaceous Sediments (K ₂).....	340
<i>Conclusions to Section 6</i>	345

SECTION 7. VARIOUS HYDROCHEMICAL AND BIOLOGICAL FEATURES OF BORIC MINERAL WATERS IN UKRAINE (*O.M. Nikipelova, B.A. Nasibullin, S.H. Hushcha,*

<i>L.B. Solodova</i>).....	346
<i>Conclusions to Section 7</i>	372
<i>List of References to Section 7</i>	374

SECTION 8. SILICON CONTENT OF MINERAL WATERS IN UKRAINE AND THEIR CURRENT USE IN MEDICAL PRACTICE (*K.D. Babov, O.M. Nikipelova, S.H. Hushcha,*

<i>B.A. Nasibullin, A.L. Pohrebnyi</i>).....	382
<i>Conclusions to Section 8</i>	401
<i>List of References to Section 8</i>	401

SECTION 9. GENERAL ASPECTS OF MICROELEMENTS UPTAKE, METABOLISM AND THEIR IMPACT ON HUMAN HEALTH (*V.I. Maliuk, M.V. Kryshstal, H.H. Repetska,*

<i>M.V. Makarenko</i>).....	409
9.1. Iron Metabolism and its Disorders	411
9.2. Copper Metabolism and its Disorders.....	418
9.3. Zinc Metabolism and its Disorders	422
9.4. Mangan Metabolism and its Disorders	427
9.5. Chrome Metabolism and its role in the Organism	428
9.6. Vanadium Metabolism and its Role in the Organism.....	430
9.7. Pathophysiology of Molybdenum Metabolism.....	432
9.8. Pathophysiology of Selenium Metabolism	433
9.9. Pathophysiology of Iodine Metabolism	439
9.10. Pathophysiology of Fluorine Metabolism.....	442
<i>Conclusions to Section 9</i>	445
<i>References the section 9</i>	447

SECTION 10. CALCIUM IN MINERAL WATERS AND HUMAN ORGANISM: PHYSIOLOGY AND CLINICS

<i>(V.I. Maliuk, H.H. Repetska)</i>	448
10.1. Sources of Calcium in Food Stuff.....	450
10.2. Calcium Functions in the Organism.....	450
10.3. Regulation of Calcium Metabolism	451
10.4. The Most Common Diseases Associated with Calcium Metabolism Disorder, Their Prevention and Treatment.....	452

<i>Conclusions to Section 10</i>	481
<i>List of References to Section 10</i>	482
SECTION 11. STOMATOLOGICAL HEALTH OF CHILDREN LIVING AT THE TERRITORIES WITH DIVERSE MINERAL WATER COMPOSITION (N.I. Smoliar, E.V. Bezvushko, N.I. Melnychuk)	
<i>E.V. Bezvushko, N.I. Melnychuk</i>	484
11.1. Caries among Children Living in the Areas with Different Mineral Water Composition	484
11.2 Dental Caries and Physical Development of Children Living in Different Biogeochemical Provinces of the Transcarpathian Region.....	488
<i>Conclusions to Section 11</i>	492
<i>List of References to Section 11</i>	493
SECTION 12. EVALUATION OF DRINKING WATER QUALITY in Lviv AND THE IMPACT OF WATER QUALITY ON HUMAN BLOOD VALUE (O.O. Matsiievska)	
<i>O.O. Matsiievska</i>	495
12.1. The Quality of Drinking Water of the Centralized Water Supply Network in Lviv	495
12.2. The State of Distributional Lviv Water Network and its Impact on Water Quality	498
12.3. The Physiological Usefulness of Drinking Water from Decanting Points in Lviv	516
12.4. The Impact of Different Water Quality on Human Blood ...	518
<i>Conclusions to Section 12</i>	533
<i>List of References to Section 12</i>	534
SECTION 13. INTERCONNECTION BETWEEN AIR BASIN QUALITY ALONG WITH DRINKING WATER INDEXES IN LVIV AND TEETH HARD TISSUE AMONG CHILDREN (N.I. Smoliar, N.L. Chukhrai, U.B. Lototska-Dudyk, S.D. Chavs)	
<i>N.I. Smoliar, N.L. Chukhrai, U.B. Lototska-Dudyk, S.D. Chavs</i>	536
<i>Conclusions to Section 13</i>	556
<i>List of References to Section 13</i>	558
SECTION 14. OSTEOPOROSIS AMONG THE UKRAINIAN POPULATION: THE ROLE OF VITAMIN D, CALCIUM AND OTHER MICROELEMENTS (V.V. Povoroznyuk, N.V. Hryhorieva, N.I. Balatska)	
<i>V.V. Povoroznyuk, N.V. Hryhorieva, N.I. Balatska</i>	560

14.1. The Role of Calcium for Bone Remodeling and for Osteoporosis Preventive Measures	564
14.2. The Role of Vitamin D for Bone Metabolism.....	574
14.3. The Impact of Mineral Elements and Vitamins on the Bone Metabolism	607
<i>Conclusions to Section 14</i>	621
<i>List of References to Section 14</i>	621
SECTION 15. HAZARD ESTIMATION OF POPULATION HEALTH WITHIN BORTNYCHI DISTRICT (KYIV) DUE TO THE MALFUNCTION OF LOCAL WATER SUPPLY SYSTEMS AND URBAN WASTEWATER TREATMENT, ELIMINATION MEASURES (O.P. Nikitash, Yu.O. Nikitash, O.H. Kurylo).....	
15.1. Hydrogeological Conditions of the District	639
15.2. Current Water Supply of the District.....	651
15.3. Local Groundwater Pollution	656
15.4. Reasons of Groundwater Pollution	657
15.5. The Elimination of Local Pollution of Drinking Groundwater.....	662
<i>Conclusions to Section 15</i>	663
<i>List of References to Section 15</i>	663
SECTION 16. CONCEPTUAL BASES OF MEDICAL AND GEOLOGICAL MONITORING (G.I. Rudko, O.V. Netskyi).....	
16.1. Medical Geological Monitoring as a Method to Control the Interconnection between the Geological Environment and Human Health.....	665
16.2. Modeling as a Mean of Evaluation of Medical and Geological Conditions of Territories	669
16.3. Evaluation of Medical and Geological Hazard According to the Monitoring Results	673
16.4. Measures to Prevent and Minimize the Impact Factors of Geological Environment on Population Health	676
<i>Conclusions to Section 16</i>	678
<i>List of References to Section 16</i>	678
SUMMARY	693
LIST OF ABBREVIATIONS	699
AUTHORS	701

ВСТУП

Україна – одна з найбільших країн Європи, унікальна мінерально-сировинна держава, багатство надр якої пов'язане з особливостями геологічної будови її території.

Геологічне середовище України включає всі основні геоструктурні зони земної кори (платформні, гірськоскладчасті, перехідні), є мінеральною основою біосфери, основним постачальником енергетичних ресурсів, літосферним простором, яке формує природний та техноприродний фон життєдіяльності населення.

Геологічне середовище впливає на людину в різних напрямках, серед яких слід виділити такі: *підземну і поверхневу гідросфери* (вплив на організм людини питної води); *ландшафтно-геохімічну сферу* (вплив хімічних елементів на функціонування систем ґрунт–рослина–організм людини, ґрунт–рослина–тварина–організм людини тощо); *геофізичну сферу* (вплив геофізичних полів, у тому числі радіаційної обстановки, під дією яких людина перебуває постійно); *геодинамічні природні і техноприродні процеси* (геодинамічні особливості літосфери та геологічного середовища).

Як мінеральна основа біосфери геологічне середовище значною мірою визначає характер, масштаби, спеціалізацію впливу на здоров'я людини, тому його розглядають як природний фон або активний чинник. Характер і ступінь такого впливу вивчають різні природничі науки. Напрямок, що сформувався на стику різних наук і нині динамічно розвивається, отримав назву «медична геологія».

У результаті бурхливої виробничої діяльності в ХХ–початку ХХІ ст. людина досягнула величезних успіхів у перетворенні навколишнього світу, однак, це призвело до виникнення нових видів екологічних небезпек, деградації резервів організму і здоров'я людини.

Організм людини взаємодіє з навколишнім середовищем (у тому числі геологічним) індивідуально, із залученням фізіологіч-

них реакцій. У силу загальних соматичних властивостей фізіологічного пристосування організм людини здатний адаптуватись або виробити імунітет до найрізноманітніших зовнішніх чинників. Механізм адаптації допомагає підтримувати стійкість внутрішнього середовища організму, якщо параметри окремих чинників зовнішнього середовища виходять за межі оптимальних. Критерієм ступеня адаптації є збереження гомеостазу незалежно від тривалості впливу чинника, до якого вона сформувалась.

Причинами порушення нормальної життєдіяльності організму і виникнення патологічних процесів можуть бути абіотичні (властивості неживої природи) і біотичні (властивості живої природи) чинники. Доведено зв'язок географічного розподілу низки захворювань, пов'язаний із кліматично-географічними зонами, висотою місцевості над рівнем моря, інтенсивністю випромінювань, переміщенням повітряних мас, атмосферним тиском, вологістю повітря тощо. Не менш загрозливими для людини є різні види антропогенного забруднення природного середовища, що спричинюють тяжкі патологічні явища та глибокі генетичні зміни, що призводить до вкрай негативних соціально-екологічних наслідків. Унаслідок дії негативних чинників докільця на організм людини розвиваються серцево-судинні, онкологічні захворювання, дистрофічні зміни, алергія, цукровий діабет, гормональні дисфункції, порушення розвитку плоду, ураження спадкового апарату клітини та інші захворювання.

Здоров'я людини – це стан, за якого організм людини загалом і всі його органи зокрема здатні виконувати свої функції повною мірою; відсутність хвороб, поганого самопочуття. Геологічне середовище та його організація є чинниками впливу на стан здоров'я населення. У зв'язку з цим формування і розвиток медичної геології як науки актуальне, у тому числі з погляду необхідності дослідження механізму і динаміки впливу геологічного середовища, зокрема його техногенних змін, на стан здоров'я, умови життєдіяльності людини.

У монографії розглянуто гідрогеохімічний аспект медичної геології, який полягає в дослідженні механізмів впливу на стан здоров'я населення природних і техноприродних особливостей

ресурсів підземної гідросфери, що споживаються населенням як питні і мінеральні води.

Біогеогідрохімічні процеси в організмі людини, пов'язані зі споживанням вод певного якісного складу, визначають стан її здоров'я і потребують комплексного геолого-медичного вивчення.

Організм людини на 80 % складається з води, тому хімічний склад споживаної води є визначальним для її здоров'я: погіршення якості води призводить до виникнення хвороб, розвитку захворювань, скорочення тривалості життя.

Підземні води заповнюють поровий простір нижче від рівня ґрунтових вод і є частиною безперервного динамічного потоку (колообігу) в системі, в якій рідина рухається зі швидкістю від кількох десятків сантиметрів за тисячу років до кількох десятків сантиметрів за добу. Під час руху підземна вода контактує з різноманітними мінералами, в результаті чого змінюється її якість (фізико-хімічні властивості, мінеральний склад). Циркуляція підземних вод – основний механізм перенесення хімічних речовин із порід у навколишнє середовище, й отже, основний шлях впливу гірських порід на людський організм. При цьому особливості хімічного складу підземних вод (надлишок або дефіцит мікроелементів) є визначальним чинником виникнення певного типу захворювань (з продуктами харчування людина отримує лише частину необхідних мікроелементів, інша – надходить з питною водою).

Наприклад, дефіцит мікроелемента кальцію є причиною понад 150 різних захворювань, найпоширеніші серед яких утворення каменів у нирках (за достатнього надходження в організм людини кальцію ризик утворення каменів у нирках зменшується). Кальцій і фосфор вкрай необхідні для формування кісткової емалі. Якщо у питній воді й ґрунтах вміст кальцію низький, його місце займають інші мікроелементи, наприклад фтор, що за надмірних концентрацій спричинює розвиток флюорозу. Свинець, стронцій, барій, кадмій та інші важкі метали також здатні порушувати фосфорно-кальцієвий обмін, виводити кальцій і фосфор з організму. Порушення балансу між кальцієм, стронцієм, фто-

ром і бар'єром у ґрунтах та питній воді може спричинити ураження кісткової системи зубів. Через нестачу кальцію в питній воді та значне перевищення вмісту в ній натрію в організмі людини (особливо дитячому) утворюється специфічна лужна фосфатаза, що є біохімічним маркером таких захворювань, як остеопороз, остеомалія. За дефіциту хрому і ванадію в крові надмірно знижується вміст цукру, що може призвести до цукрового діабету – захворювання, яке вважають всесвітньою епідемією. Загальна кількість хворих на діабет у світі становить близько 200 млн осіб. Хвороба супроводжується ускладненнями, побічними ефектами, в тому числі сліпотою, порушенням ниркової діяльності, серцево-судинними захворюваннями. Вміст магнію у питній воді може бути вирішальним, якщо його кількість у продуктах харчування мала. У разі приготування їжі на воді з низьким вмістом магнію він вимивається з продуктів, і навпаки, за високого вмісту магнію у воді його втрати в продуктах зменшуються.

Основними питаннями, що розглянуті в монографії, є: наукові та методологічні основи медичної геології; характеристика стану регіональних гідрогеологічних систем підземної гідросфери України; окремі особливості хімічного складу підземних вод України; стан та проблеми водозабезпечення України підземними водами; гігієнічна оцінка мінерального складу питних та мінеральних підземних вод та їх фізіологічна повноцінність як чинник формування здоров'я населення; біологічна дія та практичне використання мінеральних йодо-бромних вод на курорті м. Бердянськ; гідрохімічні та біологічні особливості борних мінеральних вод України; кремнієвмісні мінеральні води та їх сучасне використання у лікувальній практиці; загальні аспекти засвоєння, обміну мікроелементів та їх патологія в організмі людини; поширення, механізми, клінічні прояви, діагностика, лікування і профілактика хвороб, що пов'язані з надлишком (дефіцитом) кальцію в мінеральних водах і організмі людини; стоматологічне здоров'я дітей, які проживають на територіях з різним хімічним складом мінеральних вод; оцінювання якості питних вод м. Львів та дослідження їх впливу на стан крові людини; аналіз впливу окремих чинників навколишнього середовища (питної води та ат-

мосферного повітря) на стан твердих тканин зубів у дітей; остеопороз у населення України; оцінювання небезпеки стану здоров'я населення мікрорайону Бортничі (м. Київ) у зв'язку з порушенням функціонування локальних систем водопостачання та очисних споруд; концептуальні основи системи медико-геологічного моніторингу.

Враховуючи значну дискусійність багатьох розглянутих питань, автори запрошують читачів до широкого і всебічного обговорення проблем медичної геології України.

Пропозиції та зауваження просимо надсилати за адресою: 01133, Україна, м. Київ, вул. Кутузова, 18/7.

ВВЕДЕНИЕ

Украина – одна из крупнейших стран Европы, уникальная минерально-сырьевое государство, богатство недр которого связано с особенностями геологического строения его территории.

Геологическая среда Украины включает все основные геоструктурные зоны земной коры (платформенные, горноскладчатые, переходные), является минеральной основой биосферы, основным поставщиком энергетических ресурсов, литосферным пространством, которое формирует природный и техноприродный фон жизнедеятельности населения.

Геологическая среда влияет на человека по различным направлениям, среди которых следует выделить следующие: *подземную и поверхностную гидросферы* (воздействие на организм человека питьевой воды); *ландшафтно-геохимическую сферу* (воздействие химических элементов на функционирование систем почва–растение–организм человека, почва–растение–животное–организм человека); *геофизическую сферу* (влияние геофизических полей, в том числе радиационной обстановки, под воздействием которых человек находится постоянно); *геодинамические природные и техноприродные процессы* (геодинамические особенности литосферы и геологической среды).

Как минеральная основа биосферы геологическая среда в значительной мере определяет характер, масштабы, специализацию влияния на здоровье человека, поэтому ее рассматривают как природный фон или активный фактор. Характер и степень такого влияния изучаются различными естественными науками. Направление, сформировавшееся на стыке различных наук и динамично развивающееся, получило название «медицинская геология».

В результате бурной производственной деятельности в XX–начале XXI века человек достиг огромных успехов в преобразовании окружающего мира, однако, это привело к возникновению новых видов экологических опасностей, деградации резервов организма и здоровья человека.

Организм человека взаимодействует с окружающей средой (в том числе геологической) индивидуально, с привлечением физиологических реакций. В силу общих соматических свойств физиологического приспособления организм человека способен адаптироваться или выработать иммунитет к различным внешним факторам. Механизм адаптации помогает поддерживать устойчивость внутренней среды организма, если параметры отдельных факторов внешней среды выходят за пределы оптимальных. Критерием степени адаптации является сохранение гомеостаза независимо от длительности воздействия фактора, к которому она сформировалась.

Причинами нарушения нормальной жизнедеятельности организма и возникновения патологических процессов могут быть абиотические (свойства неживой природы) и биотические (свойства живой природы) факторы. Доказана связь географического распределения ряда заболеваний с климато-географическими зонами, высотой местности над уровнем моря, интенсивностью излучений, перемещением воздушных масс, атмосферным давлением, влажностью воздуха и т. п. Не менее угрожающими для человека являются различные виды антропогенного загрязнения природной среды, вызывающие тяжелые патологические явления и глубокие генетические изменения, что приводит к крайне негативным социально-экологическим последствиям. В результате воздействия негативных факторов окружающей среды на организм человека развиваются сердечно-сосудистые, онкологические заболевания, дистрофические изменения, аллергия, сахарный диабет, гормональные дисфункции, нарушения развития плода, поражение наследственного аппарата клетки и другие заболевания.

Здоровье человека – это состояние, при котором организм человека в целом и все его органы в частности способны выполнять свои функции в полной мере; отсутствие болезней, плохого самочувствия. Геологическая среда и ее организация являются факторами влияния на состояние здоровья населения. В связи с этим формирование и развитие медицинской геологии как науки актуально, в том числе с точки зрения необходимости иссле-

дования механизма и динамики влияния геологической среды, в частности ее техногенных изменений, на состояние здоровья, условия жизнедеятельности человека.

В монографии рассмотрен гидрогеохимический аспект медицинской геологии, который состоит в изучении механизмов влияния на состояние здоровья населения природных и техноприродных особенностей ресурсов подземной гидросферы – потребляемых населением питьевых и минеральных вод.

Биогеогидрохимические процессы в организме человека, связанные с употреблением вод определенного качественного состава, определяют состояние его здоровья и требуют комплексного геолого-медицинского изучения.

Организм человека на 80 % состоит из воды, поэтому химический состав потребляемой воды является определяющим для его здоровья: ухудшение качества воды приводит к возникновению болезней, развитию заболеваний, сокращению продолжительности жизни.

Подземные воды заполняют поровое пространство ниже уровня грунтовых вод и являются частью непрерывного динамического потока (круговорота) в системе, в которой жидкость движется со скоростью от нескольких десятков сантиметров за тысячу лет до нескольких десятков сантиметров в сутки. Во время движения подземная вода контактирует с различными минералами, в результате чего изменяется ее качество (физико-химические свойства, минеральный состав). Циркуляция подземных вод – основной механизм переноса химических веществ с пород в окружающую среду и, следовательно, основной путь влияния горных пород на человеческий организм. При этом особенности химического состава подземных вод (избыток или дефицит микроэлементов) являются определяющим фактором возникновения определенного типа заболеваний (с продуктами питания человек получает лишь часть необходимых микроэлементов, другая часть поступает с питьевой водой). Например, дефицит микроэлемента кальция является причиной более 150 различных заболеваний, самым распространенным среди которых является образование камней в почках (при достаточном посту-

плении в организм человека кальция риск образования камней в почках уменьшается). Кальций и фосфор крайне необходимы для формирования костной эмали. Если в воде и почвах содержание кальция низкое, его место занимают другие микроэлементы, например фтор, который в чрезмерных концентрациях способствует развитию флюороза. Свинец, стронций, барий, кадмий и другие тяжелые металлы также способны нарушать фосфорно-кальциевый обмен, выводить кальций и фосфор из организма. Нарушение баланса между кальцием, стронцием, фтором и барием в почвах и воде может вызвать поражение костной системы зубов. Из-за недостатка кальция в воде и значительного превышения содержания в ней натрия в организме человека (особенно детском) образуется специфическая щелочная фосфатаза, которая является биохимическим маркером таких заболеваний, как остеопороз, остеомалация. При дефиците хрома и ванадия в крови чрезмерно снижается содержание сахара, что может привести к сахарному диабету – заболеванию, которое считают всемирной эпидемией. Общее количество больных диабетом в мире составляет около 200 млн человек. Болезнь сопровождается осложнениями, побочными эффектами, в том числе слепотой, нарушением почечной деятельности, сердечно-сосудистыми заболеваниями. Содержание магния в питьевой воде может быть решающим, если его количество в продуктах питания небольшое. В случае приготовления пищи на воде с низким содержанием магния он вымывается из продуктов, и наоборот, при высоком содержании магния в воде его потери в продуктах уменьшаются.

Основными вопросами, которые рассмотрены в монографии, являются: научные и методологические основы медицинской геологии; характеристика состояния региональных гидрогеологических систем подземной гидросферы Украины; отдельные особенности химического состава подземных вод Украины; состояние и проблемы водообеспечения Украины подземными водами; гигиеническая оценка минерального состава питьевых и минеральных подземных вод и их физиологическая полноценность как фактор формирования здоровья населения; биологическое действие и практическое использование минеральных йод-бром-

ных вод на курорте г. Бердянск; гидрохимические и биологические особенности борных минеральных вод Украины; кремнийсодержащие минеральные воды и их современное использование в лечебной практике; общие аспекты усвоения, обмена микроэлементов и их патологии в организме человека; распространение, механизмы, клинические проявления, диагностика, лечение и профилактика болезней, связанных с избытком (дефицитом) кальция в минеральных водах и организме человека; стоматологическое здоровье детей, проживающих на территориях с различным химическим составом минеральных вод; оценка качества питьевых вод г. Львов и исследования их влияния на состояние крови человека; анализ влияния отдельных факторов окружающей среды (питьевой воды и атмосферного воздуха) на состояние твердых тканей зубов у детей; остеопороз у населения Украины; оценка опасности состояния здоровья населения микрорайона Бортнички (г. Киев) в связи с повреждением функционирования локальных систем водоснабжения и очистных сооружений; концептуальные основы системы медико-геологического мониторинга.

Учитывая значительную дискуссионность многих рассматриваемых вопросов, авторы приглашают читателей к широкому и всестороннему обсуждению проблем медицинской геологии Украины.

Предложения и замечания просим направлять по адресу: 01133, Украина, г. Киев, ул. Кутузова, 18/7.

INTRODUCTION

Ukraine – is one of the largest countries in Europe, a unique country rich in mineral resources, which wealth is associated with the geological structure of its territory.

The geological environment of Ukraine includes all the main geostuctural zones of Earth crust (platform, mountain folded and transitional zones) is mineral base of the biosphere, the main supplier of energy resources, space lithosphere, which forms a natural and technogene background of the population.

The geological environment affects people in different directions, among which are the following: *groundwater and surface hydrosphere* (the impact of drinking water on human health); *landscape-geochemical sphere* (the impact of chemical elements on the functioning of such systems as soil–plant–human, soil–plant–animal–human, etc.); *geophysical sphere* (the impact of geophysical fields, including radiation situation, under which a person remains); *geodynamic natural and technonatural processes* (geodynamic features of lithosphere and geological environment).

Being a mineral basis of biosphere, geological environment determines the nature, scale, specialization of impact on human health largely, so it is considered to be a natural background or active factor. Various sciences research the nature and extent of this impact. Direction, formed at the junction of various sciences and develops now dynamically is called “Medical Geology”.

As a result of industrial activity in the turbulent twentieth and early twenty-first century, a man has succeeded in transforming the world, however, this has led to the emerge of new environmental hazards, degradation of body reserves and human health.

Human body interacts with the environment (including geological) individually, involving physiological reactions. Due to general somatic physiological properties, human body is able to adapt or develop immunity to a variety of external factors. Adaptation mechanism helps to maintain the stability of internal environment, some pa-

rameters if environmental factors are beyond the optimum. The degree of adaptation criteria is the maintenance of homeostasis despite the duration of the factor impact, to which it was formed.

The causes of vital activity disruption and the emergence of pathological processes are a biotic (non-living natural properties) and biotic (properties of nature) factors. The relation of geographical distribution of numerous diseases to climate and geographical zones, the altitude above sea level, radiation intensity, movement of air masses, atmospheric pressure, humidity have been proved. No less dangerous to people are different types of anthropogenic pollution of the environment, which cause serious and profound phenomenon abnormal genetic changes that lead to extremely negative social and environmental impacts. Because of negative influence of environmental factors on a human body, there develop cardiovascular, cancer, degenerative changes, allergies, diabetes, hormonal dysfunction, developmental disorders of the fetus, hereditary apparatus of the cell lesions and other diseases.

Human health is a condition, in which the body as a whole and all its agencies in particular are able to carry out their functions in full; the absence of illnesses and unwillingness. The geological environment and its organization are the factors of impact on health. Due to this, the formation and development of medical geology as a science is essential, including in terms of the need to study the mechanism and dynamics of influence of geological environment, in particular, its anthropogenic changes on the health conditions of human life.

The monograph deals with hydrogeochemical aspect of medical geology, which is to study the mechanisms of influence of natural and anthropogenic features of underground hydrosphere resources, consumed by the population as drinking and mineral water, on public health.

Biogeochemical processes in human body, related to the consumption of water of a certain quality, determine the state of health and require complex geological and medical study.

Human body is of 80 % of water, for that reason chemical composition of water consumed is critical to its health: deterioration of water quality leads to diseases, development of diseases, reduction of life expectancy.

Underground water fill pore space below the ground water level and is part of a continuous dynamic flow (circulation) in the system, in which fluid moves at speeds of several tens of centimeters per thousand years to several tens of centimeters per day. During the movement, the underground water is in contact with various minerals, resulting in changing its quality (physical-chemical properties, mineral composition). The circulation of underground water is the basic mechanism of transferring chemicals from the rocks into the environment, and therefore the main way of exposure of rocks on the human body. At the same time, the features of chemical composition of groundwater (micronutrients surplus or deficit) identify the determining factor in certain types of diseases (a person receives only one part of the essential trace elements with food, the other comes from drinking water).

For example, calcium tracer element deficiency causes more than 150 different diseases, among which are the most common kidney stones (by adequate intake of calcium rights, the risk of kidney stones is reduced). Calcium and phosphorus are essential for the formation of bone enamel. If the water and soil calcium content is low, it is substituted by other elements, such as fluoride, which causes the development of dental fluorosis due to the excessive concentrations. Lead, strontium, barium, cadmium and other heavy metals are also able to break the phosphorous-calcium metabolism, remove calcium and phosphorus from the body. Imbalance between calcium, strontium, barium and fluorine in soils and drinking water can cause destruction of bone teeth. Due to lack of calcium in water and a significant excess of sodium in it, a specific alkaline phosphatase, which is a biochemical marker of diseases such as osteoporosis, osteomalacia is formed, in human body (especially children). The chromium and vanadium deficiency in the blood reduces sugar content excessively, which can lead to diabetes – a disease that is considered a worldwide epidemic. Total number of diabetic patients in the world is about 200 million people. The disease is accompanied by complications, side effects, including blindness, renal activity and cardiovascular diseases. The content of magnesium in the water may be crucial if its quantity in food is low. If the food is prepared in the water with low magnesium

content, it is washed with products, and vice versa, the high content of magnesium in the water reduces its loss in products.

The main issues discussed in the monograph are: scientific and methodological basis of medical geology; characteristic of regional hydrogeological systems of underground hydrosphere of Ukraine; individual characteristics of the chemical composition of groundwater in Ukraine; the condition and problems of groundwater supply in Ukraine; hygienic assessment of the mineral composition of drinking and mineral underground water and their usefulness as a physiological factor in the formation of public health; biological effect and practical use of iodine-bromine mineral water in the resort city of Bardi-ansk; hydro-chemical and biological characteristics of boric mineral waters in Ukraine; silicon mineral water and their use in modern medical practice; general aspects of learning, exchange of micronutrients and their pathology in human body; distribution, mechanisms, clinical manifestations, diagnosis, treatment and prevention of diseases related to excess (deficit) of calcium in mineral water and human body; dental health of children living in areas with different chemical composition of mineral water; evaluation of the quality of drinking water in the city of Lviv and study of their impact on the human blood; analysis of environmental factors effect (drinking water and air) on the state of teeth hard tissues among children; osteoporosis among the population of Ukraine; hazard evaluation of population health in Bortnychi district (Kyiv) in breach of the functioning of the local water supply and wastewater treatment; Conceptual bases of medical and geological monitoring.

Considering the significant controversial amount of the issues, the authors invite readers to a broad and comprehensive discussion of the problems of medical geology Ukraine.

If there are any suggestions and comments, do not hesitate to contact us at the following address: 18/7 Kutuzov Street, Kyiv 01133, Ukraine.

РОЗДІЛ 1

НАУКОВІ ТА МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ МЕДИЧНОЇ ГЕОЛОГІЇ

(Г.І. Рудько, О.В. Нецький)

Людина протягом усього життя взаємодіє з геологічним середовищем, формування і розвиток якого прямо чи опосередковано впливає на її здоров'я.

Медицина геологія – наука, що вивчає механізм і динаміку взаємодії геологічного середовища та організму людини, а також результат цієї взаємодії – переважно здоров'я і життя людини з погляду впливу на неї геологічних процесів.

Актуальність становлення науки «медицина геологія» обумовлена постійним погіршенням якості навколишнього (у тому числі геологічного) середовища. Знання людини про геологічне середовище, його будову та геологічні процеси в межах території її проживання, дасть змогу оптимізувати процедури лікування і профілактику захворювань, своєчасно надавати необхідну профілактичну та медичну допомогу.

Об'єктом вивчення медичної геології є геологічне середовище – верхня частина літосфери (в окремих випадках – вся літосфера), що знаходиться під прямим або опосередкованим техногенним впливом і динаміка якої обумовлена геологічними процесами. Геологічне середовище – мінеральна основа біосфери, головний постачальник енергетичних ресурсів та літосферний простір для будівництва осель і споруд.

Суміжні середовища, такі як атмосфера, поверхневі води, також можуть бути об'єктом вивчення медичної геології, якщо їх якісні характеристики, що впливають на організм, формуються під впливом геологічного середовища. Вивчення обставин і чинників впливу геологічних об'єктів і процесів на здоров'я людей дає змогу розробити лікувально-профілактичні заходи, необхідні для успішного вирішення поточних і планування перспективних завдань економіки господарювання, втілити в життя різні со-

ціальні проекти, основою яких є інтереси всіх верств населення. Разом з тим розвиток медичної геології можливий тільки за умови вільного доступу до медичної та геологічної інформації будь-якого рівня і загального обговорення шляхів вирішення соціальних, екологічних та медичних проблем.

Як правило, медико-геологічні умови території визначаються організацією геологічного середовища (різні типи геологічного середовища характеризуються різними геологічною будовою, перебігом геологічних процесів, умовами накопичення і міграції хімічних елементів тощо) [1].

Прикладом організації геологічного середовища Карпатського регіону України є такі його типи з характерними інформаційними комплексами:

- 1) Закарпатський прогин (вулканогенна формація);
- 2) гірськоскладчастий прогин (флішева формація);
- 3) Прикарпатський прогин (глиниста, соляна, моласова формація);
- 4) Південно-Західна околиця Східноєвропейської платформи (терігенно-карбонатна і вуглиста формація).

Для кожного типу характерні свої особливості (чинники) впливу на здоров'я людини.

При знаходженні живого організму (живий організм, зокрема тіло людини, складається з певного набору хімічних елементів, води, білків, жирів тощо) в певному геологічному середовищі відбувається обмін хімічними елементами, який залежить від генетичних особливостей організму, процесів, явищ і змін в геологічному середовищі, окремих соціальних аспектів життєдіяльності людини, інших чинників. У зв'язку з цим геологічне середовище є джерелом мінеральних речовин і води в їх природному, техноприродному і техногенному вигляді. При цьому геологічне середовище як мінеральна основа біосфери визначає характер, масштаби, спеціалізацію впливу на здоров'я людини і є природним фоном або активним чинником впливу.

Слід зазначити, що в процесі геологічної еволюції, яка супроводжувалася чергуванням різних за інтенсивністю та швидкістю перебігу ендегенних і екзогенних геологічних процесів, відбува-

лося також трансформування живого, представленого спочатку найпростішими (прокаріоти, еукаріоти), які розвинулись до людини розумної. Це може додатково свідчити про тісний взаємозв'язок геологічного середовища і живої речовини.

Предмет вивчення медичної геології – геологічні процеси, які визначають умови існування біоти і стан живого організму, вплив геологічного середовища на здоров'я людини.

Формалізація впливу геологічного середовища на стан здоров'я населення пов'язана з функціональною залежністю здоров'я людини від генетичних особливостей і геолого-екологічних чинників геологічного середовища [2].

Взаємодія людини як біологічної системи з геологічним середовищем відбувається і виявляється за такими основними напрямками:

- 1) геохімічні процеси в ландшафтних комплексах геологічного середовища;
- 2) гідрогеохімічні процеси в гідросфері;
- 3) геодинамічні природні й техноприродні процеси;
- 4) геофізичні процеси;
- 5) радіаційні процеси в геологічному середовищі, що формують радіаційну обстановку.

Ці чинники схарактеризовані нижче на прикладі України.

Геохімічні процеси в ландшафтних комплексах геологічного середовища є індикаторами впливу макро- і мікроелементів на стан здоров'я людини, в межах функціонування систем ґрунт–рослина–організм людини, ґрунт–рослина–тварина–організм людини тощо.

Мікроелементи – найбільш біоактивна й мінлива частина раціону людини, визначальний чинник впливу при формуванні структури захворювання.

Ризик виникнення хвороб пов'язаний з нестачею, надлишком або дисбалансом вмісту мікроелементів у ґрунті та ґрунтових водах. Питна вода є головним джерелом надходження в організм людини таких мікроелементів як F, Sr, Br, I. Інші есенційні мікроелементи (Co, Fe, Cu, Zn, Mn, V) надходять в організм людини тільки з продуктами харчування.

Особливістю ландшафтних комплексів порід є їх здатність накопичувати або виносити певні хімічні елементи, що реалізується в появі ризику виникнення певних захворювань.

Ландшафтно-геохімічні аспекти медичної геології базуються переважно на даних медичної статистики і полягають в аналізі механізмів впливу хімічних елементів на здоров'я людини. Приклади захворювань, пов'язаних із хімічним станом ґрунтів: 1) забруднення пестицидами – порушення діяльності центральної нервової, серцево-судинної та інших систем організму, патології новонароджених, зниження опірності імунної системи; 2) гострі та хронічні отруєння нітратами – клінічні прояви з боку травного каналу, серцево-судинної, центральної нервової, дихальної систем; 3) бактеріальне забруднення ґрунтів – ботулізм, сибірська виразка, газова гангрена.

Прикладом техногенного ландшафтно-геохімічного чинника в регіональному аспекті є забруднення ґрунтів радіоактивними елементами в результаті аварії на Чорнобильській АЕС, прикладом ландшафтно-геохімічного чинника природного генезису, характерним для окремих регіонів України, може бути нестача йоду в навколишньому середовищі, у тому числі в ґрунтах, що призводить до захворювання на ендемічний зоб.

Гідрогеохімічні процеси в гідросфері є індикатором впливу на живий організм мікроелементів, що містяться в питній воді. Доросла людина щоденно споживає близько 2 л води, а загальний стан водних ресурсів як джерела питної води в багатьох регіонах є вкрай незадовільним. Для безпечного в екологічному плані використання водних ресурсів для питних потреб необхідно розробити стратегії їх використання на регіональному рівні.

Небезпечна екологічна ситуація в Україні, пов'язана з питним водопостачанням, пояснюється тим, що в багатьох регіонах України воно орієнтоване на використання поверхневих джерел, екологічний стан яких в останні роки значно погіршився. Головним чинником погіршення якості поверхневих вод є багаторічна незбалансована господарська діяльність людини.

Геодинамічні природні та техноприродні процеси визначають якість умов життя, а катастрофічні ендегенні та екзогенні

небезпечні геологічні природні й техноприродні процеси – ще й ризик для життя і здоров'я людини.

Геофізичні процеси є результатом глобальних, регіональних і локальних трансформацій, пов'язаних із магнітосферою, тектоносферою, іоносферою, природною радіоактивністю (визначає формування електромагнітних полів, радіаційної обстановки, під впливом яких майже постійно знаходиться людина). Геофізичні (електромагнітні) поля, що утворюються внаслідок механіко-тектонічних впливів на межі геоблоків Землі, зумовлюють формування і розвиток геопатогенних зон – ділянок геологічного середовища, в яких геофізичні поля негативно впливають на людину та інші біологічні об'єкти.

Аномалії геофізичних полів пов'язані з певними елементами геологічних структур, які переважно знаходяться в геодинамічному активному стані, а також із сучасними геологічними процесами та явищами. Медики, біологи, геологи пов'язують геопатогенні зони з геологічними розломами, перетинами підземних водних потоків та енергетичними сітками Землі: прямокутними і діагональними. У містах і промислово-міських агломераціях характерне посилення впливу геопатогенних зон через накладання геофізичних полів техногенної природи.

Радіаційні процеси в геологічному середовищі, що формують радіаційну обстановку. Виявляються в зонах розвитку покладів корисних копалин, до складу яких входять мінерали, що містять радіоактивні елементи. Геологічне середовище здатне накопичувати радіоактивні елементи внаслідок радіаційних аварій та ядерних випробувань.

Результатом аварії на Чорнобильській АЕС стало техногенне забруднення ґрунтів радіоактивними елементами – ізотопами цезію та стронцію, які можуть включатися до харчових ланцюгів.

Отже, геологічне середовище має відповідну організацію (тип), яка контролюється мінливістю геологічних формацій і процесів, що в них відбуваються, є визначальним чинником формування геолого-медичних умов територій. Наприклад, для Карпатського регіону України характерні такі типи геологічного середовища: гірськоскладчастий – у межах гірськоскладчастої зони

Карпат, платформний – у межах південно-західної країни Східноєвропейської платформи, на територіях Передкарпатського й Закарпатського прогинів. В основу розрахунку ризиків захворюваності населення має бути покладена специфікація геологічного середовища.

Умови, які формуються, і процеси (геодинамічні, геохімічні, гідрогеохімічні, геофізичні та ін.), які відбуваються в геологічному середовищі, визначають його стан і взаємозв'язки в системі геологічне середовище–людина.

Оптимальним інструментом визначення й мінімізації ризиків захворюваності населення певних територій з означених проблем є геолого-медичне картування територій на підставі результатів медико-геологічного моніторингу.

З метою обмеження впливу чинників геологічного середовища на здоров'я населення окремих регіонів потрібно вирішити проблеми, які досі залишаються невирішеними:

- доведення інформації до населення, яке живе в екологічно складних умовах через природні або техногенно обумовлені геологічні процеси та їх наслідки, про можливі небезпеки й ризики існуючих геологічних умов, можливості розвитку несприятливих для здоров'я і життя геологічних процесів;
- розробка стратегії оптимізації взаємодії життєдіяльності з геологічним середовищем для конкретних регіонів, населених пунктів.

Описані положення, на наш погляд, є основою подальшого розвитку медичної геології як науки, слугують для обґрунтування практичних рішень проблем впливу геологічного середовища на здоров'я людини.

Висновки до розділу 1

Геологічна історія планети Земля характеризується тривалим (близько 3,8 млрд років) процесом зміни біоти, результатом якої є поява людини. Людство повинно враховувати природні та техно-

природні зміни геологічного середовища для забезпечення стабільного стану як сучасних так і наступних поколінь.

Здоров'я людини – це стан, за якого організм людини загалом і всі його органи зокрема здатні виконувати свої функції повною мірою; відсутність хвороб, поганого самопочуття.

Геологічне середовище – мінеральна основа біосфери, основний на сьогодні постачальник енергетичних ресурсів та петрологічний простір для будівництва інженерних споруд і комунікацій. Геологічне середовище та його організація є чинниками впливу на стан здоров'я. У зв'язку з цим потрібно формувати і розвивати медичну геологію – новий напрям геології, який досліджує механізм і динаміку впливу геологічного середовища, втім числі його техногенних змін, на стан здоров'я, умови життєдіяльності й життя людини.

Геологічне середовище має відповідну організацію (типи), яка контролюється мінливістю геологічних формацій і процесів, що в них відбуваються, є визначальним чинником формування геолого-медичних умов територій. Наприклад, для Карпатського регіону України характерні такі типи геологічного середовища: гірськоскладчастий у межах гірськоскладчастої зони Карпат, платформний у межах південно-західної окраїни Східноєвропейської платформи, перехідний у межах Передкарпатського і Закарпатського прогинів. В основу розрахунку ризиків захворюваності населення має бути покладена специфікація геологічного середовища.

Умови, що формуються, та процеси (геодинамічні, геохімічні, гідрогеохімічні, геофізичні тощо), що відбуваються в геологічному середовищі, визначають його стан і взаємозв'язки в системі геологічне середовище–людина.

Оптимальним інструментом визначення і мінімізації ризиків захворюваності населення певних територій є геолого-медичне картування територій. За результатами геолого-медичного картування повинна бути створена система постійно діючих різномасштабних моделей для інформаційно-аналітичного забезпечення мінімізації впливу на здоров'я населення геологічних чинників.

Список літератури до розділу 1

1. *Вступ до медичної геології. У 2 т. / За ред. Г.І. Рудька, О.М. Адаменка.* – К.: Академпрес, 2010. – Т. 1 – 736 с.; Т. 2 – 448 с.
2. *Нейко Є.М., Рудько Г.І., Смоляр Н.І.* Медико-геоекологічний аналіз стану довкілля як інструмент оцінки та контролю здоров'я населення. – Івано-Франківськ: Екор, 2001. – 350 с.
3. *Єгорова Т.М.* Еколого-геохімічна провінція України з дефіцитом кобальту: реакції живих організмів на її території // Доп. НАН України. – 2002. – № 11. – С. 110–114.
4. <http://www.ecodesign.kiev.ua>.

РОЗДІЛ 2

ПІДЗЕМНА ГІДРОСФЕРА УКРАЇНИ*

(Г.І. Рудько, О.В. Нецький)

2.1. Регіональні гідрогеологічні системи України

На території України виділяють 10 гідрогеологічних регіонів (регіональних гідрогеологічних систем, РГС), яким властиві певні особливості геолого-гідрогеологічного розрізу порід і регіональні закономірності гідрогеологічних умов (рис. 2.1): Закарпатська, Карпатська, Передкарпатська, Волино-Подільська, Українського щита, Дніпровсько-Донецька, Донбаська, Причорноморська, Північнодобруджанська, Гірського Криму.

Закарпатська РГС належить до Закарпатського внутрішнього прогину (міжгірської западини), вивпненого потужним комплексом неогенових молас, що залягають на складно дислокованому гетерогенному фундаменті й перекриті четвертинними і четвертинно-пліоценовими водоносними відкладами. Товща молас, обтяжених соляними штоками, представлена глинистим, піщано-глинистим, уламковим матеріалом, хемогенними (кам'яна сіль) і вулканічними утвореннями.

Закарпатська РГС ускладнена накладеними вулканогенними утвореннями міоцен-пліоценового віку Вигорлат-Гутинського хребта, який поділяє її на Чоп-Мукачівську і Солотвинську водоносні системи другого порядку. В південній частині Закарпатська РГС межує з Угорським серединним масивом, на півночі й північному сході межа проходить по контуру поширення неогенового водоносного горизонту і відділяє цей прогин від Карпатської водоносної системи (рис. 2.2).

За структурними особливостями, геологічною будовою, характером обводнення й фільтраційними властивостями гідрогеологічних підрозділів ця територія в гідрогеологічному відношенні доволі складна, що підтверджується невитриманим поширенням

* Із використанням матеріалів Ж.С. Камзіста, О.Л. Шевченка



Рис. 2.1. Регіональні гідрогеологічні системи України [1]:

A – Закарпатська; *B* – Карпатська; *V* – Передкарпатська; *Г* – Волино-Подільська; *Д* – Українського щита; *Е* – Дніпровсько-Донецька; *Є* – Донбаська; *Ж* – Причорноморська; *З* – Північнодобруджанська; *И* – Гірського Криму

водоносних шарів, їх складними взаємовідношеннями в розрізі й нерівномірним обводненням водовмісних порід у просторі. Деякими винятками є водоносні утворення четвертинного і четвертинно-пліоценого віку, які плащоподібно залягають на корінних породах і значно поширені в межах басейну.

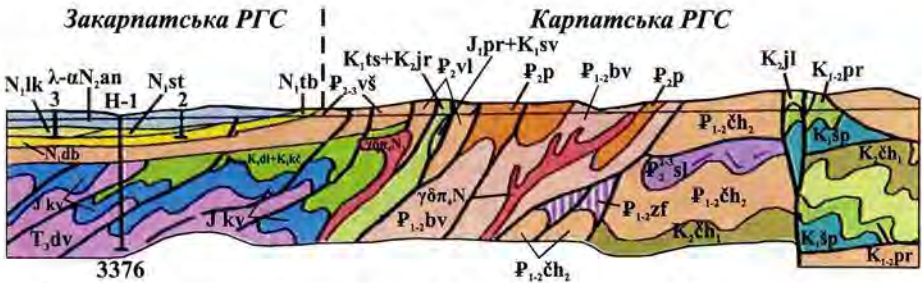


Рис. 2.2. Типовий геологічний розріз на межі Закарпатської й Карпатської регіональних гідрогеологічних систем [1]

Підземні води, придатні для питного водопостачання, приурочені до алювіальних четвертинних відкладів й ефузивних відкладів неогену. Їх мінералізація не перевищує 1,0 г/дм³, тому їх широко використовують для господарсько-питного водопостачання.

Карпатська РГС структурно пов'язана з однойменною гірською системою – альпійською складчастою спорудою з гірським рельєфом. Вона складена потужними, дуже дислокованими флішовими товщами крейдяного і палеогенового віку. Її межами є лінії глибинних розломів з амплітудами зміщення понад 13 км. Межа між Карпатською й Передкарпатською РГС проходить по контакту з Внутрішньою Бориславсько-Покутською зоною Передкарпатського прогину, яка складена теригенними, суто галогенними, моласовими породами, утвореними в умовах рухливої шовної зони, що виконувала буферну роль ділянки зчленування платформи з молодою флішовою міогеосинкліналлю.

Підземні води Карпатської РГС приурочені до верхньої трищинуватої зони корінних порід, яка поширюється на глибину 80–100 м. Характерною особливістю гідрогеологічних умов території є нерівномірність і загалом незначна водонасиченість, зумовлена

слабкими фільтраційними властивостями водовмісних порід та їх інтенсивною дислокованістю.

У результаті за максимальних для території України атмосферних опадів у корінних породах формуються слабообводнені тріщинуваті зони, нездатні забезпечувати за традиційних методів видобутку підземних вод дебіти водозабірних споруд, які б задовольняли потреби централізованого водопостачання навіть дрібних водокористувачів.

Найперспективнішими є водоносні алювіальні відклади, представлені гравійно-гальковими утвореннями. Проте облаштування водозаборів на водоносний горизонт у них також здебільшого неможливе через їх активне переміщення у просторі під час паводків, які в Карпатах дуже бурхливі.

Зазначені чинники ускладнюють гідрогеологічні умови Карпатської РГС. Води переважно прісні, а в південно-західній частині району в тріщинуватих породах у зонах глибинних розломів часто збагачені вуглекислим газом і мають підвищену мінералізацію.

Передкарпатська РГС простягається уздовж північно-східного краю Карпатської РГС. Межа між цими гідрогеологічними таксонами проходить по південно-західному контуру моласових утворень воротищенської світи міоцену. На північному сході Карпатська РГС межує по контуру поширення відкладів дашавської світи з водоносними горизонтами у платформних відкладах Волино-Подільської РГС.

Для гідрогеологічних умов характерна наявність у розрізі корінних слабопроникних глинистих відкладів окремих водоносних піщаних і пісковикових прошарків із низькою водоносністю. Води, приурочені до цих прошарків, зазвичай характеризуються підвищеною мінералізацією, тому непридатні для водопостачання населення.

У межах розвитку соленосних відкладів підземні води поширені в зоні вилуження, яка більш відома під назвою гіпсово-глинистий «капелюх». У зоні соляного дзеркала якого формуються високомінералізовані розсоли хлоридно-натрієвого складу, які використовують як промислові для видобутку високоякісної кухонної солі, а також сульфатно-хлоридні, магнієво-натрієві уні-

кальні розсоли, які широко застосовують для лікування пацієнтів на курортах Моршина і Трускавця.

Як господарсько-питні в цьому районі придатні лише підземні води, приурочені до алювіальних пліоцен-четвертинних відкладів, водоносний горизонт у яких є основним джерелом водопостачання багатьох міст Передкарпаття, зокрема Львова, Івано-Франківська, Калуша.

Волино-Подільська РГС знаходиться в межах двох великих геологічних структур: Східноєвропейської та Західноєвропейської платформ (рис. 2.3). На півночі, заході й півдні вона виходить за межі території України, на південному заході межує з Передкарпатською РГС по контуру поширення водоносних горизонтів у платформних відкладах, на сході – з РГС Українського щита по контуру водоносного горизонту у вендських відкладах. Незважаючи на складну тектоніку цієї структури, в межах частини розрізу, яка визначає її гідрогеологічні особливості, вона є монокліналлю, що занурюється в західному і південно-західному напрямках. Найбільш занурена частина характеризується збільшенням потужностей крейдяних і карбонівих відкладів, уособлюється у Львівській палеозойській прогин (мульду).

Волино-Подільська РГС – багатоповерхова система водоносних горизонтів, число яких збільшується в західному й південно-західному напрямках. Особливістю цієї структури є відсутність чітко виражених прошарків слабопроникних відкладів, які відділяють водоносні горизонти від крейдяного до древніших. Водовмісні і водотривкі породи у цьому разі є одновіковими, а відмінності в їх водопроникності не завжди чітко виражені. У гідрогеологічному розрізі РГС переважають тріщинно-порові колектори, що нетипово для артезіанських басейнів.

У Волино-Подільській РГС поширені водоносні горизонти в четвертинних, міоценових, верхньокрейдяних утвореннях і в зоні інтенсивної тріщинуватості домезозойських порід (кам'яновугільні, девонські, силурійські, кембрійські, вендські, рифейські). Особливістю РГС є наявність потужної (до 1000 м і більше) зони прісних вод у східній і північній частинах. У західній частині РГС вона зменшується до 150–70 м.

Водоносний комплекс у четвертинних відкладах поширений у межах Малого й Волинського Полісся в північній частині РГС, а також у долинах річок, що течуть у північному напрямку. На решті території він розвинений спорадично. Фільтраційні властивості водовмісних порід невисокі. Для централізованого водопостачання його не використовують.

Водоносний комплекс міоценових відкладів залягає переважно на вододілах Подільської височини. Ці відклади прорізани долинами лівих приток Дністра і верхів'ями річок Західний Буг, Іква, Вілія, Горинь. Найбільш водонасиченим вважають комплекс у західній частині, де широко розвинений відкритий гіпсовий і карбонатний карст за норми атмосферних опадів понад 700 мм/рік. Тривалий час (до другої половини ХХ ст.) цей комплекс, зокрема, забезпечував водою м. Львів.

Водоносний горизонт зони інтенсивної тріщинуватості мергельно-крейдяних порід сенон–турону найпоширеніший на території РГС. У межах центральної її частини й у верхів'ях приток Дністра він залягає переважно першим від поверхні, на решті території – перекривається водоносними четвертинними і міоценовими відкладами. Цей горизонт характеризується складною фільтраційною неоднорідністю. Найперспективніші зазвичай ділянки в долинах річок, де тріщинуватість найінтенсивніша і має максимальну глибину розвитку – до 80 м. Цей водоносний горизонт широко використовують для водопостачання таких населених пунктів, як Львів, Тернопіль, Луцьк тощо. У східній частині РГС поширений водоносний горизонт у сеноманських відкладах, із якого постачається водою м. Хмельницький.

У межах східного крила Львівського палеозойського прогину відомий водоносний горизонт у тріщинуватих і закарстованих девонських відкладах. Обводненість цих порід встановлена до глибини 400 м, а найбільш водонасичений інтервал знаходиться на глибині 100–200 м. До цього водоносного горизонту приурочені водозабори системи централізованого водопостачання м. Львів.

Водоносні горизонти зони інтенсивної тріщинуватості доміозойських відкладів залягають переважно на глибині на 10–70 м

нижче від їх покрівлі. За винятком долини р. Дністер і пригірлових частин його лівих приток вони перекриті водоносними мезокайнозойськими відкладами, що визначає відповідні умови їх формування. На базі цих горизонтів вирішується проблема господарсько-питного водопостачання міст Рівне, Кузнецовськ тощо.

Із глибиною фільтраційні характеристики домезозойських відкладів різко погіршуються, а їх участь у формуванні ресурсів підземних вод стає незначною.

РГС Українського щита структурно пов'язана з Українським щитом – великим підняттям древнього кристалічного фундаменту. На півночі по системі розломів межа з Прип'ятською РГС проходить по контуру мезо-палеозойських відкладів і практично збігається з державним кордоном України з Білоруссю. В українській частині Прип'ятської РГС у нечисленних населених пунктах для практичних потреб використовують виключно ґрунтові води.

На заході РГС Українського щита по контуру поширення вендського водоносного горизонту межує з Волино-Подільською РГС, на північному сході – з Дніпровсько-Донецькою РГС. Межа проходить по контуру поширення водоносних горизонтів Дніпровсько-Донецької РГС у породах у послідовності з північного заходу до південного сходу крейдяного та юрського періодів до м. Черкаси, від м. Черкаси до м. Дніпропетровськ – по р. Дніпро, який у цьому разі є чітко вираженою гідрогеологічною межею першого порядку (рис. 2.4, 2.5), і далі проходить по контуру поширення порід карбону.

Межа з Донецькою РГС проходить по лінії контакту з відкладами карбону й девону. Південна межа РГС Українського щита з Причорноморською РГС (із заходу на схід) пролягає по контуру поширення водоносного горизонту в крейдяних відкладах (рис. 2.5) до р. Мертвовод (за 6 км на північний схід від м. Вознесенськ). Далі межа з урахуванням даних щодо обводненості кристалічних порід РГС Українського щита з Причорноморською РГС проходить по ізолінії потужності 100-метрової товщі неогенових відкладів на вододілах (рис. 2.6) і продовжується у східному напрямку до с. Нестерівка Запорізької обл.

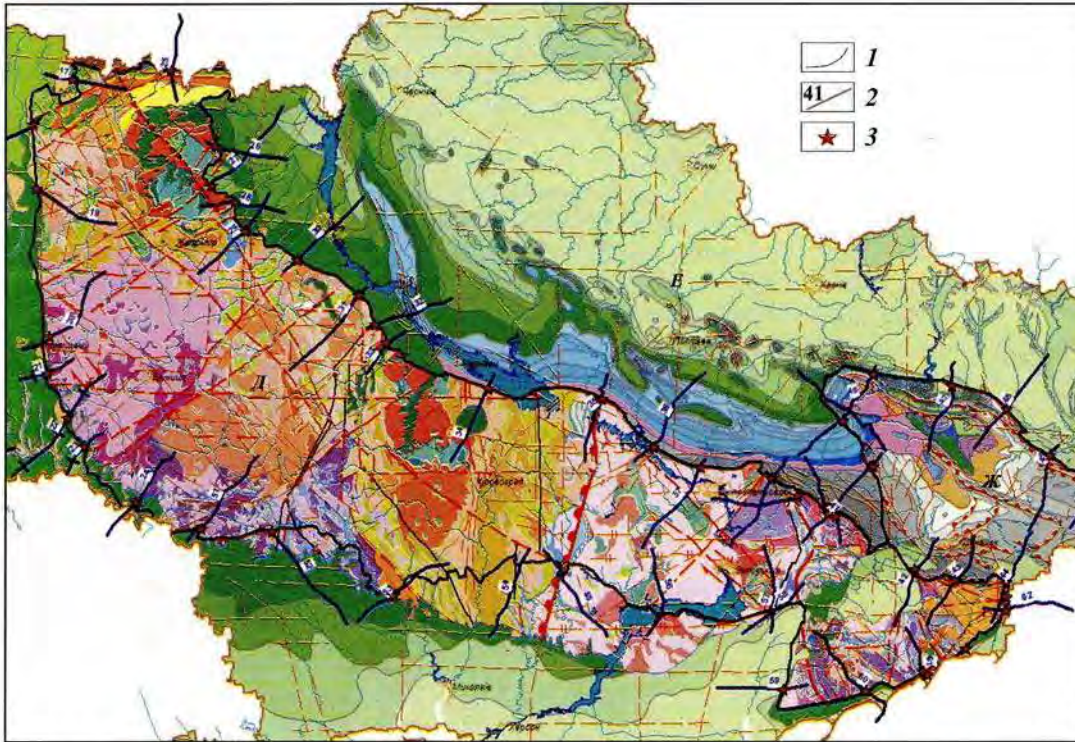


Рис. 2.4. Межа між гідрогеологічними регіонами першого порядку – регіональними гідрогеологічними системами Українського щита, Дніпровсько-Донецькою і Донбаською [1]. Тут і на рис. 2.5: 1 – межа між гідрогеологічними регіонами першого порядку; 2 – гідрогеологічні розрізи, що обґрунтовують межі, та їх номери; 3 – контрольні точки прив'язки, по яких проходить межа між регіонами першого порядку

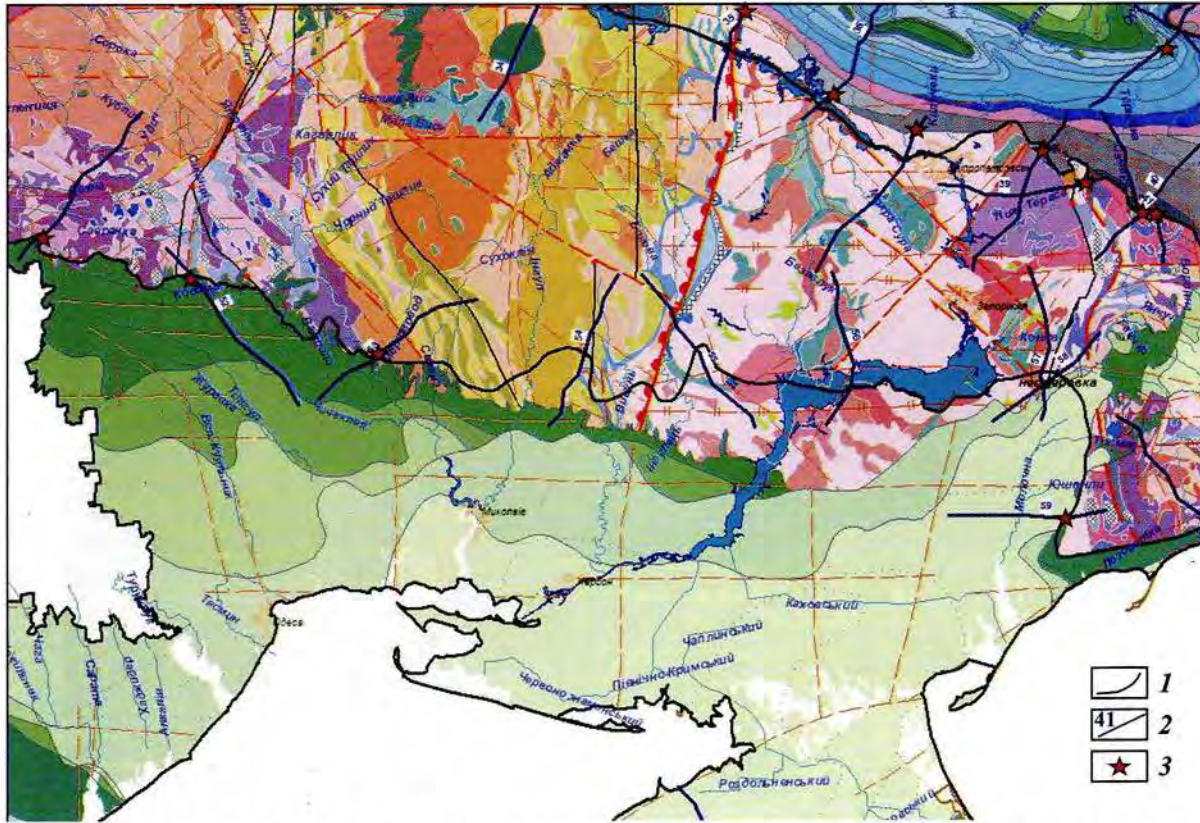


Рис. 2.5. Південна межа ьжа між регіональними гідрогеологічними системами Українського щита й Причорноморською, що проходить по відкладах крейдяної системи [1]

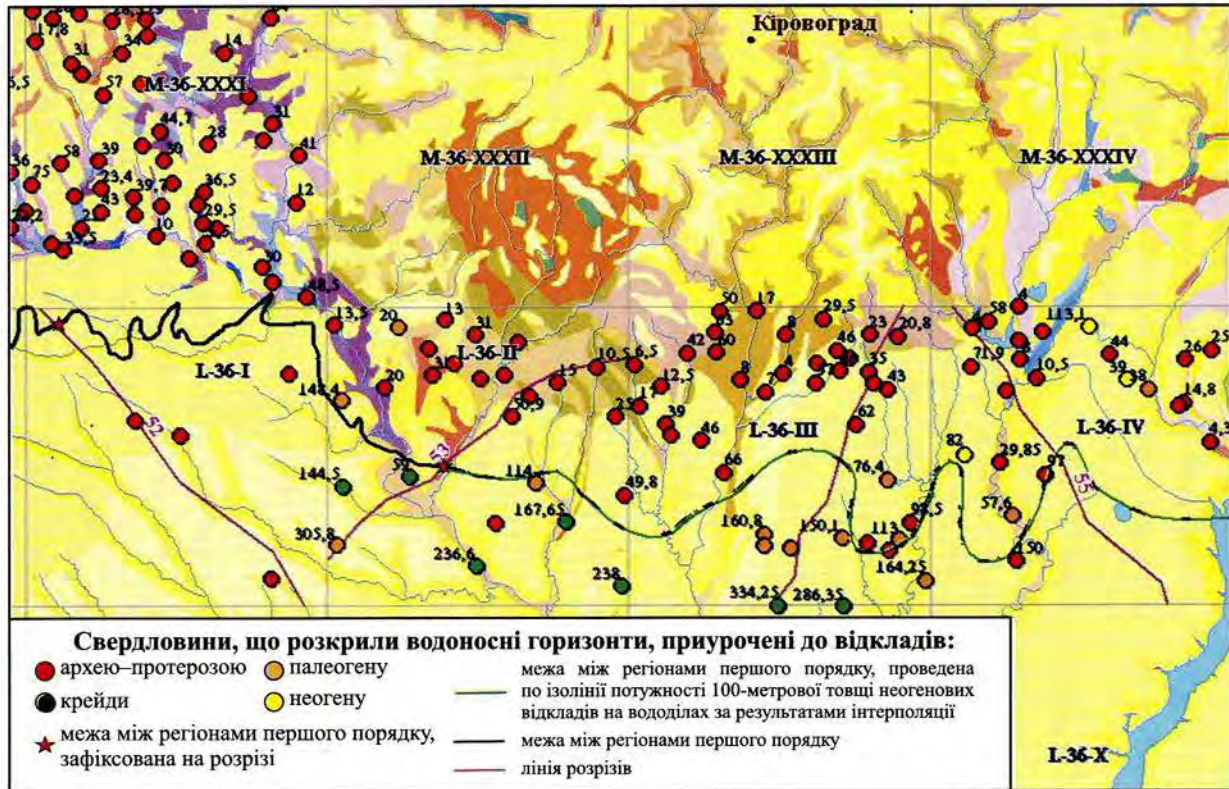


Рис. 2.6. Межа між регіональними гідрогеологічними системами Українського щита й Причорноморською, проведена по ізолінії потужності 100-метрової товщі неогенових відкладів [1]

За 4,8 км на північний схід від с. Нестерівка межа між РГС Українського щита та Причорноморською РГС прямує на південь і проходить по лінії Приазовського глибинного розлому, з яким практично збігається контур поширення відкладів верхньокрейдяного водоносного горизонту Причорноморської западини. Потім вона різко, під кутом повертає на схід-північний схід і в цьому напрямку йде по Бердянському глибинному розлому (скидového типу), що відділяє кристалічний фундамент Приазовського блока Українського щита від Причорноморської западини, де крейдяні, палеогенові й неогенові відклади занурюються на значну глибину і різко нарощують потужність.

У своїй крайній південно-східній частині РГС Українського щита з Причорноморською і Донбаською РГС межує по крейдяних відкладах, що виповнюють Єланчицьку западину, більша частина якої знаходиться за межами території України.

У розрізі РГС Українського щита виділяються два структурні поверхи: нижній складений метаморфізованими дислокованими породами магматичних і метаморфічних утворень архею–протерозою, верхній – осадовими відкладами мезо-кайнозою.

Гідрогеологічні умови цієї структури визначаються особливостями підземних вод зони тріщинуватості кристалічних порід докембрійського фундаменту, сформованого різноманітними метаморфічними й магматичними утвореннями, серед яких переважають гнейси, граніти і мігматити. Геофільтраційні властивості кристалічних порід пов'язані з дуже нерівномірною їх ендо- та екзогенною тріщинуватістю за площею і вглиб, що, у свою чергу, визначає нерівномірний ступінь обводнення цих порід. Загалом найбільш обводнені зони приурочені до знижених ділянок сучасного рельєфу, що збігаються з розвиненою гідрографічною мережею і великими балками. Ці зони пов'язані з успадкуванням гідрографічною мережею тектонічних порушень та інтенсивним розвитком у них процесів вивітрювання. Приуроченість зон розвантаження підземних вод до річкових долин, у свою чергу, сприяє більшій промитості тріщин від продуктів вивітрювання, збільшенню швидкості руху підземних вод порівняно з вододільними просторами. Потужність зон інтенсивної тріщинуватості ча-

сто не перевищує 20 м від поверхні кристалічних порід на вододілах і 50 м – у долинах річок, зазвичай поширюється на глибину 80–100 м від сучасної поверхні.

З корою вивітрювання кристалічних порід безпосередньо пов'язані умови їх взаємозв'язку з водоносними горизонтами і комплексами осадових відкладів, що залягають вище, й, відповідно, умови живлення. Специфіка кори вивітрювання визначає її подвійну гідрогеологічну роль: за певних умов залежно від літологічної будови вона є або водоносним горизонтом, або водотривом. Регіональні закономірності свідчать про повний розріз і більшу потужність кори вивітрювання на вододільних ділянках, до прируслових частин її потужність зменшується, подекуди – до повного розмиву.

Водоносні горизонти верхнього структурного поверху в осадових відкладах різняться невитриманими поширенням і потужністю, найчастіше приурочені до вододільних ділянок і розмиті в долинах річок. Невитриманий характер поширення слабопроникних відкладів забезпечує взаємозв'язок між водоносними горизонтами. Водовмісні породи представлені переважно пісками, меншою мірою – вапняками, мергельно-крейдяними відкладами, пісковиками з доволі низькими фільтраційними властивостями. Порові й порово-тріщинні води приурочені тут до порівняно малопотужних осадових порід мезо-кайнозою, які плащоподібно залягають на еродованій поверхні кристалічного фундаменту. Ці води переважно безнапірні й слабонапірні. В межах окремих тектонічних западин у рельєфі, а також у деяких крайових частинах з осадовими товщами пов'язане формування своєрідних артезіанських гідрогеологічних структур. Зокрема це Конксько-Ялинська западина, що має ознаки артезіанського басейну, який у разі деталізації районування можна вважати гідрогеологічною структурою другого порядку.

Незважаючи на доволі низькі фільтраційні характеристики водоносних горизонтів РГС Українського щита підземні води широко використовують для водопостачання відносно великих водоспоживачів – міст Бердичів, Умань, Хмільник, Тальне та ін.

Дніпровсько-Донецька РГС належить до Дніпровсько-Донецької западини. Її північно-західну й південно-західну межі з РГС Українського щита описано вище. З Донбаською РГС вона розмежована по лінії Криворізько-Павлівського скиду, далі – по межі суборогенних і платформних утворень купольних структур Донбасу з палеозойськими ядрами. Північніше Лозовеньківського купола вона повертає на схід до кордону з Росією по контакту водоносного горизонту в мергельно-крейдяній товщі верхньої крейди з водоносними горизонтами, приуроченими до древніших, переважно карбонівих порід.

Дніпровсько-Донецька РГС на південному заході межує з РГС Українського щита, на північному заході й північному сході – відповідно з Прип'ятською западиною і Воронежським щитом. Межі з останніми двома структурами знаходяться поза кордонами України. На південному сході контури Дніпровсько-Донецької РГС складніші й неоднозначні, адже власне Дніпровсько-Донецька западина обмежена на південному заході північніше Донбасу контуром поширення тріасових відкладів, на південний схід від якого виділяється Старобільсько-Міллерівська монокліналь як складова схилу Воронежського щита.

Дніпровсько-Донецька РГС є класичним артезіанським басейном із витриманим поширенням на значних територіях водовмісних і водотривких відкладів, приуроченістю їх до різновікових утворень, що визначає багатопверховість залягання водоносних горизонтів. Підземні води містяться переважно в порових колекторах, які характеризуються однорідними фільтраційними властивостями.

Природні ресурси питних підземних вод Дніпровсько-Донецької РГС формуються переважно в комплексі олігоцен-четвертинних відкладів, водоносних горизонтах еоценових, турон-сенонських, сеноман-нижньокрейдяних, юрських і тріасових відкладів.

Глибина зони активного і значного водообміну становить 800–1000 м. На формування якісного складу підземних вод істотно впливає соляна тектоніка, в окремих місцях глибина залягання прісних підземних вод не перевищує перших десятків метрів.

У східній частині РГС спостерігається інтенсивне дренавання водовмісних відкладів гідрографічною мережею. Водовмісні верхньокрейдяні відклади повсюдно виходять на земну поверхню або під обводнені алювіальні утворення в долинах річок.

Водоносний комплекс олігоцен–четвертинних відкладів поширений практично повсюдно. Він приурочений до піщано-глинистих порід олігоцену в центральній частині РГС, а також до піщаних алювіально-флювіогляціальних і піщаних елювіально-делювіальних четвертинних відкладів. Найсприятливіші умови живлення і розвантаження вод цього комплексу пов'язані з північною та придніпровською частинами РГС, де цей комплекс відносно потужніший і має кращий склад порід зони аерації.

Водоносний горизонт еоценових відкладів за винятком північно-східної частини РГС у межах України поширений практично повсюдно. На значній частині території він перекритий слабопроникною товщею київських мергелів.

Водоносний горизонт зони інтенсивної тріщинуватості мергельно-крейдяних порід сенон–турону поширений у північно-східній частині РГС, де товща цих відкладів залягає безпосередньо під четвертинними. Місцева річкова мережа повністю контролює напрямок руху підземного потоку в горизонті. Основний водообмін відбувається на схилах і в долинах річок, де умови живлення, циркуляції та розвантаження підземних вод у вигляді річкового стоку, випаровування й транспірації є оптимальними.

Водоносний горизонт сеноман–нижньокрейдяних відкладів трапляється майже на всій території РГС за винятком її південно-західної та південно-східної частин. Глибина залягання горизонту збільшується до центральної частини западини від 20–40 до 900 м. Слід додати, що в центральній частині западини потужність перекривних слабопроникних мергельно-крейдяних утворень досягає кількох сотень метрів, що значно ускладнює умови живлення цього горизонту внаслідок перетікань згори, які найактивніше виявляються лише в зонах соляно-купольної тектоніки. На жаль, це часто супроводжується погіршенням якості питних вод у результаті розчинення кам'яних солей куполів інфільтраційними водами.

У північно-західній частині РГС у розрізі з'являються байоські водоносні відклади, які містять підземні води питної якості. Завдяки водонасиченості цей горизонт широко використовують для потреб водопостачання, зокрема він є основним для водопостачання Києва.

Усі водоносні горизонти Дніпровсько-Донецької РГС тією чи іншою мірою задіяні у забезпеченні централізованого водопостачання населених пунктів і промислових підприємств питною водою.

Донбаська РГС знаходяться на південному сході України. На півночі, північному заході та північному сході вона межує з Дніпровсько-Донецькою РГС, на південному заході – з РГС Українського щита.

Межі між Донбаською, Дніпровсько-Донецькою РГС і РГС Українського щита описані вище. На південному сході ця структура оминає територію України.

Структурно Донбаська РГС належить до центральної частини Донбаської складчастої споруди (Донбас) з герцинською (палеозойською) основою, що є синклінорієм.

Природні ресурси питних підземних вод у Донбасі пов'язані переважно з четвертинними, неогеновими, палеогеновими, крейдяними, тріасовими, кам'яновугільними і пермськими відкладами. При цьому ореоли поширення відкладів того чи іншого віку часто контролюються окремими структурами, такими як Бахмутська, Кальміус-Торецька улоговини, Краматорсько-Часов'ярська, Райсько-Калинівська синкліналі тощо.

Загалом Донбас – це складна система синклінальних і антиклінальних структур із непростими природними умовами формування ресурсів підземних вод, які до того ж погіршені техногенним втручанням. Все це створює своєрідну картину живлення і розвантаження ресурсів водоносних горизонтів, що часто визначається впливом дренажної системи того чи іншого гірничодобувного підприємства.

Оскільки місцеві ресурси підземних вод неспроможні забезпечити потреби промислово розвиненого регіону, проблема водопостачання Донбасу питними прісними водами вирішується залученням поверхневих вод, які подаються в Донбас навіть з інших регіонів, зокрема каналом Дніпро–Донбас.

Загалом усі відклади осадового чохла, які містять водоносні горизонти, можна поділити на два поверхи. Нижній поверх – це водоносні комплекси у відкладах карбону, тріасу, юри та нижньої частини крейди, характеризуються ускладненим водообміном. Верхній поверх – водоносні горизонти у відкладах від четвертинного до пізньокрейдяного віку – належать до зони інтенсивного водообміну. Горизонти верхнього поверху гідравлічно пов'язані між собою, живляться переважно внаслідок інфільтрації атмосферних опадів, дрепуються яружно-балковою та річковою мережами.

Причорноморська РГС знаходиться у південній частині України. На півночі й північному сході межує з РГС Українського щита, на південному заході – з Північнодобруджанською РГС, на заході – оминає територію України, на півдні – обмежена акваторіями Чорного й Азовського морів простягається до РГС Гірського Криму.

Межа з РГС Гірського Криму проходить по контакту крейдяних і юрських відкладів і далі від сіл Кринички й Першотравневе до Керченського півострова по лінії тектонічного насуву, що відділяє Владиславівський і Краснопольський тектонічні покриви Керченського занурення Гірського Криму від Індольського крайового прогину. Північнодобруджанська і Причорноморська РГС розділені по лінії Кагул-Георгіївського розлому (рис. 2.7).

За геологічною будовою ця водоносна система є найскладнішою: в її межах виділяють Рівниннокримський, Індольський, Молдовський та Переддобруджанський артезіанські басейни.

Рівниннокримський артезіанський басейн виділено за структурними ознаками, оскільки він знаходиться в межах Скіфської епіорогенної зони, а Причорноморський басейн приурочений до південної окраїни Східноєвропейської платформи. Треба зазначити, що в геочасовому розрізі від крейди до антропогену історія розвитку Причорноморської монокліналі й Рівнинного Криму практично не відрізняються, що підтверджує подібний фаціальний і літологічний склад одновікових відкладів. Слід також додати, що гідрогеологічні особливості обох структур визначаються

саме карбонатно-теригенним і теригенно-глинистим складом порід мезо-кайнозойського віку, їх переважно субгоризонтальним заляганням й однаковими умовами формування підземних вод якраз у цій частині розрізу, яку використовують для забезпечення підземними водами потреб населення. На думку авторів праці [2], це переконує в доцільності віднесення Рівниннокримської регіональної гідрогеологічної системи до Причорноморської як однієї з її складових частин.

Індольський артезіанський басейн виділяють на базі Індольського прогину, який своєю периклінальною частиною накладений на північну половину Керченського півострова. Індольський прогин тут є олігоцен-антропогеновою депресією, яка заповнена глинистими моласовими відкладами майкопської серії. Ці відклади практично безводні й слабопроникні. Отже, в зоні розвитку Індольського прогину гідрогеологічні умови, які б дали підставу виділити гідрогеологічну структуру першого порядку, істотно не змінились. У межах Рівнинного Криму є й інші депресії, які більшою мірою впливають на структурну будову цього регіону (Каркінітський та Альмінський прогини). Загалом Рівниннокримську РГС часто розглядають як гідрогеологічну структуру другого порядку в складі Причорноморської РГС – гідрогеологічної структури першого порядку.

Молдовський і Переддобруджанський артезіанські басейни виділяють на основі геологічних структур Внутрішньої і Зовнішньої зон Переддобруджанського прогину. Внутрішня зона цього прогину сформувалась на платформній основі і складена поліформаційним недислокованим юрським комплексом, Зовнішня – на основі епіорогенної Скіфської плити і складена помітно дислокованими епіорогенними карбонатно-глинистими і теригенно-глинистими формаціями тріасу. Ці зони виділяють як результат ранньоальпійського тектогенезу. Під час пізньоальпійського тектогенезу такий поділ Переддобруджанського прогину вже не відбувався. У період від верхньої крейди до антропогену в межах цього прогину відкладались мілководні карбонатно-теригенні й теригенно-глинисті формації, аналогічні формаціям, які у цей самий період відкладались у межах західного сегмента Причорноморської монокліналі.

Так утворилось єдине поле похило залеглих пластів карбонатно-теригенних і теригенно-глинистих порід з аналогічними умовами формування підземних вод. У зв'язку з цим зону Переддобруджанського прогину можна віднести до Причорноморської РГС.

Гідрогеологічні умови Причорноморської РГС характеризуються розмаїттям і невитриманістю поширення як водовмісних, так і водотривких відкладів, фаціальною й літологічною строкацією складу порід, мінливістю якісного складу підземних вод. Потужність зони активного водообміну 50–400 м і менше, частіше не перевищує 100–200 м. Підземні води містяться у четвертинних, неогенових, палеогенових, крейдових і докрейдових відкладах. Основними є водоносні горизонти у неогенових відкладах, на локальних ділянках – у палеогенових і крейдових.

Для підземних вод Причорноморської РГС характерна також мінливість мінералізації, що призводить до широкого розвитку солонуватих і солоних вод. На окремих ділянках мінералізовані води приурочені навіть до наймолодших відкладів, а води горизонтів, що залягають нижче, мають вищі показники якості.

Водоносні горизонти, приурочені до крейдових і палеогенових відкладів, вивчені слабо й поки що не знайшли широкого застосування. Найбільш вивчені та повсюдно використовуються води неогенових відкладів. Значну роль у водопостачанні сільських населених пунктів відіграють також прісні й солонуваті ґрунтові води четвертинних відкладів.

Північнодобруджанська РГС знаходиться в південно-західній частині Одеської області, у межах дельтової рівнини Дунаю на кордоні з Румунією. Структурно вона належить до Нижньопрутського виступу Північної Добруджі, фундамент якого утворений складнодислокованим доюрським метаморфічним комплексом порід у фації зелених сланців, що виходить на поверхню або перекритий малопотужною (до 200 м) товщею неогенових осадових відкладів, сформованих переважно глинистими утвореннями та пліоцен-четвертинними дельтовими утвореннями Дунаю. Ця структура є окраїнною частиною Північної Добруджі. Межа між Північнодобруджанською і Причорноморською РГС проходить по лінії Кагул-Георгіївського розлому (див. рис. 2.7).

Підземні води, що використовуються для господарсько-питного водопостачання, приурочені до пліоцен–четвертинних алювіальних, лиманно-морських і морських утворень, розвинених у дельті Дунаю і складених переважно піщаною товщею порід потужністю від кількох до 120 м.

РГС Гірського Криму в геоструктурному відношенні приурочена до Головного пасма складчастої альпійської геосинклінальної області та до його Керченського занурення. Північна межа РГС Гірського Криму з Причорноморською РГС описана вище.

З гідрогеологічних позицій РГС Гірського Криму характеризується поширенням переважно карстово-тріщинних вод верхньоюрських покладів і частково – порово-пластових вод четвертинних відкладів. Їх якість здебільшого задовольняє вимоги питного водопостачання, проте ресурси доволі обмежені.

В зоні Керченського занурення Гірського Криму розвинена потужна практично безводна глиниста товща з незначними прошарками високомінералізованих вод. У крайній східній частині підземні води приурочені до відкладів неогену, водонасиченість яких мала, до того ж їх якість часто не відповідає вимогам нормативних документів до питної води.

2.2. Основні водоносні горизонти (комплекси) України

Особливості геологічної будови та кліматичних умов гідрогеологічних регіонів визначають нерівномірність розподілу запасів і ресурсів підземних вод, що використовуються для задоволення потреб країни. З одного боку, існують крупні РГС (Дніпровсько-Донецька, Волино-Подільська), у межах яких артезіанські басейни характеризуються практично невичерпними запасами прісних підземних вод, з іншого – експлуатаційні можливості окремих РГС є обмеженими (РГС Українського щита, Карпатська і Донбаська РГС), і в деяких районах відчувається значний дефіцит води. Великі запаси підземних вод вміщує Причорноморська РГС, але порівняно з Дніпровсько-Донецькою і Волино-Подільською вона є менш перспективною, оскільки більша частина цих запасів припадає на води, непридатні для пиття.

Значною нерівномірністю характеризується і ступінь геолого-гідрогеологічної вивченості окремих РГС у цілому, а тим більше різних їх частин і окремих водоносних горизонтів. Добре вивченими є Дніпровсько-Донецька, Причорноморська, Волино-Подільська, Донбаська РГС, недостатньо вивченими – РГС Українського щита та Карпатська.

Нижче наведено характеристику закономірностей умов залягання, поширення і формування підземних вод окремих горизонтів і комплексів у цілому по території України.

Водоносні горизонти в четвертинних відкладах. Підземні води четвертинних відкладів пов'язані з різними за генезисом, складом і віком породами, які вкривають майже суцільним чохлам усю територію України (рис. 2.8).

У четвертинних відкладах виділяють водоносні горизонти в алювіальних, льодовикових, озерно-алювіальних, сучасних морських, озерно-лиманних, еолово-делювіальних відкладах. Як правило, в цих відкладах підземні води залягають на невеликій глибині, є безнапірними або слабонапірними, широко використовуються сільським населенням для нецентралізованого господарсько-питного водозабезпечення.

У практичному відношенні найбільш поширеними і важливими є підземні води в льодовикових, алювіальних і еолово-делювіальних відкладах. Підземні води льодовикових відкладів розвинені в північній частині України, на територіях Волино-Подільської та Дніпровсько-Донецької РГС, а також у межах північної частини РГС Українського щита. Потужність водоносних горизонтів досягає 30 м. Серед льодовикових відкладів більш обводненими є флювіогляціальні породи, представлені різнозернистими, часто гравелистими пісками з галькою і валунами кристалічних порід, прошарками суглинків і глин. Льодовикові моренні відклади представлені переважно глинистими породами, тому є слабководозбагаченими.

Водоносний горизонт в еолово-делювіальних відкладах розвинений у межах Причорноморської РГС, південно-східної частини РГС Українського щита і набагато менше на решті території України. Площі його поширення пов'язані, в основному,

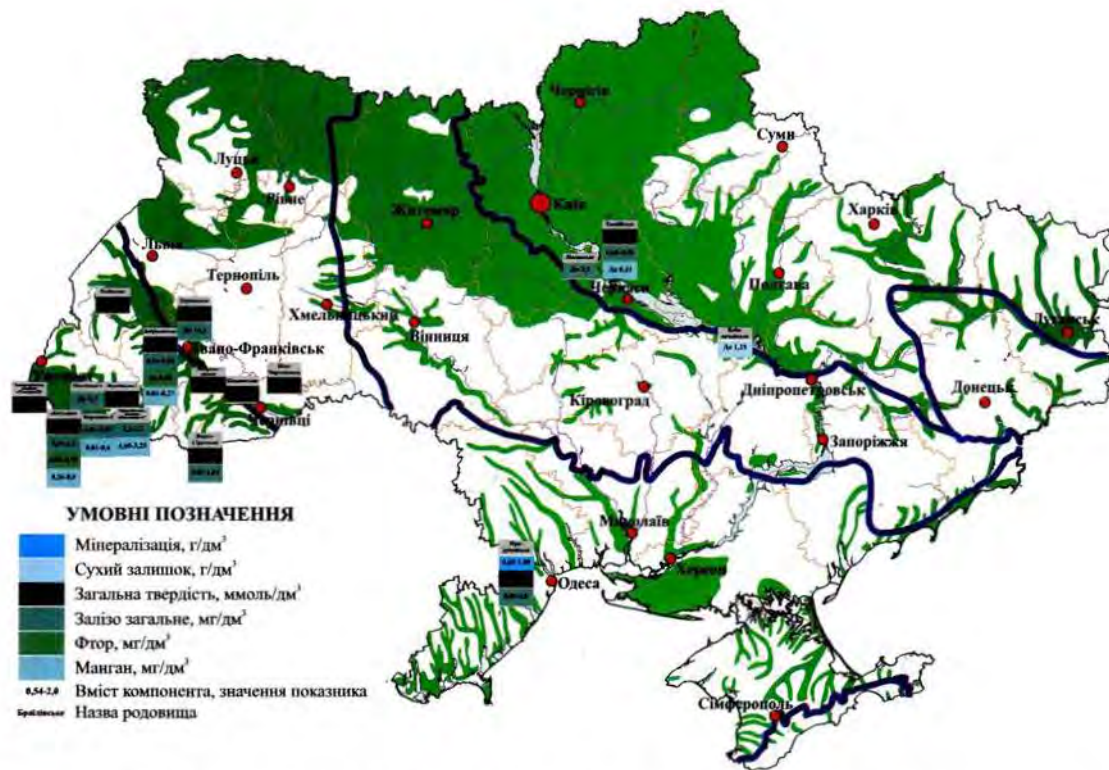


Рис. 2.8. Компоненти і показники хімічного складу питних підземних вод водоносного горизонту в четвертинних відкладах, вміст яких у природному стані не відповідає вимогам ДСанПін 2.2.4-171-10, для родовищ, запаси яких затверджені ДКЗ в 2005–2014 рр.

Схеми поширення водоносних горизонтів, наведені на рис. 2.8–2.13 складені з використанням даних праці [15]

з вододілами та схилами річкових долин. Водовміщувальними породами найчастіше є лесоподібні суглинки й супіски, потужність яких становить 0,8–10 м, на півдні України досягає 20 м. Водозбагаченість горизонту слабка. Максимальні дебіти колодязів і свердловин становлять 0,5–0,6 дм³/с, рідко – 1 дм³/с. У Волино-Подільській РГС еолово-делювіальні утворення практично безводні.

Підземні води, пов'язані із сучасними морськими й озерно-лиманими відкладами, відомі на півдні України, де вони поширені у вигляді вузької смуги або окремих плям уздовж узбереж Чорного й Азовського морів. Низька продуктивність водоносних горизонтів і погана якість води визначають обмежене їх використання для водопостачання.

Водоносні горизонти у відкладах неогену. Водоносні горизонти, пов'язані з відкладами неогену, на території України поширені всюди лише в Причорноморській РГС, меншою мірою – на півдні Волино-Подільської РГС та в Передкарпатській РГС, де вони є основним джерелом прісних підземних вод (рис. 2.9). На решті території водоносні горизонти неогенових відкладів мають спорадичне поширення, в основному маловодозбагачені, що й визначає їх обмежене практичне значення.

Водозбагаченість неогенових відкладів нерівномірна. Дебіти свердловин змінюються від часток до 6,3 дм³/с, становлячи в середньому 1–2 дм³/с.

На території Волино-Подільської РГС неогенові породи представлені осадами середнього і верхнього міоцену. Глибина залягання обводнених порід змінюється від 5–7 до 50–75 м. Води безнапірні або слабонапірні. На ділянках, де існують сприятливі умови живлення, підземні води відкладів неогену успішно використовуються для водопостачання. Так, води сарматсько-баденських відкладів широко експлуатуються численими свердловинами Львівської, Хмельницької та Тернопільської областей.

Відклади неогену значно поширені в Передкарпатському прогині й Закарпатській міжгірній западині. Проте водоносність їх дуже низька. Води переважно високомінералізовані й непридатні для водопостачання.

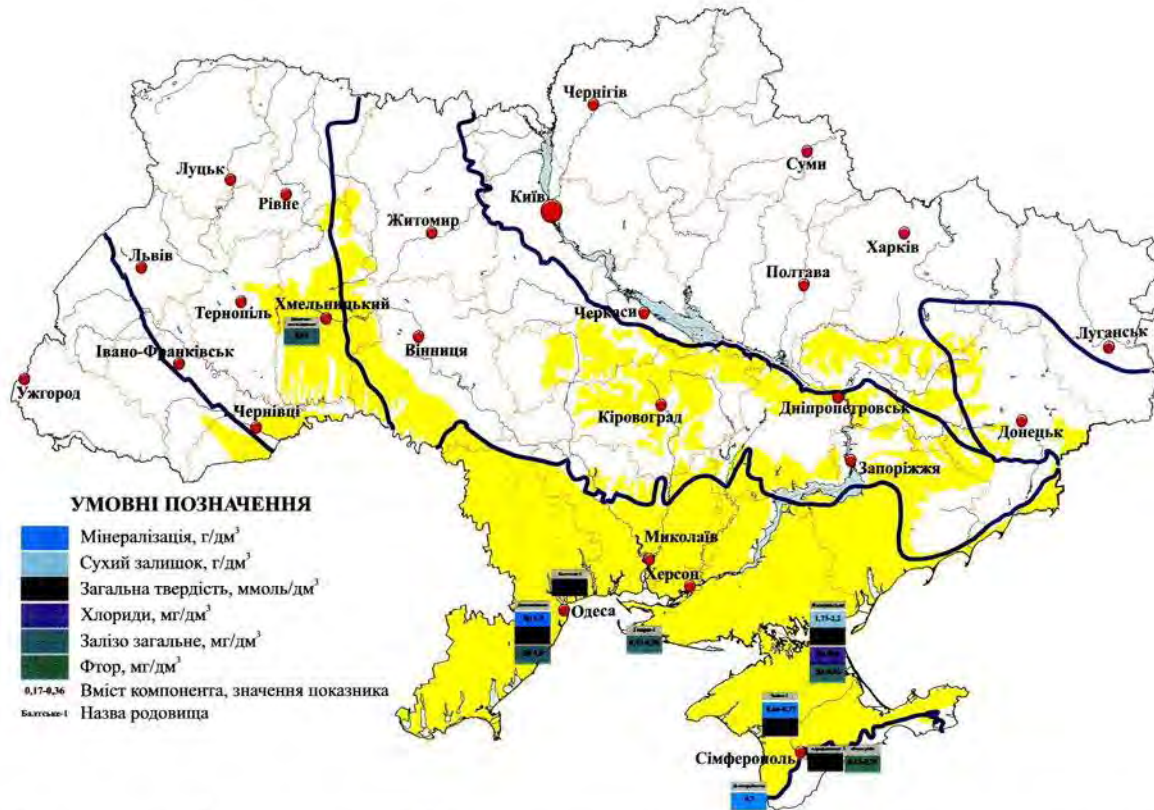


Рис. 2.9. Компоненти і показники хімічного складу питних підземних вод водоносного горизонту в сарматських відкладах, вміст яких у природному стані не відповідає вимогам ДСанПін 2.2.4-171–10, для родовищ, запаси яких затверджені ДКЗ в 2005–2014 рр.

У межах РГС Українського щита у відкладах неогенового віку виділяються водоносні горизонти понтичного ярусу, балтської світи, сарматського ярусу, нижньо-середнього міоцену й полтавської світи. Переважно поширені ці водоносні горизонти в південно-західній і південно-східній частинах РГС, у центральній частині вони відомі на межі з Причорноморською РГС. Невеликі площі поширення підземних вод у полтавських відкладах відомі й у північно-західній частині РГС Українського щита. Повсюди води безнапірні або слабонапірні, часто пов'язані між собою і з водами відкладів, що залягають нижче- і вище, й утворюють водоносні комплекси.

Серед неогенових відкладів найбільш водозбагаченими є сарматські вапняки в південно-західній частині РГС Українського щита, де води слугують основним джерелом водопостачання.

У Причорноморській РГС водоносні горизонти відкладів неогену утворюють доволі складну гідродинамічну систему. Поблизу РГС Українського щита і в передгірній частині Криму води неогенових відкладів безнапірні або слабонапірні, а до осьової частини басейну напори збільшуються, досягаючи 100 м і більше. Водозбагаченість окремих стратиграфічних комплексів неогену у Причорноморській РГС відрізняється значною нерівномірністю. Найбільшою водозбагаченістю, а разом з тим і практичною значущістю відрізняється основний неогеновий водоносний горизонт, пов'язаний з осадами понтичного, меотичного й сарматського ярусів.

Водоносні горизонти у відкладах палеогену. Підземні води палеогенових відкладів поширені майже всюди в Дніпровсько-Донецькій та Причорноморській РГС, у західній частині Донбаської РГС, а також на значній території РГС Українського щита, де палеогенові відклади виповнюють окремі зниження в рельєфі кристалічного фундаменту (рис. 2.10).

Найдетальніше підземні води палеогенових відкладів вивчені в Дніпровсько-Донецькій і Донбаській РГС. Тут основні водоносні горизонти пов'язані з пісками бучацько-канівського та харківського віку. Київські відклади представлені водотривкими глинами.

Бучацько-канівський водоносний горизонт залягає на поверхні мергельно-крейдяної товщі верхньої крейди й перекривається глинами київської світи. Часто води бучацько-канівських і мергельно-крейдяних порід утворюють єдиний водоносний комплекс. Неглибоке залягання, високі напори, порівняно високі дебїти, здебільшого добра якість підземних вод визначають широке використання горизонту для сільськогосподарського й промислового водопостачання.

Межигірсько-обухівські (харківські) відклади менш водозбагачені, тому їх води використовуються лише окремими споживачами, в основному в сільському господарстві. Дебїти свердловин, як правило, становлять 1–2 дм³/с. На території Харківської області з межигірсько-обухівськими відкладами пов'язані родовища мінеральних вод.

У Причорноморській РГС водоносні горизонти пов'язані з осадами еоцен-олігоценового віку (київська світа, бучацька та харківська серії). Найбільшою водозбагаченістю характеризуються бучацькі відклади (рис. 2.11), практичне значення яких особливо велике на межиріччі Дніпро–Молочна. Глибина залягання горизонту змінюється від 30–40 м поблизу РГС Українського щита до 1000 м у приосьовій частині басейну. Води всюди напірні, напором до 1150 м. За відсутності в покрівлі водоносного горизонту київських глин у відкладах палеогену формується єдиний водоносний комплекс. Підземні води харківських і київських відкладів вивчені лише в північній частині басейну, де вони мають практичне значення й експлуатуються окремими свердловинами. Води напірні, але водозбагаченість горизонтів невисока. Дебїти свердловин становлять 0,12–1,94 дм³/с.

Палеогенові відклади в межах РГС Українського щита значно поширені в його центральній частині, на північно-східному й південному схилах і в Конксько-Ялинській западині. Водоносні горизонти пов'язані з відкладами межигірсько-обухівських горизонтів, київської світи та бучацької серії.

На ділянках, де відсутні роздільні водотриви, підземні води палеогенових відкладів утворюють єдиний водоносний комплекс. Водоносний горизонт бучацьких відкладів на більшій площі розвитку залягає безпосередньо на поверхні кристалічного

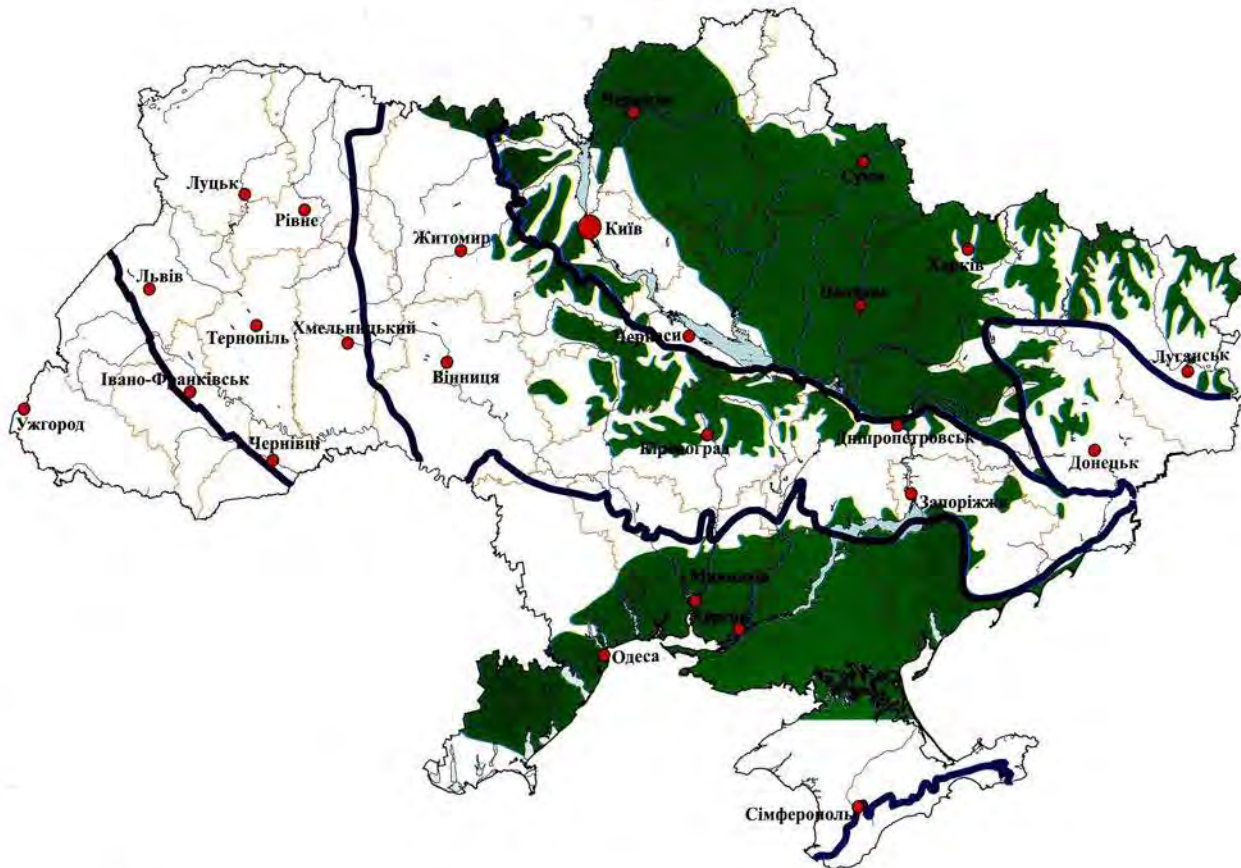


Рис. 2.10. Схема поширення водоносного горизонту в харківських відкладах

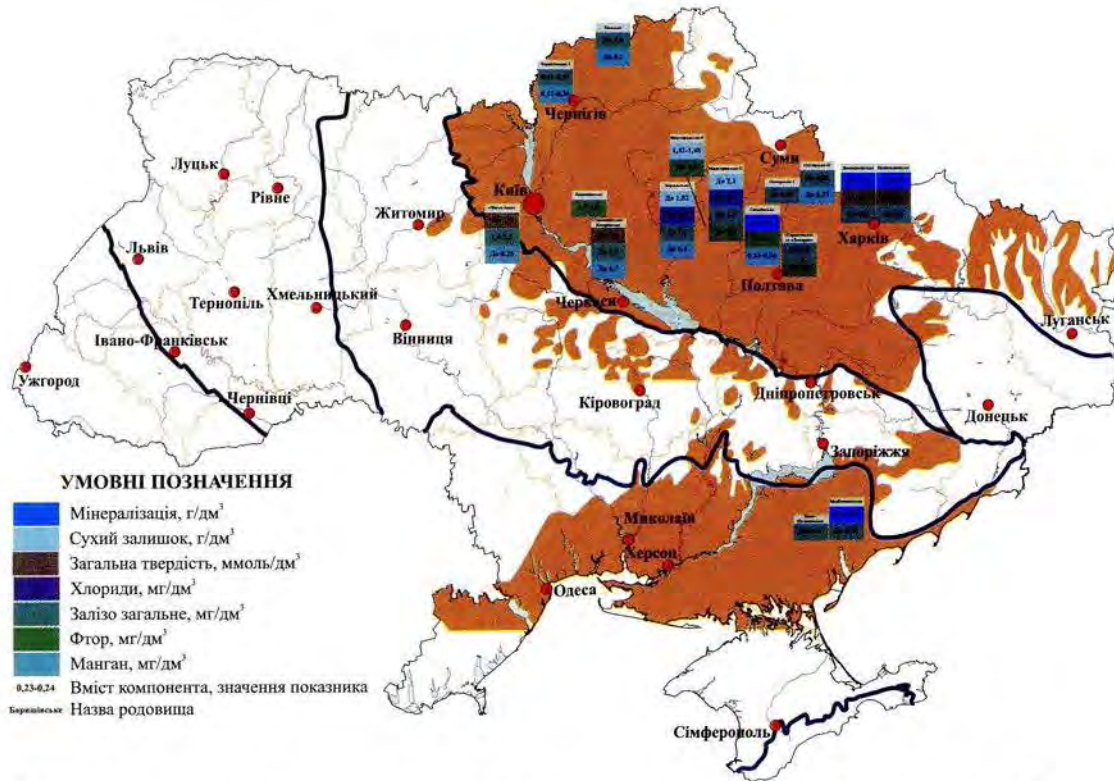


Рис. 2.11. Компоненти і показники хімічного складу питних підземних вод бучацького водоносного горизонту, вміст яких у природному стані не відповідає вимогам ДСанПін 2.2.4-171-10, для родовищ, запаси яких затверджені ДКЗ

фундаменту і вкритий київськими глинами. Глибина залягання в середньому становить 50–60 м, в районах Конксько-Ялинської та Бовтиської западин збільшується до 100–150 м. Ці води широко використовують для централізованого водопостачання багатьох великих населених пунктів. Дебіти свердловин змінюються від 0,01 до 15 дм³/с.

Відклади київської світи в межах РГС Українського щита на більшій площі свого поширення представлені щільними водотривкими глинами й мергелями. Лише на окремих ділянках вододілів збереглися дрібнозернисті піски, з якими пов'язаний слабоводонесний горизонт. Води часто напірні, висота напору до 42–48 м.

Водонесний горизонт межигірсько-обухівських відкладів пов'язаний з різнозернистими пісками, які залягають на розмитій поверхні київських, подекуди бучацьких глин і мергелів, або безпосередньо на кристалічних породах і продуктах їх вивітрювання. Глибина залягання горизонту невелика і збільшується лише у глибоких тектонічних западинах.

Води зазвичай слабонапірні. Водозбагаченість пісків нерівномірною. У деяких районах Кіровоградської області та в Конксько-Ялинській западині можлива організація централізованого водопостачання. На решті площі водонесний горизонт межигірсько-обухівських відкладів самостійного значення не має.

Водонесні горизонти у відкладах крейди. Підземні води, пов'язані з породами крейдяного віку, широко розвинені в межах Дніпровсько-Донецької, Причорноморської, Волино-Подільської РГС, у північній і північно-західній частинах Донбаської РГС, а також у Конксько-Ялинській западині та приазовській частині Українського щита (рис. 2.12).

Основні водонесні горизонти пов'язані з мергельно-крейдяною товщею турон–маастрихту, а також із пісками й пісковиками сеноман–альбу.

У Дніпровсько-Донецькій та Донбаській РГС з тріщинуватою зоною мергельно-крейдяних порід, розвиненою на глибину до 100–150 м, пов'язаний слабонапірний водонесний горизонт, розкритий великою кількістю свердловин, дебіт яких змінюється від 1–2 до 20–40 і навіть до 150 дм³/с. Найбільш водозбагачений

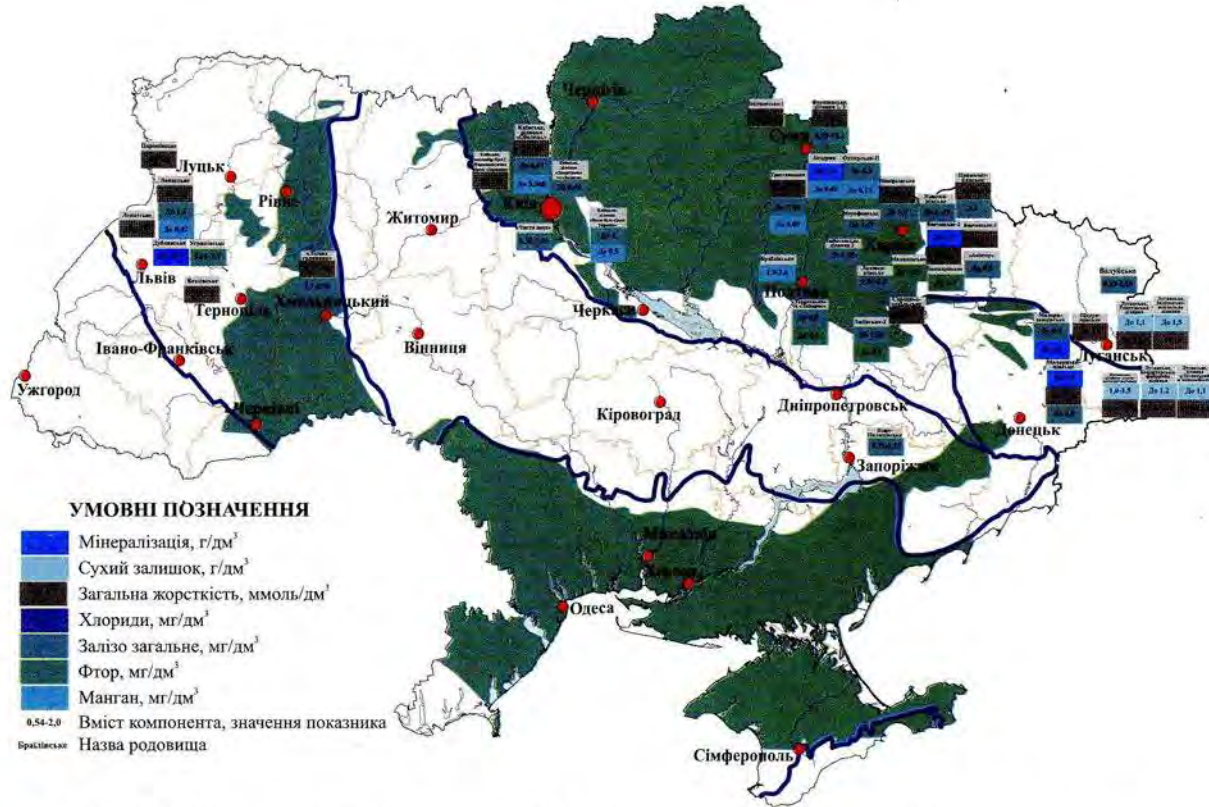


Рис. 2.12. Компоненти і показники хімічного складу питних підземних вод водоносного горизонту в крейдяних відкладах (без турон–маастріхту), вміст яких у природному стані не відповідає вимогам ДСанПін 2.2.4-171–10, для родовищ, запаси яких затверджені ДКЗ

цей горизонт у долинах річок, де він є одним із найперспективніших джерел централізованого водопостачання.

Сеноман-альбські відклади, представлені кварц-глауконітовими і фосфоритовими пісками й пісковиками, у Дніпровсько-Донецькій РГС дуже поширені: вони відсутні лише в крайній південно-західній частині басейну, південніше м. Черкаси. На окраїнах басейну ці породи залягають на глибинах від 20–50 до 100–150 м, у центральній частині занурюються до 500–600 м. У цьому ж напрямку збільшується потужність осадів від 5–20 до 60–80 м. З утвореннями сеноман-альбу пов'язаний потужний напірний водоносний горизонт, розкритий численними свердловинами з дебітом 0,5–40 $\text{дм}^3/\text{с}$. Води горизонту широко використовують для централізованого водопостачання (міста Київ, Харків, Полтава, Миргород та ін.).

Водоносність крейдяних відкладів на території Причорноморської РГС вивчена слабо. Більшість відомостей стосується водоносності верхньокрейдяних осадів у вузькій смузі вздовж північної межі поширення крейди, на межиріччі Дніпро–Молочна та в долині р. Молочна. Про обводненість нижньокрейдяних відкладів можна робити висновок лише за окремими глибокими розвідувальними свердловинами на нафту й газ (м. Каховка, смт. Чаплинка та ін.). Глибина залягання водоносного горизонту збільшується від бортів западини до її осі – від 50–100 (північний захід Одеської області) до 1870–1880 м (смт Чаплинка). Дебіти свердловин змінюються в доволі широких межах – від 0,02 до 30 $\text{дм}^3/\text{с}$. Води крейдяних відкладів використовують на північному заході Одеської, частково в Миколаївській і на північному сході Запорізької областей. У Волино-Подільській РГС в крейдяних відкладах виділяється туронсько-маастрихтський водоносний горизонт, який є основним і повсюдно поширеним. Пов'язаний він з тріщинуватою крейдою, мергелями й крейдоподібними вапняками. Глибина залягання горизонту збільшується з півдня на північ і зі сходу на захід – від 9 до 120 м. Потужність водоносного горизонту коливається від 30 до 80–85 м. Водозбагаченість порід нерівномірна, питомі дебіти свердловин варіюють від 0,01 до 15–20 $\text{дм}^3/\text{с}$, у середньому становлять 0,1–3 $\text{дм}^3/\text{с}$. Водозбага-

ченість значно збільшується у зонах тектонічних порушень, де трапляються джерела з витратами в 20–57 дм³/с.

На території РГС Українського щита крейдиані відклади розвинені в південно-східній (приазовській) його частині, у Конксько-Ялинській западині, а також у депресіях кристалічного фундаменту. Залягають вони безпосередньо на кристалічному фундаменті і вкриті палеогеном. Товща верхньої крейди представлена мергельно-крейдианими породами з прошарками кварц-глауконітових пісків, нижньокрейдяні утворення (альб–апт) – кварцовими пісковиками й різнозернистими гравелистими пісками. Води крейдяних відкладів РГС Українського щита для централізованого водопостачання придатні лише в Приазовській його частині, у тому числі й у межах окраїнної зони Конксько-Ялинської западини, де мінералізація їх у зоні інтенсивного водообміну не перевищує 1–1,5 г/дм³, а дебїти свердловин становлять 0,5–2,5 дм³/с.

Водоносні горизонти у відкладах юри. На території України водоносні горизонти, пов'язані з відкладами юри, відомі в Дніпровсько-Донецькій, Волино-Подільській та Причорноморській РГС, у РГС Гірського Криму, на північно-західних окраїнах Донбаської РГС (рис. 2.13).

У Дніпровсько-Донецькій РГС юрські відклади представлені всіма трьома відділами. У їх розрізі встановлено кілька високонапірних водоносних горизонтів. Основними колекторами підземних вод у верхній частині юрського розрізу є тріщинуваті вапняки й пісковики, іноді піски кімеріджського й оксфордського ярусів верхньої юри та келовейського ярусу середньої юри (іваницька світа), у нижній частині – піски й пісковики байоського ярусу (орельська світа), перекриті щільними глинами й алевролітами бату й байосу. Водоносні горизонти верхньоюрських відкладів на більшій площі свого поширення залягають на глибині 270–700 м і більше, вирізняються високим напором, низькою водозбагаченістю, подекуди їх використовують для водопостачання. Практично найцікавіші ці води в районі Харкова, де вони утворюють єдиний водоносний комплекс з водами нижньокрейдяних відкладів.

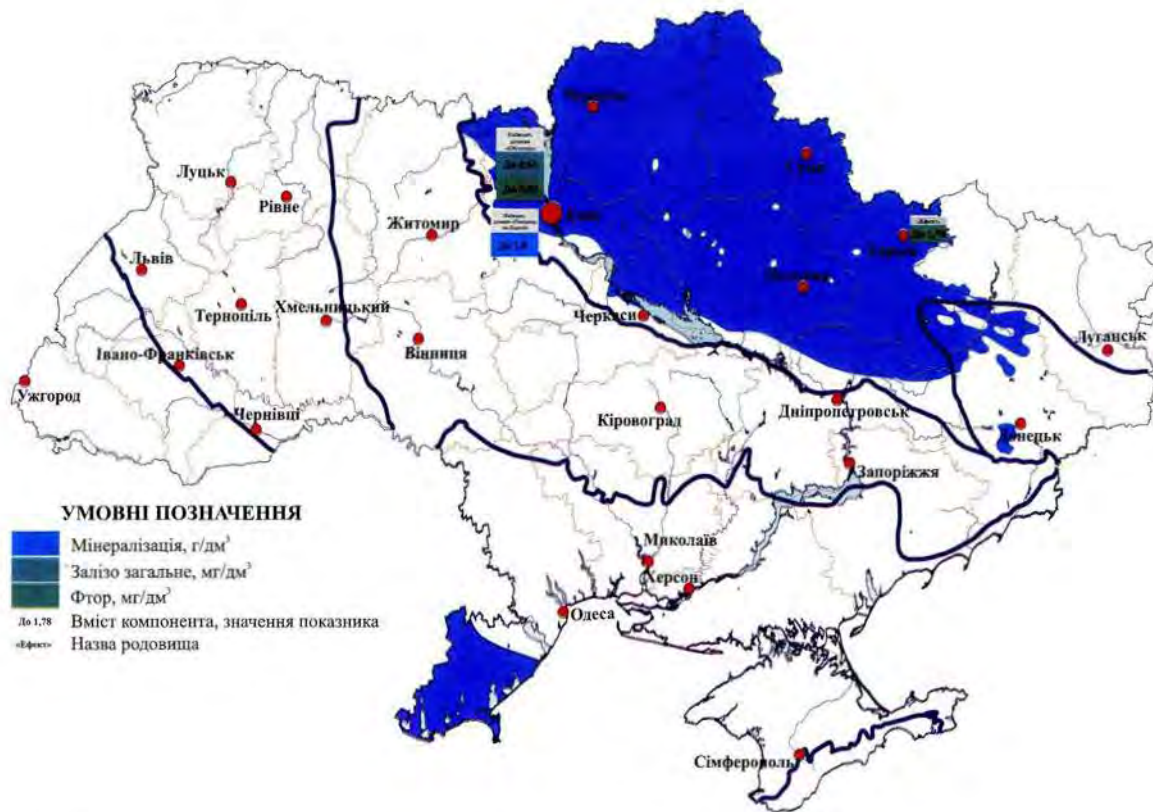


Рис. 2.13. Компоненти і показники хімічного складу питних підземних вод водоносного горизонту в відкладах юри, вміст яких у природному стані не відповідає вимогам ДСанПін 2.2.4-171-10, для родовищ, запаси яких затверджені ДКЗ

Водоносність середньоюрських відкладів добре вивчена на південно-західній окраїні Дніпровсько-Донецької РГС, де підземні води знайдено на порівняно невеликих глибинах, їх інтенсивно використовують у таких населених пунктах, як Київ, Переяслав-Хмельницький, Черкаси, Яготин та ін. Найбільш водозбагачені відклади орельської світи в районі Києва. Тут продуктивність свердловин змінюється від 15 до 35 $\text{дм}^3/\text{с}$. На решті території водозбагаченість горизонтів порівняно невелика.

Водоносні горизонти нижньоюрських відкладів розвинені в південно-східній частині басейну. Вони добре вивчені на півдні Харківської області, де розкриті на глибині 57–213 м. Питомі дебіти окремих свердловин становлять 0,05–1,6 $\text{дм}^3/\text{с}$.

У Волино-Подільській РГС юрські відклади значно поширені в Галицько-Волинській западині, де вони залягають під верхньокрейдяними породами на глибині 350–430 м, заповнюють локальні зниження в товщі карбону. Товща пісковиків, пісків і конгломератів юри містить високонапірні води. Водозбагаченість порід невисока.

Водозбагаченість юрських відкладів у Причорноморській РГС вивчена слабко. За наявними відомостями, з товщею юрських порід пов'язані кілька глибоких водоносних горизонтів, які вирізняються дуже низькою водозбагаченістю і високою мінералізацією вод.

Водоносні горизонти у відкладах тріасу і пермі. Відклади тріасового й пермського віку відомі лише в Дніпровсько-Донецькій РГС та в північно-західній частині Донбаської РГС. Вивчені слабко.

Тріасові відклади представлені дуже потужною товщею піщано-глинистих утворень, в яких встановлено кілька водоносних горизонтів, часто гідравлічно не зв'язаних між собою, які вирізняються великими напорами і зазвичай незначною водозбагаченістю, особливо в центральній частині басейну.

Підземні води пермської системи пов'язані з піщаними відкладами, рідше – з карбонатними. Глибина залягання порід змінюється від 220–300 у крайових зонах басейну до 1500–1850 м у центральній частині. Зі збільшенням глибини залягання зро-

стає і їх загальна потужність від 75–100 до 600–700 м. У районах купольних структур на окраїнах Донбасу вони часто виходять на денну поверхню або вкриті малопотужними утвореннями кайнозою. У зоні глибокого залягання водоносні горизонти пермських відкладів характеризуються великими напорами, але, разом з тим, дуже малою водозбагаченістю і поганою якістю води.

Водоносні горизонти у кам'яновугільних відкладах. Водоносні горизонти, пов'язані з кам'яновугільними відкладами, значно поширені в Дніпровсько-Донецькій і Волино-Подільській РГС, а також у Донбаській РГС.

Кам'яновугільні утворення в Дніпровсько-Донецькій РГС представлені всіма трьома відділами – верхнім, середнім і нижнім. Зазвичай вони залягають на великих глибинах під доволі потужною товщею пермських і мезо-кайнозойських відкладів, тому водозбагаченість їх вивчена дуже слабо. Водовміщувальними породами є піски, тріщинуваті пісковики і вапняки, перешаровані зі щільними аргілітами, що створює в товщі карбону комплекси гідравлічно не зв'язаних водоносних горизонтів, які характеризуються високими напорами і незначними дебітами свердловин.

У Волино-Подільській РГС водоносні горизонти кам'яновугільних відкладів відомі на території Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну. Водовміщувальні тріщинуваті пісковики, вапняки й пласти вугілля, перешаровані з водотривкими сланцями, утворюють кілька напірних водоносних горизонтів, між якими гідравлічний зв'язок практично відсутній. Ці водоносні горизонти на більшій площі поширення залягають під товщею верхньокрейдяних, подекуди юрських утворень. Глибина залягання змінюється зі сходу на захід від 80–150 до 700–800 м. Водозбагаченість водоносних горизонтів карбону переважно незначна. Питомі дебіти свердловин рідко перевищують $0,02 \text{ дм}^3/\text{с}$.

Водоносні горизонти у відкладах девону. Водоносні горизонти у відкладах девонського віку відомі лише у Волино-Подільській й Дніпровсько-Донецькій РГС.

У Волино-Подільській РГС девонська товща складена в нижній частині пісковиками з прошарками глинистих сланців, аргі-

літів та алевролітів, у середній – доломітами й вапняками, перешарованими з пісковиками і сланцями, у верхній – кристалічними вапняками з прошарками доломітів. Глибина залягання девонських відкладів 9–160 м, у Галицько-Волинській западині вона збільшується до 1000–1300 м. Зі збільшенням занурення водоносних пластів девону в західному напрямку їх потужності значно збільшуються, але разом з тим зменшується водозбагаченість. У районах порівняно неглибокого залягання водозбагаченість відкладів девону доволі висока, водоносні горизонти широко використовують для водопостачання населених пунктів Тернопільської, південно-західної частини Рівненської і південно-східної – Волинської областей. У межах Галицько-Волинської западини водоносні горизонти відкладів девону хоча й високонапірні (висота напору близько 2000–2300 м), вирізняються дуже малою водозбагаченістю і поганою якістю води.

У Дніпровсько-Донецькій РГС підземні води девонських відкладів вивчені слабо. Водовміщувальні породи тут повсюди залягають на поверхні кристалічного фундаменту й перекриті молодшими кам'яновугільними утвореннями. Водоносні горизонти девону високонапірні, проте в межах України вирізняються дуже слабкою водозбагаченістю і високою мінералізацією вод.

Водоносні горизонти у відкладах силуру й ордовіку. На території України силурійські й ордовіцькі відклади розкриті свердловинами і досліджені в межах Волино-Подільської РГС та західної частини Причорноморської РГС, де вони розвинені практично суцільно.

У відкладах силуру в межах Волино-Подільської РГС виділяється низка водоносних горизонтів, пов'язаних із різними літологічними різновидами порід: кавернозними вапняками, тріщинуватими доломітами, мергелями, пісковиками. Ці водоносні горизонти найбільш вивчені в окраїнних частинах артезіанського басейну, де силурійські відклади залягають порівняно неглибоко під товщею верхньокрейдяних, подекуди неогенових, а в Придністров'ї – четвертинних утворень. Води напірні, у районах неглибокого залягання вирізняються доброю якістю і широко використовуються для водопостачання у Волинській, Рівненській, Хмельницькій

і Тернопільській областях. Продуктивність свердловин змінюється від 0,5 до 30 $\text{дм}^3/\text{с}$. Максимальні дебіти – в долинах річок у районах розвитку тріщинуватих і кавернозних вапняків. Окремими розвідувальними свердловинами силурійські відклади розкриті і в центральній частині Волино-Подільської РГС, де вони залягають на глибині 1200–3000 м, але їх водозбагаченість тут не вивчена. Відсутні дані й про водоносність ордовіцьких відкладів, які залягають безпосередньо під відкладами силуру.

Водоносні горизонти у відкладах кембрію. Кембрійські відклади значно поширені у Волино-Подільській РГС, але в гідрогеологічному відношенні вони вивчені лише в східних районах їх розвитку. Тут вони розкриті свердловинами на глибині 10–300 м під відкладами ордовику, силуру і верхньої крейди. Водоносні горизонти, пов'язані з товщею тріщинуватих пісковиків, вирізняються значними напорами і доволі високою водозбагаченістю. У районах неглибокого залягання води кембрію використовують для водопостачання. У Переддобруджинському прогині Причорномор'я глибокими свердловинами розкрито водоносні прошарки у відкладах нижнього кембрію (суворівська світа) потужністю до 44 м, що містять високонапірні води. Однак тут вони високомінералізовані і для водопостачання непридатні.

Водоносні горизонти у відкладах рифею. На території України утворення рифею значно поширені лише у Волино-Подільській РГС. Рифейські відклади тут залягають безпосередньо на кристалічному фундаменті, за даними геофізичних досліджень їх потужність на Волині становить 1400 м. З утвореннями рифею пов'язаний складний напірний водоносний горизонт, який міститься в тріщинуватих пісковиках, туфопісковиках і туфітах. На західному схилі Українського щита вони залягають на глибині від 0,5 до 50 м. У західному напрямку відклади рифею поступово занурюються під крейди, а потім палеозойські утворення. У районах неглибокого залягання водоносний горизонт рифейських відкладів має велику водозбагаченість і добру якість.

Водозбагаченість кристалічних порід і продуктів їх вивітрювання. Підземні води в породах кристалічного фундаменту

значно поширені і найбільш вивчені в межах РГС Українського щита і прилеглих до неї бортових частин артезіанських басейнів. Вони пов'язані з верхньою товщею кристалічних порід – тріщинуватою зоною, а також із продуктами їх руйнування.

На території Українського щита водоносний горизонт у тріщинах кристалічних порід розвинений повсюдно. Води часто напірні. Глибина активної тріщинуватості, в якій можливий інтенсивний рух підземних вод, становить 100–120 м від поверхні землі. Водозбагаченість горизонту залежить від петрографічного складу порід, їх віку, тектонічної порушеності, а також процесів глибинного вивітрювання і сучасного рельєфу поверхні. На всій території поширення водоносний горизонт тріщинуватих кристалічних порід широко використовують з метою водопостачання. У деяких районах (міста Хмельник, Житомир, Кривий Ріг, Біла Церква, Миронівка, Корець та ін.) із цим горизонтом пов'язані радонові мінеральні води, які використовують у бальнеології.

Підземні води давньої кори вивітрювання особливо поширені й використовуються в північно-західній частині РГС Українського щита, меншою мірою – в Приазов'ї.

На схилах Українського щита, які є складовими частинами Дніпровсько-Донецької, Волино-Подільської й Причорноморської РГС, підземні води кристалічних порід і продуктів їх вивітрювання зі збільшенням занурення під товщу осадових утворень повсюдно набувають напірного характеру, погіршується їх якість, а разом з тим і практична значущість.

2.3. Особливості формування хімічного складу підземних вод України

На площі України простежується доволі чітка площинна зональність хімічного складу ґрунтових вод, яка визначається зональністю кліматичною. У північних і західних районах країни поширені переважно гідрокарбонатні кальцієві води, характерні для зони надмірного зволоження. Далі на південний схід вони поступово змінюються водами гідрокарбонатно-сульфатними, сульфатно-гідрокарбонатними та сульфатними. Одночасно змінюєть-

ся й їх катіонний склад у бік збільшення вмісту магнію і натрію. Ще південніше, на території Причорномор'я та Приазовського кристалічного масиву, ґрунтові води набувають сульфатно-хлоридного й хлоридно-сульфатного складу, причому з катіонів частіше переважає натрій. Нарешті, у Присивашші та у вузькій прибережній смузі Азовського моря поширені хлоридні натрієві води.

У Криму спостерігається протилежне явище: перехід від хлоридних натрієвих вод на півночі до вод змішаного й строкатого складу (переважно хлоридно-сульфатних і сульфатно-хлоридних, а за катіонами – натрієво-магнієвих і магнієво-натрієвих, іноді – гідрокарбонатних кальцієвих) у степовій частині до гідрокарбонатних кальцієвих – у межах Гірського Криму.

Відповідно до зміни іонного складу вод змінюється їх мінералізація від 1 г/дм³ (на крайній півночі навіть від 0,1–0,2 г/дм³) у зонах надмірного й нестійкого зволоження, в Гірському Криму до 1–3 г/дм³ у зоні недостатнього зволоження (більша частина Причорномор'я, Приазовський кристалічний масив, південна частина Донбасу та степовий Крим) і понад 3 г/дм³ в Присивашші.

З інших чинників, що відіграють основну роль у формуванні складу ґрунтових вод, головним є склад покривних відкладів. На півночі, в зоні значного поширення алювіально-флювіогляціалічних відкладів, глинистий покрив майже відсутній, на південь доволі закономірно збільшується потужність четвертинних лесових порід, підвищується ступінь їх засоленості карбонатами й гіпсом, розчинення яких водами, що фільтруються, призводить до збільшення в останніх вмісту гідрокарбонатів, а ще південніше – сульфатів. У Приморській смузі у покривних відкладах підвищений вміст хлоридів і натрію, що пов'язано з випаровуванням, концентруванням, привнесенням їх з атмосфери разом з опадами й пилом солончаків.

Описані загальні закономірності зміни складу ґрунтових вод порушуються на окремих ділянках, що знаходяться в особливих природних умовах. Так, нехарактерні за типом і мінералізацією води формуються в місцях, які різко відрізняються від решти площі за потужністю і літологічним складом відкладів, що вихо-

дять на поверхню, у результаті чого погіршуються або поліпшуються умови живлення. Прикладом можуть слугувати оleshківські піски, на площі яких формуються низькомінералізовані гідрокарбонатні кальцієві води, хоча ділянка ця знаходиться в смузі поширення хлоридно-сульфатних натрієвих вод із середньою мінералізацією до 3 г/дм^3 . На ділянках неглибокого залягання соленосних відкладів (Бахмутська улоговина та ін.) або розвантаження глибоких горизонтів (наприклад, у долині р. Самара, у районах солянокупольних структур у Дніпровсько-Донецькій западині), навпаки, відбувається засолення ґрунтових вод.

У південних посушливих районах часто трапляються випадки поширення в основному водоносному горизонті менш мінералізованих вод, у той час як залеглий над ним спорадичний горизонт у суглинках має значно більшу мінералізацію. Зокрема, це спостерігається в середній і південній частинах Українського щита, де в кристалічних породах поширені порівняно слабомінералізовані води, лесові породи біля поверхні містять води з мінералізацією $3\text{--}5 \text{ г/дм}^3$, а часто й більше. Це, очевидно, пов'язано з тим, що підземні води в кристалічних породах значною мірою живляться за рахунок конденсації, в процесі якої до поверхні водоносного горизонту не переносяться солі з верхньої частини зони аерації. Звісно, зі збільшенням глибини залягання всіх водоносних горизонтів закономірно зростає мінералізація підземних вод.

Досі немає єдиної думки щодо шляхів формування складу підземних вод глибокозалеглих водоносних горизонтів у кожному з гідрогеологічних регіонів. Різні погляди на процеси формування підземних вод України викладено у працях А.Є. Бабинця [4], Б.І. Куделіна, В.М. Шестопалова та співавт. [5–9], Г.Г. Лютого та ін.

Глибока промитість інфільтраційними водами периферійних частин артезіанських басейнів у Дніпровсько-Донецькій, Волино-Подільській та Причорноморській РГС цілком очевидна. Так, прісні низькомінералізовані води гідрокарбонатного кальцієвого, меншою мірою гідрокарбонатно-сульфатного та гідрокарбонатно-хлоридного кальцієво-натрієвого й натрієво-кальцієвого (або змі-

шаного за катіонами) складу виявлено в північно-східній частині Дніпровсько-Донецької РГС до глибини понад 700 м аж до сеноман-альбського і верхньоюрського горизонтів. У західній частині Волино-Подільської РГС низькомінералізовані води в мезозойських і палеозойських відкладах поширені також до глибини близько 700 м, а на північному крилі Причорноморської РГС – до глибини близько 500 м (у неогенових і крейдяних відкладах).

У сильнодислокованих палеозойських відкладах Донецької РГС води сульфатно-хлоридного та хлоридно-сульфатного натрієвого і натрієво-магнієвого, магнієво-натрієвого, а також хлоридно-гідрокарбонатного натрієвого та хлоридного натрієвого складу з мінералізацією до 3–5 г/дм³ майже повсюди залягають на глибині до 700–1000, подекуди – до 1500 м.

Глибини промитості басейнів або їх частин прямо залежать від гідравлічних ухилів, що існували після сформування їх як гідрогеологічних регіонів, та які визначаються різницею гіпсометричного положення областей живлення й розвантаження, насамперед – гідравлічних ухилів протягом четвертинного часу.

Із цього погляду найліпші умови існують у гірських районах, Донбасі, на окремих ділянках Українського щита і на північному крилі Дніпровсько-Донецької РГС.

У гірших умовах знаходиться північний борт Причорноморської РГС. Середній ухил біля південного схилу Українського щита – в області живлення сарматського горизонту – дорівнює 0,0004–0,0005 тобто на порядок менший. Далі на південь, у Причорноморській низовині, де також відбувається живлення сарматського горизонту, ухил зменшується ще більше. Розвантаженню в море глибоких напірних горизонтів дуже перешкоджає потужна товща порід, що залягають вище, багато серед яких є практично водотривами. Про те, що розвантаження тут все ж відбувається, свідчить підвищення рівня хлоридних натрієвих вод високої мінералізації в осьовій частині басейну.

Природно, що за таких значних ухилів нині в усіх гідрогеологічних районах України відбувається порівняно швидке переміщення прісних інфільтраційних вод, які частково метаморфізуються на шляху до областей дренавання. Існування ж дав-

ніх седиментаційних морських або порових вод, що утворились у процесі літифікації глинистих порід, можливе лише в природних пастках, якими є, наприклад, ізольовані тектонічними порушеннями блоки чи куполи, що містять також газ і нафту.

На цьому загальному фоні промитості всіх структур, особливо інтенсивної в четвертинний час (після утворення глибоко врізаної гідрографічної мережі), формується склад підземних вод, що рухаються від областей живлення. При цьому всюди зміна гідрохімічних зон загалом подібна при віддаленні від областей живлення і, як правило, із збільшенням глибини залягання водоносних горизонтів. У північних районах, де в поверхневій зоні поширені гідрокарбонатні кальцієві води, зміна всюди відбувається в напрямку підвищення мінералізації внаслідок збільшення вмісту спочатку сульфатів, потім хлоридів і натрію, а на великих глибинах – кальцію, причому спостерігається поступовий перехід майже з усією гамою проміжних класів вод. Одночасно в підземних водах зростають кількості йоду, бромю та рідкісних елементів.

У районах недостатнього зволоження спостерігається складніша картина, що пов'язано з наявністю в поверхневій зоні різноманітних за складом вод, які слугують субстратом для подальших перетворень. Однак і тут найзагальнішою закономірністю є підвищення мінералізації за рахунок хлоридів і натрію. У Дніпровсько-Донецькій РГС, а також низці ділянок Донбасу характерними для зони уповільненого водообміну є гідрокарбонатні натрієві води, що утворюються в результаті швидкої десульфатації вод, які надходять з областей живлення, у багатому на органіку середовищі.

Хімічний склад підземних вод формується, очевидно, у результаті процесів, що відбуваються одночасно: змішування з рештками метаморфізованих і розбавлення давніх вод, глибше вилуження солей із вміщувальних порід, обмінні реакції, особливо за участю газових компонентів, радіоактивного розпаду, підземного випаровування [10]. Останній процес великою мірою визначає перетворення підземних вод, що рухаються протягом тривалих періодів часу, на розсоли.

На окремих ділянках, іноді значних за площею, особливо в зоні інтенсивного водообміну, головного значення набуває один із цих процесів, наприклад: розчинення солей у районах розміщення соленосних і гіпсоносних відкладів Дніпровсько-Донецької западини, Передкарпаття та Закарпаття, формування радонових вод на площі Українського щита, змішування прісних вод із висхідними потоками глибокозалеглих мінералізованих вод у зонах дренавання та ін.

За якістю підземних вод територію України можна поділити на регіони, для кожного з яких існує відповідна специфікація, обумовлена насамперед геологічними чинниками. Регіональна природна специфікація контролюється як природними умовами, так і їх техногенними змінами (табл. 2.1).

Для кожного регіону необхідно розробити доступну й прозору систему інформування споживачів про якість питної води, її придатність до споживання, щоб вони могли зробити усвідомлений вибір. Залежно від регіону проживання і соціального статусу споживачі мають вибирати типи води (водопровідна, мінеральна, фасована). Соціальна нерівність і нестача інформації може зумовити неконтрольоване надходження мінеральних речовин до організму, особливо до організму дітей.

Слід зазначити, що в останні десятиліття дослідники практично не приділяли уваги питанням сприятливого впливу води та її захисним властивостям, бо їх увага була зосереджена переважно на екологічних проблемах забруднення вод. Адаже за гострого дефіциту будь-якого елемента навіть відносно мала кількість його у воді може зіграти значну захисну роль: речовини у воді розчинені і знаходяться у формі іонів, тому значно легше адсорбуються в організмі людини, ніж із продуктів харчування, де вони зв'язані в різні сполуки.

Позитивними з цього погляду є дослідження фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води та мінімально необхідного складу питної води, отриманої в результаті очищення (демінералізації).

Таблиця 2.1

**Регіональна специфікація природного хімічного складу питних
підземних вод за оптимальності їх хімічного складу
(за даними праць [10–13])**

Організація геологічного середовища як чинник формування хімічного складу підземних вод	Специфікація
<i>1</i>	<i>2</i>
<p>1. Закарпатський внутрішній прогин</p> <p>а) за хімічним складом питні підземні води переважно гідрокарбонатно-кальцієві;</p> <p>б) наявність на території регіонів біогеохімічно активних борних (передгірська зона, Свалявський район), фтористих, кременистих (Берегівський та Ужгородський (передгірська зона) райони), арсенистих (гірська частина, Рахівський район), залізистих вод (західна частина гірської зони, Підгірський район);</p> <p>в) населення регіону традиційно систематично споживає питну воду з численних мінеральних джерел, що мають відповідний хімічний склад</p>	<p>1. Наявність на території біогеохімічних провінцій йоду і фтору</p> <p>2. Для області характерна нестача в питній воді фтору, йоду, бромю, молібдену, цинку, міді; надлишок кальцію, мангану, сірки</p> <p>3. У зонах тектонічних порушень підвищений вміст літію, арсену, нікелю, заліза, бору та інших хімічних елементів; у воді окремих джерел ГДК перевищена в число разів: Li – 150, As – 4000, Ni – 2, Fe – 30</p> <p>4. Низький вміст йоду у воді зумовлює захворювання населення на ендемічний зоб, фтору – на карієс</p> <p>5. Рекомендується вживати йодовану сіль, фторувати питну воду, споживати продукти з високим вмістом фтору (риба, молоко, чай)</p>
<p>2. Передкарпатський передовий прогин</p> <p>а) основні джерела водопостачання – водоносні горизонти у відкладах четвертинного, неогенового, палеогенового, крейдяного віку;</p>	<p>1. Підвищений вміст у ґрунтових водах стронцію, хрому, молібдену, міді за відсутності йоду, фтору, нестачі кальцію</p> <p>2. У Зовнішній зоні Передкарпатського прогину трапляються</p>

Продовження табл. 2.1

1	2
<p>б) калійні соленосні формації та родовища сірки (Зовнішня зона) чинники підвищеної мінералізації та аномального вмісту стронцію у підземних водах;</p> <p>в) піщано-глиниста соленосна товща (Внутрішня зона, родовища нафти, кам'яної і калійної солей) – чинник формування вод різного хімічного складу: соленосна мола-са – непроникний «екран» для флюїдів, газів і підземних вод</p>	<p>йодні, бромні та йодо-бромні води, приурочені до порід юрського, крейдового і неогенового віку</p>
<p>3. Карпатська гірськоскладчаста область</p> <p>а) глинистий фліш – геохімічний бар'єр мікроелементів;</p> <p>б) водовмісними є флішові породи палеогенового віку та теригенні породи верхньокрейдяного віку;</p> <p>в) існування чітко вираженої гідро-хімічної зональності (за А.Ф. Романюком, 1963);</p> <p>г) у межах Карпатської гірсько-складчастої області виділяються окремі біогеогідрохімічні райони, пов'язані з відмінністю геохімічних, гідрогсологічних, гідрохімічних, геодинамічних умов</p>	<p>1. Підвищений вміст стронцію, мангану, барію, збільшена рухливість міді, мінералізація ґрунтових вод близько 250 мг/дм³</p> <p>2. Відсутність фтору та йоду</p>
<p>4. Південно-західна окраїна Східноєвропейської платформи</p>	<p>1. Існування районів з підземними водами, що збагачені кальцієм, та районів, де вміст кальцію незначний</p> <p>2. Вкрай низький вміст фтору в питній воді, інколи – фтор відсутній повністю</p> <p>3. У зонах тектонічних порушень (Белз-Милятинська зона) питні</p>

Продовження табл. 2.1

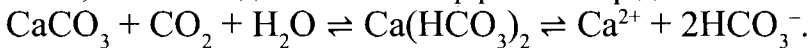
1	2
	<p>води збагачені фтором, бромом, йодом</p> <p>4. Для сірчаної провінції характерними є значний вміст стронцію і нестача фтору</p>
<p>5. Причорноморська западина (Одеська область)</p>	<p>1. Низький фоновий вміст фтору (до 0,4 мг/дм³).</p> <p>2. Високий вміст хімічних елементів, приурочений до зон тектонічних порушень, зокрема фтору (до 7 мг/дм³) і стронцію</p>
<p>6. Дніпровсько-Донецька западина (Полтавська, Харківська області). Найбільше практичне значення мають підземні води палеогенових (бучацько-канівських) та крейдяних відкладів переважно хлоридного кальцієво-натрієвого хімічного складу. Хімічний склад формується в результаті змішування вод із глибинними розчинами в зонах тектонічних порушень</p>	<p>Підвищений вміст фтору, заліза загального та показника сухого залишку за невисокого вмісту кальцію і магнію та значної кількості хлоридів</p>
<p>7. Донбас</p>	<p>1. Надлишок у питних підземних водах бору, цинку</p> <p>2. Підземні води приурочені в основному до пісків карбонатно-теригенної формації. Вони переважно гідрокарбонатно-натрієві за складом з мінералізацією до 2 г/л. На окремих ділянках у західній частині регіону мінералізація різко підвищується</p>
<p>8. Український щит а) першорядне значення для водопостачання мають тріщинні води інтрузивних комплексів і тектонічних зон масиву (докембрій, палеозой);</p>	<p>1. Мінералізація підземних вод зростає в південному напрямку; в південних районах досягає 3 г/дм³</p>

Закінчення табл. 2.1

1	2
<p>б) серед осадових порід перспективними є водоносні горизонти в бучацьких (центральна і східна частини УЩ), сарматських (південно-західні райони), флювіогляціальних відкладів (північно-західна частина УЩ);</p> <p>в) для регіону характерна слабка забезпеченість ресурсами підземних вод</p>	<p>2. У водах, що приурочені до кристалічних порід, підвищений вміст радону (у кількостях, що подекуди переважають бальнеологічні норми)</p> <p>3. Збільшення мінералізації на ділянках розломних зон</p>

2.4. Основні макро- і мікрокомпоненти природних вод

Кальцій. Головними джерелами надходження кальцію в поверхневі води є процеси хімічного вивітрювання та розчинення мінералів, переважно вапняків, доломітів, гіпсу, кальцієвмісних силікатів, інших осадових і метаморфічних порід:



Розчиненню кальцію сприяють мікробіологічні процеси розкладання органічних речовин, що супроводжуються зниженням рН.

Значні кількості кальцію виносяться зі стічними водами силікатної, металургійної, хімічної промисловості та стоками із сільськогосподарських угідь, особливо в разі використання кальцієвмісних мінеральних добрив.

Характерною особливістю кальцію є його здатність утворювати в поверхневих водах доволі стійкі пересичені розчини CaCO_3 . Іонна форма (Ca^{2+}) характерна лише для слабомінералізованих природних вод. Відомі доволі стійкі комплексні сполуки кальцію з органічними речовинами, що містяться у воді. В деяких слабомінералізованих забарвлених водах до 90–100 % іонів кальцію можуть бути зв'язані з гумусовими кислотами.

У річкових водах вміст кальцію рідко перевищує 1 г/дм³. Зазвичай його концентрації значно нижчі [14].

Концентрація кальцію в поверхневих водах помітно коливається протягом року; навесні вміст іонів кальцію підвищений, що пояснюється вилуженням розчинних солей кальцію з поверхнього шару ґрунтів і порід.

ГДК_в кальцію у воді становить 180 мг/дм³.

Калій. Один з основних компонентів природних вод, джерелом його надходження в поверхневі води є геологічні породи (польовий шпат, слюда) і розчинні солі. Різноманітні розчинні сполуки калію утворюються також у результаті біологічних процесів, що відбуваються в корі вивітрювання та ґрунтах. Калій сорбується на часточках ґрунту, порід, донних відкладів, поглинається рослинами під час їх живлення і росту, тому він менш рухливий порівняно з натрієм. У зв'язку з цим вміст калію в природних водах, особливо поверхневих, нижчий, ніж натрію.

У природні води калій надходить також із побутовими і виробничими стічними водами, зі скидною водою з полів зрошування, поверхневим стоком із сільськогосподарських угідь.

Концентрація калію в річковій воді зазвичай не перевищує 18 мг/дм³. У підземних водах вона коливається від міліграмів до десятків грамів в 1 дм³ залежно від складу порід, глибини залягання підземних вод та інших гідрогеологічних умов [14,15].

ГДК_{вр} калію в річковій воді становить 50 мг/дм³ [16].

Натрій. Один із головних компонентів природних вод, що визначає їх тип. Основним джерелом надходження натрію в поверхневі води є вивержені й осадові породи, самородні розчинні хлориди, сульфати і карбонати натрію. Велике значення мають також біологічні процеси, в результаті яких утворюються розчинні сполуки натрію. Крім цього, натрій надходить у природні води з побутовими й виробничими стічними водами, зі скидними водами з полів зрошування.

У поверхневих водах натрій мігрує переважно в розчиненому стані. Його концентрація в річкових водах коливається від 0,6 до 300 мг/дм³ залежно від фізико-географічних умов і геологічних особливостей басейнів водних об'єктів. У підземних водах вміст натрію змінюється від кількох міліграмів до десятків грамів в

1 дм³ залежно від складу водонасичених порід, глибини залягання підземних вод, інших гідрогеологічних умов [14, 15].

ГДК_в натрію у воді становить 200, ГДК_{вр} – 120 мг/дм³ [16].

Магній. У поверхневих водах надходить переважно внаслідок перебігу процесів хімічного вивітрювання, розчинення доломітів, мергелів, інших мінералів. Значні кількості магнію можуть надходити у водні об'єкти зі стічними водами металургійних, силікатних, текстильних підприємств.

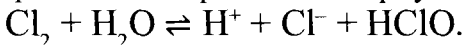
У річкових водах вміст магнію зазвичай коливається від кількох до десятків міліграмів в 1 дм³.

Вміст магнію в поверхневих водах помітно змінюється протягом року: максимальні концентрації спостерігаються в меженний період, мінімальні – в період повені [14, 15].

ГДК_{вр} магнію становить 40 мг/дм³ [17].

Хлор. Хлор, що міститься у воді у формі хлорнуватої кислоти або гіпохлорит-іонів, вважають вільним, у формі моно- і дихлорамінів, трихлориду азоту – зв'язаним. Загальний хлор – це сумарний вміст вільного і зв'язаного хлору.

Вільний хлор часто застосовують для дезінфекції питної та стічних вод. У промисловості його використовують у процесах вибілювання паперу, виробництві вати, для знищення паразитів у холодильних установках тощо. Під час розчинення хлору у воді утворюються хлоридна та хлорнуватиста кислоти:



Залежно від рН, температури, кількості органічних домішок та амонійного азоту хлор може міститись у воді й в інших формах, зокрема гіпохлорит-іонів (OCl⁻) і хлорамінів [18].

У річкових водах і водах прісних озер вміст хлоридів коливається від часток до десятків, сотень, а інколи й тисяч міліграмів в 1 дм³. У морських і підземних водах він значно вищий – аж до пересичених розчинів і розсолів.

Хлорид-аніони є переважними у високомінералізованих водах. Концентрація хлоридів у поверхневих водах протягом року помітно коливається відповідно до зміни загальної мінералізації води.

Первинними джерелами хлоридів є магматичні породи, до складу яких входять хлоровмісні мінерали (содаліт, хлорапатит

тощо), соленосні відклади (переважно галіт). Значні кількості хлоридів надходять у воду внаслідок обміну з океаном через атмосферу, взаємодії атмосферних опадів із ґрунтами, особливо засоленими, у результаті вулканічних вивержень. Дедалі більший внесок роблять виробничі та побутові стічні води.

На відміну від сульфатних і карбонатних іонів хлориди не утворюють асоційованих іонних пар. Зі всіх аніонів хлориди характеризуються найбільшою міграційною здатністю, що пояснюється їх доброю розчинністю, слабкою здатністю до сорбції на суспензіях і споживанням водяними організмами. Підвищений вміст хлоридів погіршує смакові якості води, робить її малопридатною для питного водопостачання, обмежує використання для багатьох технічних і господарських цілей, зрошення сільськогосподарських угідь. Вміст у питній воді іонів натрію та хлоридів понад 250 мг/дм^3 надає воді солоного смаку. Коливання концентрації хлоридів протягом доби може бути одним із критеріїв забрудненості водойми побутовими стічними водами [14, 19].

$\text{ГДК}_в$ хлору становить 350, $\text{ГДК}_{вр}$ – 300 мг/дм^3 [16].

Залізо. Головним джерелом надходження сполук заліза в поверхневі води є процеси хімічного вивітрювання гірських порід, що супроводжуються їх механічним руйнуванням і розчиненням. Унаслідок взаємодії з мінеральними та органічними речовинами, що містяться в природних водах, утворюється складний комплекс сполук заліза в розчиненому, колоїдному та завислому станах. Значні кількості заліза надходять у природні води зі стічними водами підприємств металургійної, металообробної, текстильної, лакофарбової промисловості, сільськогосподарськими стоками.

Фазові рівноваги залежать від хімічного складу води, рН, Eh і деякою мірою від температури. У рутинному аналізі в завислу форму виділяють часточки розміром понад $0,45 \text{ мкм}$ – переважно залізовмісні мінерали, гідроксид заліза та сполуки заліза, сорбовані на суспензіях. Істинно розчинну й колоїдну його форми зазвичай розглядають сумісно. Розчинене залізо представлене сполуками в іонній формі, у вигляді гідросокомплексу, комплексів із розчиненими неорганічними й органічними речовинами природних вод. У іонній формі мігрує переважно Fe(II), а Fe(III)

за відсутності комплексоутворювачів може в значних кількостях знаходитись у розчиненому стані. Переважно залізо міститься у водах з низькими значеннями Eh.

У результаті хімічного й біохімічного (за участю залізобактерій) окиснення Fe(II) переходить у Fe(III), гідролізується і випадає в осад у вигляді Fe(OH)₃. Як Fe(II), так і Fe(III) здатні утворювати гідросокомплекси типу [Fe(OH)₂]⁺, [Fe₂(OH)₂]⁴⁺, [Fe₂(OH)₃]³⁺, [Fe(OH)₃]⁻ та інші, що співіснують у розчині в різних концентраціях залежно від рН та загалом визначають стан системи залізо-гідроксил. Основною формою знаходження Fe(III) у поверхневих водах є його комплексні сполуки з розчиненими неорганічними й органічними сполуками, переважно гумусовими речовинами. За рН 8,0 основною формою є Fe(OH)₃.

Вміст заліза в поверхневих водах становить десяті частки міліграма, поблизу боліт – одиниці міліграмів. Підвищений вміст заліза в болотяних водах, в яких воно знаходиться у формі комплексів із солями гумінових кислот – гуматів.

Найвищі концентрації заліза (до кількох десятків і сотень міліграмів в 1 дм³) у підземних водах із низькими значеннями рН.

Концентрація заліза протягом року значно коливається. Зазвичай у водоймах із високою біологічною продуктивністю в період літньої й зимової стагнації збільшується концентрація заліза в придонних шарах води. Осінньо-весняне перемішування водних мас супроводжується окисненням Fe(II) до Fe(III) і випаданням останнього в осад у вигляді Fe(OH)₃ [14, 19].

За вмісту заліза у воді понад 1–2 мг/дм³ значно погіршуються її органолептичні показники, вона набуває неприємного терпкого смаку, стає малоприсадною для використання в технічних цілях.

ГДК_в заліза становить 0,3, ГДК_{вр} – 0,1 мг/дм³ [16].

Мідь. Вміст міді в природних прісних водах коливається від 2 до 30, у морських – від 0,5 до 3,5 мкг/дм³. Підвищені концентрації міді (до кількох грамів в 1 дм³) характерні для кислих рудникових вод.

У природних водах найчастіше трапляються сполуки Cu(II). Зі сполук Cu(I) найпоширеніші важкорозчинні у воді Cu₂O, Cu₂S, CuCl.

Основним джерелом надходження міді в природні води є стічні води підприємств хімічної, металургійної промисловості, шахтні води, альдегідні реагенти, які використовують для знищення водоростей. У підземних водах вміст міді зумовлений взаємодією води з гірськими породами, що містять цей елемент (халькопірит, халькозин, ковелін, борніт, малахіт, азурит тощо) [14, 15].

ГДК_в міді становить 0,1, ГДК_{пр} – 0,001 мг/дм³ [16].

Цинк. Надходить у природні води внаслідок руйнування і розчинення гірських порід і мінералів (сфалерит, цинкіт, госларит, смітсоніт, каламін) та зі стічними водами рудозбагачувальних фабрик і гальванічних цехів, виробництв пергаментного паперу, мінеральних фарб, віскозного волокна та ін.

У воді міститься переважно в йонній формі або у формі мінеральних і органічних комплексів. Інколи трапляється в нерозчинних формах у вигляді гідроксиду, карбонату, сульфїду тощо.

У річкових водах концентрація цинку коливається від 3 до 120, у морських – від 1,5 до 10 мкг/дм³. Його вміст у рудних і шахтних водах з низькими значеннями рН може бути значним.

ГДК_в іонів Zn²⁺ становить 1,0, ГДК_{пр} іонів Zn²⁺ – 0,01 мг/дм³ [16].

Манган. У поверхневій воді надходить у результаті вилуження залізо-манганових руд та інших мінералів, що містять цей елемент (піролюзит, псиломелан, брауніт, манганіт, чорна вохра). Значні кількості мангану надходять унаслідок розкладання організмів водяних тварин і рослин, особливо синьозелених, діатомових водоростей, вищих водяних рослин. Сполуки мангану потрапляють у водойми зі стічними водами манганових збагачувальних фабрик, металургійних заводів, підприємств хімічної промисловості, з шахтними водами.

Концентрація іонів мангану в природних водах зменшується внаслідок окиснення Mn(II) до MnO₂ та інших високовалентних оксидів, які випадають в осад. Основні параметри, що визначають реакцію окиснення – концентрація розчиненого кисню, значення рН і температура. Вміст розчинених сполук мангану зменшується внаслідок утилізації їх водоростями.

Головна форма міграції сполук мангану в поверхневих водах – суспензії, склад яких визначається складом порід, дренажних во-

дами; колоїдні гідроксиди важких металів та сорбовані сполуки мангану. Значну роль у міграції цього елемента в розчинній і колоїдній формах відіграють органічні речовини і процеси комплексоутворення мангану з неорганічними й органічними лігандами. $Mn(II)$ утворює розчинні комплекси з гідрокарбонатами і сульфатами. Комплекси мангану з йоном хлору трапляються рідко. Комплексні сполуки $Mn(II)$ з органічними речовинами зазвичай менш міцні, ніж з іншими перехідними металами. До них належать сполуки з амінами, органічними кислотами, амінокислотами, гумусовими речовинами. $Mn(III)$ у підвищених концентраціях може знаходитися в розчиненому стані лише за наявності сильних комплексоутворювачів. $Mn(VII)$ у природних водах не трапляється.

У річкових водах вміст мангану коливається від 1 до 160 $\mu\text{кг}/\text{дм}^3$, середній його вміст у морських водах – 2 $\mu\text{кг}/\text{дм}^3$, у підземних – 0,1n–1,0n $\text{мг}/\text{дм}^3$.

Концентрація мангану в поверхневих водах зазнає сезонних коливань.

Чинниками, які визначають зміни концентрації мангану, є співвідношення поверхневого і підземного стоків, інтенсивність його споживання під час фотосинтезу, розкладання фітопланктону, мікроорганізмів, вищої водної рослинності, а також процеси його осадження на дно водних об'єктів.

ГДК_в мангану становить 0,1 $\text{мг}/\text{дм}^3$ [16].

Хром. У поверхневій воді сполуки три- і шестивалентного хрому надходять унаслідок вилуження з порід (хроміт, крокоїт, уваровіт тощо), деякі кількості – у процесі розкладання відмерлих тваринних і рослинних організмів, із ґрунтів. Значні його кількості потрапляють у водойми зі стічними водами гальванічних цехів, фарбувальних цехів текстильних підприємств, шкіряних заводів і підприємств хімічної промисловості. Концентрація іонів хрому зменшується в результаті споживання їх водними організмами та перебігу процесів адсорбції.

У поверхневих водах сполуки хрому знаходяться в розчиненому й завислому станах, співвідношення між якими залежить від складу води, значення рН та температури. Завислими спо-

луками хрому є переважно сорбовані. Сорбентами можуть бути глини, гідроксид заліза, високодисперсний карбонат кальцію, рештки рослинних і тваринних організмів. У розчиненій формі хром міститься у вигляді хроматів і дихроматів. За аеробних умов Cr(VI) переходить у Cr(III), солі якого в нейтральному і лужному середовищах гідролізуються з виділенням гідроксиду.

Хром є слабким водним мігрантом, основну його масу в акваторіях виявляють у донних відкладах. Відносний вміст розчинних сполук хрому у водоймах незначний, оскільки суспендовані у воді часточки (оксиди заліза, глина, органічні зависі) адсорбують більшу частину цього елемента. Валентність хрому у водному середовищі залежить від багатьох чинників, таких як рН, редокс-потенціал, вміст органічних сполук (розчинних і нерозчинних), інтенсивність світла.

Сполуки Cr(VI) переважають у неглибоких водах за окисних умов і рН 6–8, за відновних умов, типових для глибоких вод, більшим є вміст сполук Cr(III). Це зумовлено істотним впливом рН водного середовища на процес відновлення Cr(VI) за участю розчинних органічних сполук. Відновлюється Cr(VI) повільно в нейтральному або слаболужному середовищі і швидко – в кислому. Процес відновлення Cr(VI) за участю наявних у воді органічних речовин залежить не лише від компонентів, які беруть безпосередню участь у стехіометричній реакції, а й від інших складників, здатних каталізувати або інгібувати реакцію. Зокрема, наявність у водному середовищі іонів Fe^{3+} сприяє процесу детоксикації Cr(VI) за участю органічних речовин. Активує цей процес також світло.

У річкових незабруднених і слабозабруднених водах вміст хрому коливається від десятих часток до кількох мікрограмів в 1 дм^3 , у забруднених водоймах – досягає $10n\text{--}100n \text{ мкг/дм}^3$. Середня його концентрація в морських водах – 0,05, у підземних – $10n\text{--}100n \text{ мкг/дм}^3$.

В останні роки дослідників дуже зацікавила можливість використання рослин, здатних акумулювати або стабілізувати сполуки хрому чи відновлювати токсичний шестивалентний хром до менш шкідливого тривалентного металу для біоремедіації до-

вкілля. Значним рівнем накопичення хрому характеризуються фітопланктонні організми. Високу здатність до відновлення Cr(VI) до Cr(III) виявляє біомаса водоростей, зокрема бурої морської водорості *Ecklonia* sp., яку деякі автори рекомендують для очищення забруднених хромом стічних вод.

ГДК_в для Cr(VI) – 0,05, для Cr(III) – 0,5 мг/дм³; ГДК_{вр} для Cr(VI) – 0,001, для Cr(III) – 0,005 мг/дм³ [16].

Селен. Середній вміст селену в прісних водах – 10^{-6} , у морській воді – 10^{-9} % [20], у річкових водах – 0,2 мкг/дм³ [21]. У воді річок Міссісіпі та Амазонки концентрація цього елемента становить відповідно 0,14 і 0,21 мкг/дм³ [22], р. Колорадо – 0,5, р. Міссурі – 1,2 мкг/дм³ [23]. У районах зрошування і дренажу селеновмісних порід його вміст у поверхневих водах басейну р. Колорадо підвищується до 30 мкг/дм³ [23]. Аналогічне явище відмічено в штатах Каліфорнія і Вайомінг [24, 25]. У річкових водах Білорусі міститься від 0,35 до 0,85 мкг/дм³ селену, Середньої Азії – від 0,3 до 2,0, у поверхневих водах Європейської частини Росії та Кавказу – лише 0,2–0,5 мкг/дм³ [26]. За даними В.В. Єрмакова і В.В. Ковальського [27], його концентрація в річках Туви коливається від 0,2 до 1,08 мкг/дм³, у межах селенової провінції Туви в струмках і річках перевищує 1,0, а в струмку Барик досягає 5,1 мкг/дм³.

Важливим показником є коефіцієнт водної міграції селену, що дорівнює відношенню вмісту елемента в мінеральному залишку води до його вмісту у водонасичених гірських породах (або до кларка елемента в осадових породах). За оцінкою В.Д. Сидельникової [26], значення коефіцієнта водної міграції селену для річок Середньої Азії та Європейської частини Росії коливається в межах $n-10n$. Це дає підставу (за класифікацією Перельмана [28]) вважати селен рухливим аніоном. Зазвичай річкові води містять менше селену, ніж підземні та води солоних озер [26].

У підземних водах зони гіпергенезу середній вміст селену < 0,91 мкг/дм³, тут він знаходиться у формі аніонів Se²⁻, HSe⁻, SeO₃²⁻, HSeO₃⁻, SeO₄²⁻, HSeO₄⁻. Селен трапляється в колоїдному стані та у формі селеноорганічних сполук [21].

Вміст селену в ґрунтових і тріщинно-ґрунтових водах підвищується з переходом від ландшафтів гумідного клімату до аридних. Це пов'язано з меншою промитістю ґрунтів в аридних умовах, лужним середовищем, сприятливим для міграції селену, подекуди з випарною концентрацією. В насичених киснем водах районів гумідного клімату ($E_h = 280$ мВ, рН 4,7–7,1) його концентрація коливається від $< 0,1$ до n мкг/дм³, середнє значення – $0,1$ мкг/дм³ [29].

У ґрунтових водах Білорусі концентрація селену змінюється в межах 0,40–0,85 (середня – 0,53 мкг/дм³), у Чернівецькій області України в передгірській зоні становить 1,10, у горах – 0,09 мкг/дм³ [27].

В умовах аридного клімату пустелі Кизилкум вміст селену в кисневих тріщинно-ґрунтових і пластових водах коливається від $< 0,1$ до $10n$ мкг/дм³, середній коефіцієнт його водної міграції в тріщинно-ґрунтових водах – 4,97, у пластових водах – 3,31 [26]. Отже, селен належить до групи рухливих мігрантів разом із Са, Na, Mg, F, Sr, Zn, U, Mo, Au.

Значна концентрація селену у водах, пов'язаних із селеновою мінералізацією. Так, у Венесуелі його вміст у воді може сягати 1000, у біогеохімічних провінціях США – 9000 мкг/дм³ [27].

Для пластових вод артезіанських басейнів вплив клімату не настільки значний, як для ґрунтових вод. Основне значення має інтенсивність водообміну. В артезіанських водах, бідних на кисень, із запахом сірководню вміст селену < 1 мкг/дм³ (переважно 0,4–0,7 мкг/дм³). За відновних умов коефіцієнт водної міграції селену також < 1 (часто $< 0,4$), тому тут селен слаборухливий, як і U, Cu, Ni тощо.

Вміст селену в підземних водах пов'язаний із глибиною їх формування і залежить від зміни в них концентрації кисню та E_h [20]. Ґрунтові й напірні підземні води, що характеризуються високим значенням E_h , завжди здатні до акумуляції селену, проте через низький кларк цього елемента для його накопичення в підземних водах > 1 мкг/дм³ необхідне потужне джерело селену в породах. На території СНД виділено кілька гідрогеохімічних провінцій із підвищеним вмістом селену в ґрунтових і напірних

водах: Уральська, Тувинська, Алтайська, Донецька, Середньо-азійська, Молдавська, де концентрація мікроелемента в підземних водах коливається від $0,1$ до $10n$ мкг/дм³ [20, 26].

Концентрація в ґрунтових і поверхневих водах є одним із критеріїв біогеохімічного прогнозу екологічного статусу селену різних ландшафтів [30]. Так, середній вміст селену в питній воді в різних місцевостях Китаю становить $0,14$ мкг/дм³, тоді як в областях, де поширена хвороба Кешана, не перевищує $0,07$ мкг/дм³ [31]. При цьому виявлено, що селен у воді майже завжди існує у вигляді іонів Se^{6+} [32–34]. Вміст селену у складі органічних сполук тут варіював у межах $0–50$ % загальної його кількості.

Молибден. Сполуки молибдену надходять у поверхневі води внаслідок їх вилуження з екзогенних мінералів, що містять цей елемент, а також зі стічними водами збагачувальних фабрик, підприємств кольорової металургії. Його концентрація зменшується в результаті випадання в осад важкорозчинних сполук, процесів адсорбції мінеральними суспензіями та споживання рослинними водяними організмами.

Молибден у поверхневих водах міститься переважно у формі MoO_4^{2-} , можливе його існування у вигляді орґано-мінеральних комплексів. Деяке його накопичення в колоїдному стані зумовлене тим, що продукти окиснення молибденіту є пухкими тонкодисперсними речовинами.

У річкових водах концентрація молибдену коливається від $2,1$ до $10,6$ мкг/дм³, у морській воді – в середньому 10 мкг/дм³.

ГДК_в молибдену становить $0,25$ мг/дм³ [16].

Йод. Розсіяний йод вилужується природними водами з магматичних гірських порід і концентрується організмами, наприклад водоростями, а також у ґрунтах, мулі. Важливим джерелом надходження йоду в ґрунти і води є дощі, що захоплюють його з атмосфери, в яку він приноситься вітром з території морів і океанів [35]. Джерелами надходження йоду в поверхневі води є атмосферні опади, води нафтових родовищ, стічні води деяких галузей хімічної та фармацевтичної промисловості.

У річкових водах концентрація йоду становить $1–74$ мкг/дм³, в атмосферних опадах – $0–65$, у підземних водах – $0,1–3,0$ мкг/дм³.

Його вміст враховують під час санітарного оцінювання природних вод.

ГДК для цього елемента не встановлена [36].

Кобальт. У природні води сполуки кобальту надходять у результаті процесів вилуження з мідно-колчеданових та інших руд, із ґрунтів під час розкладання решток рослинних і тваринних організмів, а також зі стічними водами металургійних, металообробних і хімічних заводів.

Сполуки кобальту в природних водах містяться в розчиненому і завислому стані, кількісне співвідношення між якими визначається хімічним складом води, температурою і значенням рН. Розчинені форми представлені переважно комплексними сполуками, зокрема з органічними речовинами природних вод. У поверхневих водах містяться переважно сполуки двовалентного кобальту. За наявності окисників можливий його перехід у помітних концентраціях у тривалентний стан [14].

У річкових незабруднених і слабозабруднених водах його вміст коливається в межах $1n-100n$ мкг/дм³, середній вміст у морській воді – 0,5 мкг/дм³.

ГДК_в кобальту 0,10, ГДК_{вр} – 0,01 мг/дм³ [16].

Арсен. У природні води арсен надходить із мінеральних джерел, районів арсенистого зруднення (арсеновий колчедан, реальгар, аурипігмент), а також із зон окиснення порід поліметалевого, мідно-кобальтового і вольфрамowego типів. Деяка кількість арсену надходить із ґрунтів, у результаті розкладання решток рослинних і тваринних організмів. Споживання арсену водними організмами – одна з причин зменшення його концентрації у воді, найрізкіше виявляється в період інтенсивного розвитку планктону.

Значні кількості арсену надходять у водні об'єкти зі стічними водами збагачувальних фабрик, відходами виробництва барвників, шкіряних заводів, і підприємств із виробництва пестицидів, сільськогосподарських угідь, на яких застосовують пестициди.

У природних водах сполуки арсену знаходяться в розчиненій і завислій формах, співвідношення між якими визначається хімічним складом води і значенням рН. У розчиненій формі арсен трапляється в три- і п'ятивалентному стані, переважно у вигляді аніонів.

У річкових незабруднених водах концентрація арсену зазвичай становить кілька мікрограмів в 1 дм^3 , у мінеральних водах – може досягати $n \text{ мг/дм}^3$, у морських водах у середньому міститься 3 мкг/дм^3 , у підземних – $100n \text{ мг/дм}^3$.

ГДК_в арсену становить $0,05$, ГДК_{вр} – $0,05 \text{ мг/дм}^3$ [16].

Бор. Джерелом надходження бору в природні води є підземні води, збагачені цим елементом із боровмісних осадово-метаморфічних порід (борацит, бура, каліборит, улексит, колеманіт, ашарит). Можливе надходження зі стічними водами металургійного, машинобудівного, текстильного, керамічного, шкіряного виробництв, з побутовими стічними водами, які містять мийні речовини. Локальне забруднення ґрунту трапляється в разі розробки боровмісних руд, внесення в нього боровмісних добрив.

У природних водах бор знаходиться у вигляді іонів борних кислот. У кислих водах (рН 2–6) бор міститься переважно у формі ортоборної кислоти H_3BO_3 , яка частково дисоціює на H_2BO_3^- і BO_3^{3-} , у лужних (рН 7–11) – у формі тетра-, пента-, гекса- та інших поліборних кислот, за рН 12–14 – у формі метаборної кислоти HBO_2 . Лужні води зазвичай містять більше бору, ніж дуже тверді. Це пов'язано з тим, що натрієві солі борних кислот більш розчинні, ніж кальцієві й магнієві солі. У слабомінералізованих підземних водах концентрація бору становить $10n$ – $100n \text{ мкг/дм}^3$, у мінералізованих лужних водах – може досягати n – $10n \text{ мг/дм}^3$.

Середня концентрація бору в річкових водах – 100 мкг/дм^3 .

ГДК_в іонів B^{3+} становить $0,3$, ГДК_{вр} ортоборної кислоти H_3BO_3 – $0,1 \text{ мг/дм}^3$ [17].

Бром. Джерелом надходження бромідів можуть бути ґрунтові або підземні води, а також стічні води підприємств хімічної промисловості. Броміди лужних і лужноземельних металів (NaBr , KBr , MgBr_2) трапляються в морській воді ($0,065 \% \text{ Br}$), ропі соляних озер (до $0,2 \% \text{ Br}$), підземних розсолах, зазвичай пов'язаних із соляними і нафтовими родовищами (до $0,1 \% \text{ Br}$). Вміст броду в підземних водах зростає зі збільшенням їх мінералізації.

У прісних водах концентрації броду найнижчі – від $0,001$ до $0,2 \text{ мг/дм}^3$, порівняно багато його у водах мінеральних джерел – до 10 – 50 мг/дм^3 [35].

ГДК_в бромід-іонів становить 0,2 мг/дм³ [36].

Фтор. Колообіг фтору в природі охоплює літосферу, гідросферу, атмосферу й біосферу. Фтор міститься в поверхневих, ґрунтових, морських водах. У річкові води він надходить із порід і ґрунтів унаслідок руйнування фторовмісних мінералів (апатит, турмалін), із ґрунтовими водами та під час безпосереднього змивання поверхневим стоком. Джерелом фтору є також атмосферні опади. Підвищений його вміст трапляється в деяких типах стічних вод підприємств хімічної та металургійної промисловості (виробництво фосфорних добрив, сталі, алюмінію), у шахтних і стічних водах рудозбагачувальних фабрик.

У природних водах фтор знаходиться у вигляді фторид-іонів F⁻ та комплексних йонів [AlF₆]³⁻, [FeF₄]⁻, [FeF₅]²⁻, [FeF₆]³⁻, [CrF₆]³⁻, [TiF₆]²⁻ тощо.

Міграційна здатність фтору в природних водах залежить від вмісту в них іонів кальцію, які утворюють з іонами фтору малорозчинні сполуки (добуток розчинності фториду кальцію ДР = 4·10⁻¹¹). Значну роль відіграє режим вугільної кислоти, яка розчиняє карбонат кальцію й перетворює його на гідрокарбонат. Підвищений рівень рН сприяє збільшенню рухливості фтору.

Вміст фтору в річкових водах коливається від 0,05 до 1,9, в атмосферних опадах – від 0,05 до 0,54, підземних водах – від 0,3 до 4,6 мг/дм³, іноді досягає насичення щодо СаF₂. У термальних водах концентрація фтору в окремих випадках становить 10,0, у морських водах – близько 1,3 мг/дм³.

Фтор є стійким компонентом природних вод. Протягом року коливання його концентрації в річкових водах незначне (зазвичай не більш як у 2 рази). Фтор надходить у річки переважно з ґрунтовими водами. Концентрація фтору в паводковий період завжди нижча, ніж у межений, оскільки зменшується частка ґрунтового живлення [16].

Нікель. Вміст нікелю в природних водах визначається складом порід, крізь які проходить вода: його виявляють на територіях родовищ сульфідних мідно-нікелевих і залізо-нікелевих руд. У воду надходить із ґрунтів та в результаті розкладання відмерлих рослинних і тваринних організмів. Підвищений порівняно з ін-

шими типами водоростей вміст нікелю в синьозелених водоростях. Сполуки нікелю у водні об'єкти потрапляють також зі стічними водами цехів нікелювання, заводів синтетичного каучуку, нікелевих збагачувальних фабрик. Величезні кількості нікелю викидаються під час спалювання викопного палива.

Концентрація нікелю в природних водах може зменшуватись унаслідок випадання в осад таких сполук, як ціаніди, сульфіді, карбонати або гідроксиди (за підвищених значень рН), споживання його водяними організмами, перебігу процесів адсорбції.

У поверхневих водах сполуки нікелю знаходяться в розчиненому, завислому та колоїдному станах, кількісне співвідношення між якими залежить від складу води, температури, значення рН. Сорбентами сполук нікелю є гідроксид заліза, органічні речовини, високодисперсний карбонат кальцію, глини. Розчинні форми – переважно комплексні іони, найчастіше зв'язані з амінокислотами, гуміновими і фульвокислотами, а також існують у вигляді міцного ціанідного комплексу. У природних водах найпоширеніші сполуки нікелю, в яких він знаходиться у ступені окиснення +2. Сполуки Ni^{3+} зазвичай утворюються в лужному середовищі.

У річкових незабруднених і слабозабруднених водах концентрація нікелю коливається від 0,8 до 10, у забруднених – до 10 *n* мкг/дм³. Середня концентрація нікелю в морській воді – 2 мкг/дм³, у підземних водах – *n* мкг/дм³. У підземних водах, що омивають нікелевмісні гірські породи, його концентрація інколи зростає до 20 мкг/дм³ [14, 19, 36].

ГДК_в нікелю становить 0,1, ГДК_{пр} – 0,01 мкг/дм³ [16].

Ванадій. Ванадій знаходиться переважно в розсіяному стані, виявляється в залізняку, нафтах, асфальтах, бітумах, горючих сланцях, вугіллі тощо. Одним із головних джерел забруднення природних вод ванадієм є нафта та продукти її переробки.

У природних водах трапляється в дуже малих концентраціях: у річковій воді – 0,2–4,5, у морській – в середньому 2 мкг/дм³.

У воді утворює стійкі аніонні комплекси $[V_4O_{12}]^{4-}$, $[V_{10}O_{26}]^{6-}$. У міграції ванадію істотну роль відіграють його розчинні комплексні сполуки з органічними речовинами, особливо з гумусовими кислотами [11, 35].

ГДК_в ванадію становить 0,1, ГДК_{вр} – 0,001 мг/дм³ [16].

Алюміній. Джерелами надходження алюмінію в природні води є часткове розчинення глин і алюмосилікатів, атмосферні опади, виробничі стічні води.

У природних водах алюміній міститься в іонному, колоїдному і завислому станах. Його міграційна здатність невисока. Утворює доволі стійкі комплекси, зокрема органо-мінеральні, що знаходяться у воді в розчиненому або колоїдному стані.

Одна з найпоширеніших сполук алюмінію – боксит $\text{Al}(\text{OH})_3$, розчинність якого залежить від значення рН. За $\text{pH} < 4,5$ у розчині переважають іони Al^{3+} , за $\text{pH} 5-6$ – іони $\text{Al}(\text{OH})_2^+$, за $\text{pH} > 7$ – іони $\text{Al}(\text{OH})_4^-$.

Концентрація алюмінію в поверхневих водах зазвичай коливається в межах 10л–100л мкг/дм³, у кислих водах інколи досягає кількох грамів в 1 дм³.

ГДК_в алюмінію становить 0,5 мг/дм³ [16].

Кадмій. У природні води надходить унаслідок вилуження ґрунтів, поліметалевих і мідних руд, розкладання відмерлих водних організмів, здатних його накопичувати. Сполуки кадмію виносяться в поверхневі води зі стічними водами свинцево-цинкових заводів, рудозбагачувальних фабрик, хімічних підприємств (виробництво сульфатної кислоти), гальванічного виробництва, а також із шахтними водами. Концентрація розчинних сполук кадмію зменшується внаслідок перебігу процесів сорбції, випадання в осад гідроксиду і карбонату кадмію та споживання їх водними організмами.

Розчинні форми кадмію в природних водах – це мінеральні та органо-мінеральні комплекси. Основною завислою формою кадмію є його сорбовані сполуки. Значна частина кадмію може мігрувати у складі клітин гідробіонтів.

У річкових незабруднених і слабозабруднених водах концентрація кадмію становить n мкг/дм³, у забруднених і стічних – може досягати 10л мкг/дм³.

ГДК_в кадмію становить 1,0, ГДК_{вр} – 0,5 мкг/дм³ [16].

Свинець. Природними джерелами надходження свинцю в поверхневі води є процеси розчинення ендегенних (галеніт) та ек-

зогенних (англезит, церусит тощо) мінералів. Значне підвищення концентрації свинцю в поверхневих водах пов'язане зі спалюванням вугілля, використанням тетраетилсвинцю як антидетонатора в моторному паливі, з винесенням його у водні об'єкти зі стічними водами рудозбагачувальних фабрик, деяких металургійних заводів, хімічних виробництв, шахт тощо. Зменшується концентрація свинцю у воді в разі його адсорбції завислими речовинами й осадження з ними в донні відклади. Свинець накопичується гідробіонтами.

У природних водах він міститься в розчиненому й завислому (сорбованому) станах. У розчинній формі трапляється у вигляді мінеральних та органо-мінеральних комплексів, а також простих іонів, у нерозчинній – переважно у вигляді сульфідів, сульфатів, карбонатів.

У річкових водах концентрація свинцю коливається від десятих часток до одиниць мікрограма в 1 дм^3 . Навіть у воді водних об'єктів, прилеглих до районів поліметалевих руд, його концентрація рідко досягає $10n \text{ мг/дм}^3$. Лише у хлоридних термальних водах інколи трапляються його скупчення в $n \text{ мг/дм}^3$.

ГДК_в свинцю становить 0,03, ГДК_{вр} – $0,10 \text{ мг/дм}^3$ [16].

Ртуть. У поверхневій воді сполуки ртуті надходять внаслідок вилуження порід у районі ртутних родовищ (кіновар, метацинабарит, лівінгстоніт), у процесі розкладання відмерлих водяних організмів, здатних накопичувати ртуть. Значні кількості цього металу надходять у водні об'єкти зі стічними водами підприємств із виробництва барвників, пестицидів, фармацевтичних засобів, вибухових речовин тощо. Теплові електростанції, що працюють на вугіллі, викидають в атмосферу значні кількості сполук ртуті, яка з мокрими і сухими опадами потрапляє у водні об'єкти.

Концентрація розчинних сполук ртуті зменшується в результаті накопичення її морськими і прісноводними організмами в кількостях, які у багато разів перевищують її вміст у воді, а також процесів адсорбції завислими речовинами і донними відкладами.

У поверхневих водах сполуки ртуті знаходяться в розчиненому і завислому станах. Співвідношення між ними залежить від

хімічного складу води та значення рН. Ртуть у завислому стані – це її сорбовані сполуки. Розчинними формами є недисоційовані молекули, комплексні органічні й мінеральні сполуки. У воді водних об'єктів вона може знаходитися у вигляді метилртутних сполук.

Вміст ртуті в річкових незабруднених і слабозабруднених водах – $0,1$ мкг/дм³, середня її концентрація в морській воді – $0,03$, у підземних водах – $1-3$ мкг/дм³.

ГДК_в ртуті становить $0,5$, ГДК_{вр} – $0,1$ мкг/дм³ [16].

Бісмут. Природними джерелами надходження бісмуту в природні води є процеси вилуження бісмутувмісних мінералів. Він потрапляє в природні води також зі стічними водами фармацевтичних і парфумерних виробництв тощо.

У незабруднених поверхневих водах вміст бісмуту близько 1 мкг/дм³. Найвища виявлена його концентрація в підземних водах – 20 , у морських – $0,02$ мкг/дм³ [14].

ГДК_в бісмуту становить $0,1$ мг/дм³ [16].

Стронцій. Джерелом надходження стронцію в природні води є гірські породи, найбільші його кількості містяться у гіпсоносних відкладах.

Низьку концентрацію стронцію в природних водах пояснюють слабкою розчинністю його сульфатних сполук (розчинність SrSO₄ за 18 °C 114 мг/дм³). У прісних водах його концентрація зазвичай значно нижча за 1 мг/дм³.

ГДК_в стронцію становить 7 мг/дм³ [16].

Стибій. Надходить у поверхневі води внаслідок вилуження його мінералів (стибніт, сенармонтит, валентиніт, сервантит та ін.) та зі стічними водами гумових, фарбувальних підприємств тощо.

У природних водах сполуки стибію містяться в розчиненому й завислому станах. За окисно-відновних умов, характерних для поверхневих вод, можливе його існування у три- і п'ятивалентному стані.

У незабруднених поверхневих водах вміст стибію знаходиться в межах 1 мкг/дм³, у морській воді – $0,5$, у підземних водах – 10 мкг/дм³ [14].

ГДК_в стибію становить 0,05, ГДК_{вр} – 0,01 мг/дм³ [16].

Титан. Сполуки титану в природні води надходять у результаті перебігу процесів вивітрювання титанових руд (ільменіт, перовскіт, лопарит, сфен) та зі стічними водами підприємств металургійної і металообробної промисловості, виробництва титанового біліла тощо. В природних водах міститься у вигляді різноманітних мінеральних і органічних комплексних сполук, трапляються колоїди гідроксиду титану.

У незабруднених поверхневих водах знаходиться в мікрограмових концентраціях, у підземних – його вміст зазвичай коливається в межах $n-10n$ мкг/дм³, у морській воді – до 1 мкг/дм³ [14].

ГДК_в титану становить 0,1 мг/дм³ [16].

Олово. У природні води надходить у результаті перебігу процесів вилуження олововамісних мінералів (каситерит, станин), а також зі стічними водами різних виробництв (фарбування тканин, синтез органічних барвників, виробництво олововамісних сплавів тощо).

У незабруднених поверхневих водах олово міститься в мікрограмових концентраціях, у підземних воно досягає n мкг/дм³ [14].

ГДК_в олова становить 2 мг/дм³ [36].

Срібло. Джерелами надходження срібла в поверхневі води є підземні води та стічні води рудників, збагачувальних фабрик тощо. Підвищений вміст срібла пов'язаний також із застосуванням бактерицидних та альгіцидних препаратів.

У стічних водах міститься в розчиненому й завислому станах, переважно у формі галоїдних солей.

У незабруднених поверхневих водах його концентрація досягає n мкг/дм³, у підземних – коливається від n до $10n$ мкг/дм³, у морських – в середньому 0,3 мкг/дм³.

ГДК_в срібла становить 0,05 мг/дм³ [16].

2.5. Чинники екологічної небезпеки підземної гідросфери

Серед сукупності чинників екологічного неблагополуччя гідросфери можна виділити три групи, що різняться як за масшта-

бами, так і за ступенем впливу на гідросферу: 1) фізико-хімічні чинники; 2) хімічні токсичні речовини; 3) хімічні необхідні сполуки.

Фізико-хімічні чинники – це теплове забруднення водою, збільшення каламутності природних вод, зміна швидкості течії в поверхневих водних об'єктах.

Найпотужнішим джерелом теплового забруднення водою є атомні електростанції.

Стічні води від кар'єрів і каменоломень, що надходять у водні об'єкти, значно збільшують каламутність природних вод. Унаслідок цього в них гірше проникає світло, зменшується концентрація розчиненого у воді водою кисню тощо. Донні організми вкриваються шаром осаду і гинуть.

Будівництво гідротехнічних споруд спричинює зміну швидкості течії річок. Так, звуження річки призводить до порушення екологічної рівноваги, збільшення швидкості течії, внаслідок чого гине багато тваринних і рослинних організмів. І навпаки, через зарегулювання стоку річок у зв'язку з будівництвом гідроелектростанцій швидкість течії уповільнюється, концентрація біогенних елементів у воді збільшується. Це супроводжується масовим розвитком фітопланктону – динофлагелятів *Gonyaulax*, *Peridinium*, синьозелених водоростей роду *Anabaena* тощо.

Токсин фітопланктону *Gonyaulax* – сакситоксин – виділений із морських і прісноводних мікроводоростей, є дигуанідиновим похідним із жорстким трициклічним скелетом і гідратованою 12-карбонільною групою в піролідиновому кільці (рис. 2.14). За біологічною дією належить до блокаторів натрієвих каналів електробуджених мембран нервових і м'язових клітин. Із прісноводної водорості *Anabaena* виділено анатоксин А, будову якого встановлено рентгеноструктурним аналізом (рис. 2.15). Це сильний нейротоксин, великі дози якого спричинюють швидко смерть організму (2–7 хв).

За масового розвитку синьозелених водоростей ці організми були причиною випадків масового отруєння водяних тварин і птахів. Окремі спалахи шлунково-кишкових захворювань із неві-

домою етіологією також пов'язані з масовим розвитком у водоймах синьозелених водоростей.

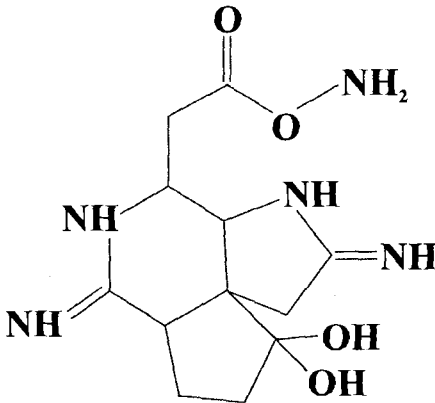


Рис. 2.14. Структурна формула сакситоксину

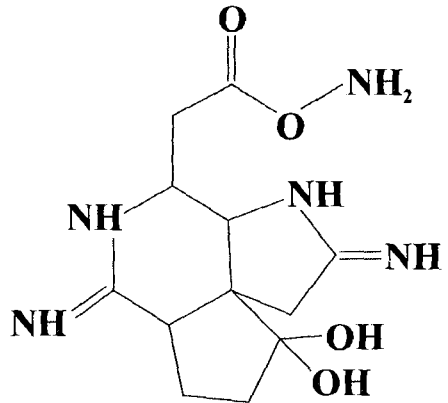


Рис. 2.15. Структурна формула анатоксину А

Хімічні токсичні речовини – це більшість речовин, що забруднюють гідросферу (важкі метали, ціаністі сполуки, вуглеводні тощо), є інгібіторами численних процесів у живих організмах. Вони пригнічують життєдіяльність водяних організмів, тому на великих ділянках річок процеси самоочищення відбуваються дуже повільно або не відбуваються зовсім.

Хімічні необхідні сполуки – це добрива, які потрапили у водойми в результаті змиву із сільськогосподарських полів, а також фосфати, що містяться в мийних засобах, пральних порошках тощо. Ці компоненти є джерелом біогенних елементів, насичують ними воду, що підвищує біологічну продуктивність водойм (евтрофікація). Подальший розвиток синьозелених водоростей супроводжується порушенням екологічної рівноваги й поступовим заболочуванням водойм, тобто їх загибеллю.

2.6. Джерела екологічної небезпеки підземної гідросфери

Усі процеси в біосфері тісно пов'язані між собою, тому екологічний стан гідросфери безпосередньо залежить від стану ат-

мосфери і літосфери. Забруднювальні речовини атмосфери і літосфери врешті-решт потрапляють у воду, й отже, впливають на всі живі організми, які не можуть існувати без неї [37].

Вплив атмосфери. Склад атмосферних опадів залежить від стану атмосфери. Одна крапля дощу масою 50 мг, що падає з висоти 1 км, омиває 16 л повітря. Отже, 1 л дощової води контактує з $3,2 \cdot 10^5$ л повітря. Звідси випливає, що забруднювальні речовини легко вимиватимуться з повітря. Прикладом цього є кислотні дощі. Вода, що утворилась унаслідок конденсації водяної пари, є нейтральною (рН 7). Проте навіть у найчистішому повітрі міститься вуглекислий газ. Дощова вода розчиняє його і підкислюється до рН 5,6–5,7. Унаслідок розчинення оксидів сірки й азоту рівень рН дощової води знижується ще більше.

Вплив літосфери. У процесі колообігу природна вода контактує з різними мінералами, розчиняє значну кількість гідрофільних інгредієнтів, до яких належать вісім основних іонів: хлориди, сульфати, гідрокарбонати, карбонати, натрій, калій, магній, водень. Відомо, що без мікро- та макроелементів життя неможливе. Однак, з іншого боку, між твердістю води і захворюваннями серцево-судинної системи існує зворотна кореляція.

Нафтопереробна промисловість. Стічні води нафтопереробних підприємств зазвичай містять нафту, нафтопродукти, феноли, сполуки сірки тощо.

Підприємства хімічної промисловості. Головними забруднювачами є синтетичні поверхнево-активні сполуки (детергенти), що входять до складу стічних вод. Вони ускладнюють роботу очисних споруд водовідведення, викликають піноутворення, що спричинює винесення активного мулу зі споруд біологічного очищення. Деякі сполуки зменшують вміст розчиненого у воді кисню, інгібують метаболічні процеси в активному мулі.

Машинобудівні підприємства. У стічних водах цих підприємств зазвичай містяться нерозчинні мінеральні речовини, нафтопродукти, хром, цинк, мідь, свинець, ціаніди, феноли, масла.

Сільське господарство. Активне ведення сільського господарства пов'язане з використанням мінеральних та органічних добрив, скиданням недостатньо очищених стічних вод ферм,

свинарників, пташників у поверхневій водойми. Наприклад, комплекс для відгодівлі 10 тис. голів худоби дає таку ж кількість стічних вод, як і місто з населенням 100 тис. осіб.

Підприємства харчової промисловості. Стічні води винних і дріжджових заводів, молокозаводів, кондитерських фабрик тощо містять значну кількість біогенних елементів. Недостатнє очищення таких вод призводить до евтрофікації (збагачення біогенними елементами) водойм.

2.6.1. Радіоактивне забруднення водного фонду внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС (із використанням матеріалів Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту [38])

Радіоактивне забруднення поверхневих вод. Після аварії на Чорнобильській АЕС усі компоненти довкілля зазнали потужного впливу радіоактивного забруднення, радіоактивні елементи поширились на значні території Європи, більшість із них осіла в басейнах річок Прип'ять, Дніпро. Найбільша кількість радіонуклідів потрапила на поверхню водозборів й у водні об'єкти зони відчуження ЧАЕС, які піддавалися вимиванню і змиву в річки, озера після кожного дощу і сніготанення.

Водні ресурси річок басейну Дніпра та його водосховищ споживають близько 30 млн мешканців України, що визначає важливість оцінювання вмісту радіонуклідів у поверхневих водах. Водосховища дніпровського каскаду забруднювались унаслідок осідання на водну поверхню радіоактивних аерозолів, їх транспортування з водними потоками. З часом радіонукліди накопичувались у донних відкладах.

Протягом перших післяаварійних тижнів у річках Прип'ять, Тетерів, Ірпінь, Дніпро рівні забруднення вод перевищували санітарно допустимі норми у десятки і сотні разів [39].

Через деякий період основними компонентами радіоактивного забруднення водних екосистем стали відносно довгоіснуючі радіонукліди ^{137}Cs , ^{90}Sr (рис. 2.16). Джерелами вторинного надходження радіонуклідів у дніпровську водну систему внаслідок

природних процесів транспорту вод є забруднені території заплави р. Прип'ять у зоні відчуження ЧАЕС, фільтраційні стоки з водойм і підтоплених територій.

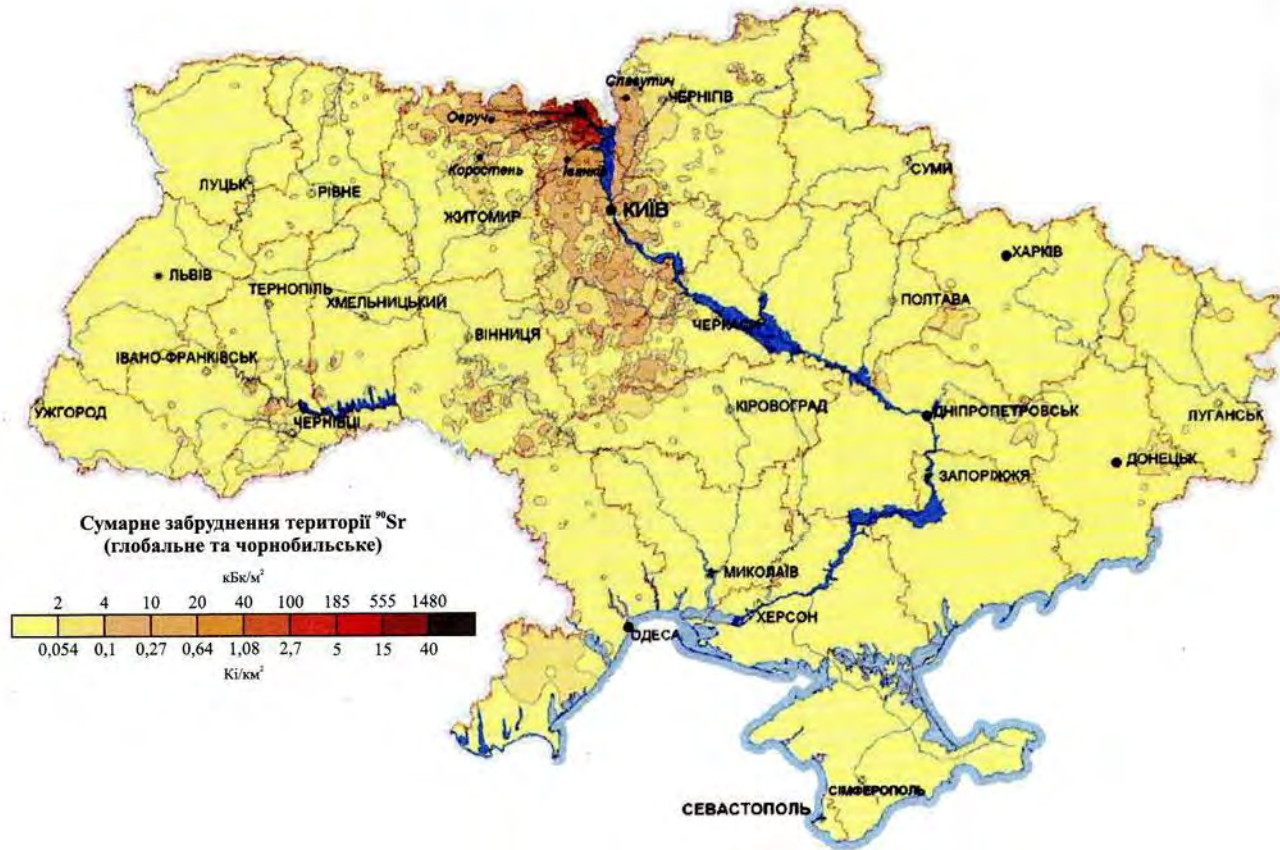
Особливий вид радіоактивного забруднення довкілля – поверхневий стік, що є домінуючим чинником поширення радіоактивних забруднювальних речовин на значні території за межі зони відчуження ЧАЕС і чинником забруднення поверхневих вод. Однак щорічне зменшення кількості радіонуклідів унаслідок природного змиву з поверхні забруднених ґрунтів становить лише 1 % загальної їх кількості в басейнах річок, тому процеси природного сніготанення і дощі за 25 років після аварії істотно не зменшили загальну кількість радіонуклідів на водозбірних територіях і не спричинили значного вторинного забруднення водних систем.

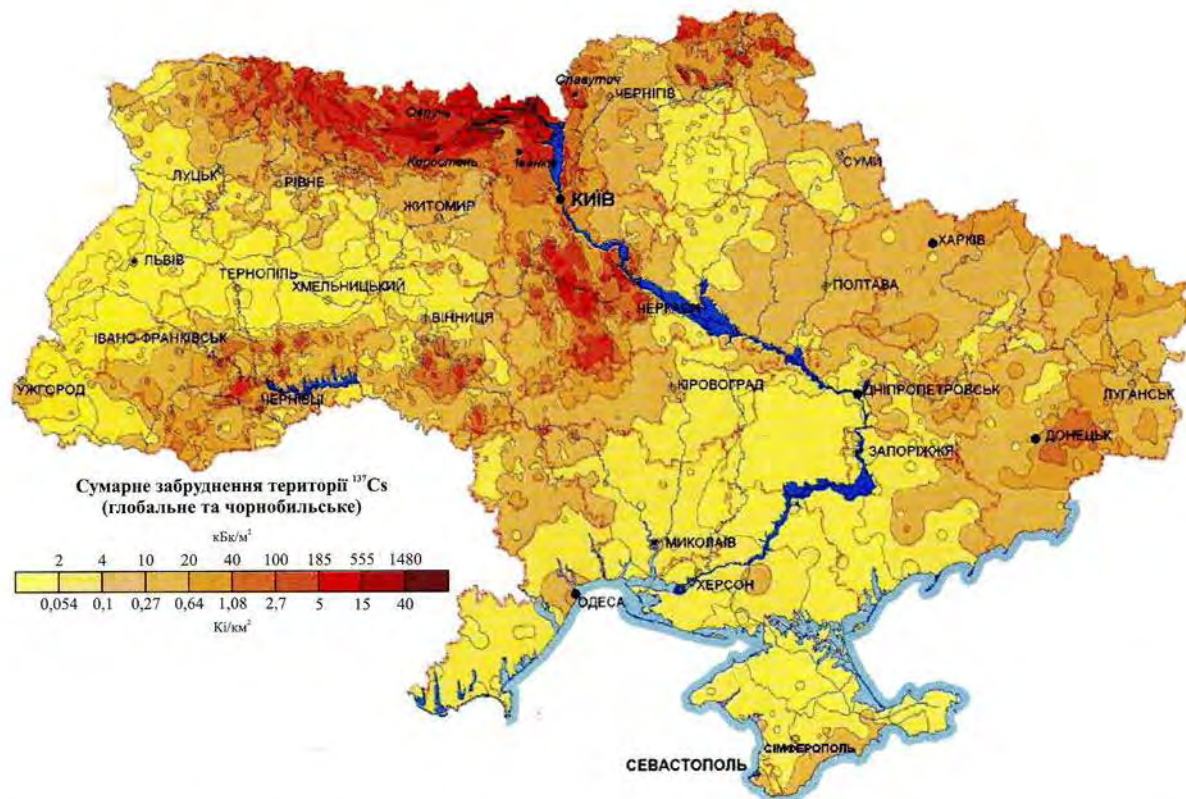
Річка Прип'ять – найбільший водний об'єкт зони відчуження. Через потужне радіонуклідне забруднення водозбірних територій вона відіграє виняткову роль у перенесенні (міграції) радіонуклідів за межі зони відчуження. У 2008 р. вміст ^{90}Sr і ^{137}Cs у воді р. Прип'ять був у десятки разів нижчим за допустимий їх вміст у питній воді (2 Бк/дм³), у водоймі-охолоднику ЧАЕС знаходився в межах норми.

Найвищий рівень забруднення дніпровських вод ^{90}Sr зафіксовано у 1999 р., що було зумовлено процесами затоплення забруднених заплав р. Прип'ять у ближній зоні ЧАЕС в умовах недобудованої другої з водоохоронних протиповеневих дамб на правому березі річки (О.В. Войцехович, 2001). Із 2003 р. після завершення її будівництва вірогідність підтоплення найбільш забруднених територій зони ЧАЕС істотно зменшилась.

Нині вміст ^{137}Cs і ^{90}Sr у поверхневих водах України (за винятком зони відчуження) в десятки разів нижчий за допустимий.

Радіоактивне забруднення озер і водосховищ. Найбільш забрудненими озерами зони відчуження є закриті водойми на забруднених ділянках заплав річок (оз. Глибоке), водойма-охолодник ЧАЕС, а також штучні водойми, що утворились на забруднених територіях унаслідок будівництва гідротехнічних споруд або неефективної роботи дренажних систем на підтоплених територіях (у басейні р. Сахан, урочищі Родвіно тощо).





б

Рис. 2.16. Забруднення території України ^{90}Sr (а) і ^{137}Cs (б) після аварії на Чорнобильській АЕС станом на 2006 р.

Водойма-охолодник ЧАЕС – найбільша із замкнених водойм (площа понад 22 км², об'єм води – близько 150 млн м³), що була забруднена радіоактивними випаданнями під час аварії, а також скидами з об'єктів промайданчика ЧАЕС. У водоймі (переважно у донних відкладах) накопичено близько 288 Бк ¹³⁷Cs, 42,5 ⁹⁰Sr, 0,74 ТБк ²³⁹Pu + ²⁴⁰Pu (рис. 2.17).

Радіонуклід ⁹⁰Sr надходить у р. Прип'ять із водойми внаслідок інфільтрації, його кількість становить кілька відсотків стоку річкою за останні роки. Загальний вміст ⁹⁰Sr у водоймі 1–2 Бк/дм³. Сезонні коливання вмісту ¹³⁷Cs у водоймі є результатом зміни біомаси фітопланктону відповідно до його сезонної динаміки [40].

Стан водойми і варіанти застосування різних стратегій щодо спуску і реабілітаційних заходів на водоймі-охолоднику ЧАЕС розглянуто в рамках проектів міжнародного співробітництва [40, 41].

Результати проектів використовують для планування оптимального і безпечного керування водоймою в зоні відчуження ЧАЕС. Регулярні спостереження за трансформуванням радіоактивного забруднення у водоймі проводять служби моніторингу державного спеціалізованого науково-виробничого підприємства «Чорнобильський радіоекологічний центр».

Домінуючими радіонуклідами у водних масах каскаду дніпровських водосховищ є ⁹⁰Sr, зі спектра чорнобильських радіонуклідів у донних відкладах – ¹³⁷Cs. Зменшення кількості радіонуклідів у водосховищах у результаті фізичного розпаду й винесення їх у Чорне море частково компенсується надходженням радіоактивних речовин із водозбірної площі басейну з річковим стоком.

Через активні процеси осадонакопичення у водосховища нижньої течії Дніпра потрапляє незначна кількість ¹³⁷Cs. Концентрація ⁹⁰Sr зменшується уздовж дніпровської водної системи на відстані від зони ЧАЕС усього на 30–40 % переважно внаслідок розбавлення водами незабруднених приток і досягає Чорного моря без істотного накопичення у донних відкладах.

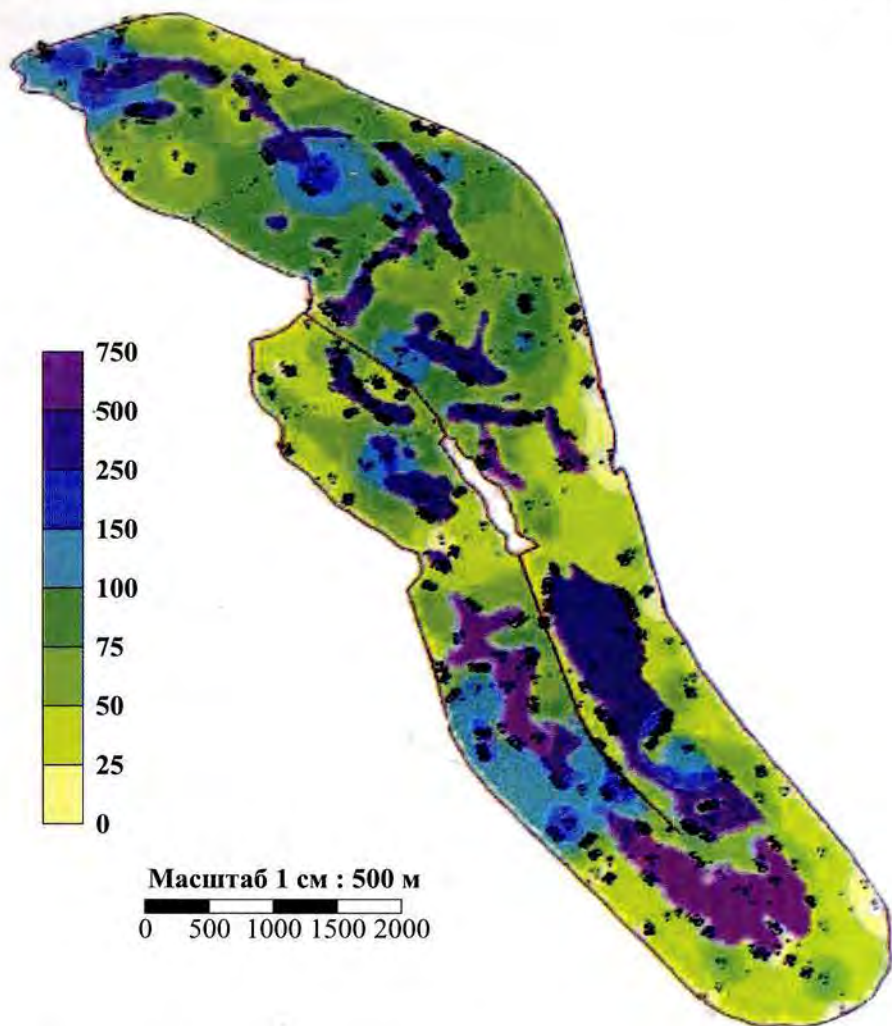


Рис. 2.17. Розподіл ^{137}Cs у донних відкладах водойми-охолодника Чорнобильської АЕС станом на 2003 р.

Забруднення радіонуклідами морських екосистем. За висновками провідних експертів чорноморських країн абсолютна кількість радіонуклідів, що потрапила в море, практично була доволі малою і не спричинила жодних екологічно значущих ефектів [42]. Згідно з результатами досліджень УкрНДГМІ [43], за роки

після аварії додаткове привнесення радіонуклідів із річковими водами було незначним порівняно з початковим їх забрудненням унаслідок осідання з атмосферними опадами. На сьогодні вміст радіонуклідів у морі зменшується в результаті їх фізичного розпаду й часткового перенесення у глибоководні шари. Переважна більшість радіоактивних речовин, що потрапили у 1986 р., зосереджена у верхньому 0–200 м шарі Чорного моря. В Азовському морі радіонукліди розподілені в акваторії рівномірно, а їх вміст у донних відкладах трохи вищий від дочорнобильського фону. Завдяки високому вмісту конкуруючих іонів у солоній морській воді накопичення радіонуклідів чорнобильського походження у гідробіонтах Чорного моря істотно нижчий, ніж у прісноводних системах.

Забруднення радіонуклідами підземних вод. Згідно з результатами досліджень проб підземних вод, загалом рівні забруднення підземних вод за винятком ділянок облаштування і впливу пунктів захоронення радіоактивних відходів, впливу фільтраційних стоків із забруднених водойм і проммайданчика ЧАЕС відносно низькі: від 0,1 і менше до 1,0 Бк/дм³ для ¹³⁷Cs і від 1 до 10 Бк/дм³ для ⁹⁰Sr на найбільш забруднених територіях зони відчуження.

Швидкість поширення ореолу забруднених підземних вод у напрямку їх розвантаження в річки дуже мала навіть для радіостронцію [44]. Загалом для зони відчуження і прилеглих територій забруднення підземних вод не призвело до катастрофічних наслідків, як це передбачалось у найконсервативніших прогнозах протягом перших років після аварії. Зокрема, за експертними оцінками [45], в разі повернення місцевого населення в села зони відчуження із гіпотетичним використанням колодязної води та води із забруднених горизонтів для питного водопостачання дози його опромінення порівняно із чинниками зовнішнього опромінення й дозами від споживання місцевих продуктів харчування залишатимуться доволі низькими. Крім того, доведено, що інтегральний стік радіонуклідів унаслідок розвантаження підземних вод у річки є і залишатиметься відносно низьким порівняно із надходженням радіонуклідів з поверхневим стоком і не створить

істотних радіаційних ризиків для населення України, що проживає за межами зони відчуження ЧАЕС.

Високі рівні забруднення вод, а в деяких випадках такі, що в десятки і сотні разів перевищують ГДК для вод питного призначення, виявлено тільки у межах сховищ безпосереднього захоронення радіоактивних відходів, які були споруджені без спеціальних протифільтраційних геохімічних чи інших інженерних бар'єрів. Винятком є також деякі специфічні ділянки території з чітко вираженими депресійними морфологічними формами рельєфу [44].

Темпи поширення радіонуклідів можуть бути істотно вищими за середні для території, але й вони помітно не вплинуть на загальну картину. Горизонтальні потоки радіонуклідів дуже незначні, оскільки їх перенесення підземними водами сповільнюється чинниками геохімічного затримання в результаті сорбції на мінеральних часточках ґрунтів. Дослідженнями [45, 46] доведено, що навіть найрухливіші форми радіонуклідів стронцію в потоці з підземними водами зможуть досягти зони розвантаження в річку Прип'ять не раніше як через 50, а то й через 100 років відтепер. Деталізовані результати прогнозування стану забруднення підземних вод радіонуклідами розглянуто також в узагальнювальній монографії [44].

Отже, стосовно впливу радіоактивного забруднення на водний фонд можна зробити такі висновки.

1. Водні шляхи перенесення радіонуклідів поза межі санітарно-захисної зони відчуження навколо ЧАЕС незначно впливали на формування дози опромінення населення, що проживає у зоні користування водою р. Дніпро.

2. Головним чинником розширення зони впливу наслідків аварії залишатиметься водний стік радіоактивних елементів (переважно ^{90}Sr), тому найефективнішими засобами його регулювання є протиповеневі споруди (дамби на заплаві річки), що обмежують контакт забруднених ґрунтів із водними потоками.

3. Загалом внесок інтегрального стоку підземних вод у річки зони відчуження незначний і не створює великого ризику опромінення населення в зоні водокористування поза межами зони

відчуження ЧАЕС. Однак у разі підтоплення або затоплення місць облаштування тимчасової локалізації радіоактивних відходів внесок радіоактивно забруднених стоків у дніпровську водну систему може істотно збільшитись, тому регулювання водного режиму на радіоактивно забруднених територіях є актуальним завданням водоохоронного втручання.

4. Водні об'єкти зони відчуження ЧАЕС мають знаходитись під особливим регулювальним контролем, оскільки є джерелами надходження радіонуклідів у навколишнє середовище. На них необхідно продовжувати спостереження, вдосконалювати систему радіаційного моніторингу, зокрема моніторингу забруднення біологічних об'єктів.

5. Слід обрунтувати і впровадити засади оптимального водокористування й керувати водозбірними територіями, виходячи із принципів поточної та перспективної діяльності у зоні ЧАЕС, а також дотримання загальноекологічної стратегії природокористування, утримання зони ЧАЕС як території з особливим статусом, але такої, що водними шляхами поєднується з прилеглими водозбірними площами басейну р. Прип'ять і водогосподарським комплексом дніпровської водної системи.

2.7. Дія підземної гідросфери на людину

Вода у житті людини відіграє надзвичайно важливу роль. Життя зародилося у воді, і саме вона є основою внутрішнього середовища тваринних і рослинних організмів. Проте вода в організмі міститься не лише в рідинах. Наприклад, кістки скелета містять 22 %, печінка – 70, а сіра речовина мозку – 86 % води. З віком кількість води в організмі зменшується.

Вода – найважливіший компонент усіх клітин, основа міжклітинної рідини, плазми і лімфи; її маса становить близько 65–70 % маси тіла людини. У клітинах вода є розчинником неорганічних та органічних сполук, бере участь у багатьох хімічних реакціях, що відбуваються у водних розчинах. Щодоби організм людини втрачає велику кількість води із сечею, потом і повітрям, що видихається. Тому людина поповнює її запаси напоями і їжею. Деяка кількість води утворюється внаслідок розщеплення речовин їжі (насамперед

жирів). Добова потреба людини у воді – 2,5–3,0 л, проте залежно від умов зовнішнього середовища вона може змінюватись.

Шляхи впливу. Організм людини контактує зі складовими гідросфери через верхні дихальні шляхи, шлунково-кишковий тракт і шкіру.

Верхні дихальні шляхи – найменш вивчені. Механізм їх дії полягає в тому, що в насиченому водяною парою повітрі (туман, смог) у найдрібніших краплях води розчиняються різні токсичні домішки і гази. Альвеоли легенів мають величезну всмоктувальну поверхню, тому шкідливі домішки впливають насамперед на цей орган і зумовлюють його патологію. Через велике коло кровообігу вони потрапляють всередину організму. При цьому обминається найпотужніший фільтр людського організму, де відбувається детоксикація ксенобіотиків – печінка.

Шлунково-кишковий тракт. Значна частина води, що надходить в організм у вільному стані, всмоктується в дванадцятипалій кишці, порожній кишці та шлунку. За незадовільної якості води у джерелах водопостачання насамперед уражується шлунково-кишковий тракт, що спричинює розвиток гастроентеритів.

Шкірні покриви. Під час купання шкіра людини тісно контактує з водою, тому в екологічно неблагополучних водоймах в організм людини можуть потрапити найпростіші, бактерії, гельмінти і комахи, які живуть і розмножуються у водному середовищі, та спричинити інфікування.

Згідно з класифікацією ВООЗ, існує п'ять груп захворювань, пов'язаних з екологічним станом гідросфери:

- від зараженої води (тиф, холера, дизентерія, поліомієліт, гепатит);
- шкіри та слизових оболонок (трахома, проказа);
- викликані молюсками (шистосомоз, ришта);
- спричинені комахами, які живуть і розмножуються у воді (малярія, жовта лихоманка);
- від забрудненої води.

За даними Світового банку, близько 1,2 млрд людей у світі споживають екологічно неблагополучну воду. З її екологічним неблагополуччям пов'язують багато захворювань людини. Роз-

глянемо докладно, які основні компоненти можуть міститися в питній воді, яку патологію вони можуть викликати та яких заходів слід вжити для зменшення їх негативного впливу.

2.7.1. Неорганічні контамінанти

Нітрати. Ці забруднювальні сполуки потрапляють у питну воду переважно внаслідок інтенсивного застосування в сільському господарстві азотних та органічних добрив.

Свинець. Наявний у воді свинець має антропогенне походження.

Питна вода в Європі містить у середньому $0,03 \text{ мг/дм}^3$ свинцю [47]. Надмір свинцю виявляється у кістковій тканині й крові матерів. Близько 8 % свинцю, що надходить в організм, всмоктується у шлунково-кишковому тракті. Організм дитини здатний резорбувати близько половини цього елемента, після чого він з'єднується з гемоглобіном крові і швидко розноситься по всьому організму. Середній вміст свинцю в тілі жителів європейських країн: у крові – $0,3 \text{ мкг/мл}$, сечі – $0,03 \text{ мкг/мл}$, тканині мозку – $0,1 \text{ мг/кг}$, нирках – $0,8$, печінці – $1,0$, кістковій тканині – до 20 мг/кг .

У кістковій тканині й зубах він утворює важкорозчинну сполуку фосфат свинцю. Біологічний період напіввиведення цього елемента з кісток становить 30 років, у зв'язку з цим у кістках сучасної людини його в $700\text{--}1200$ разів більше, ніж у людини, яка жила 1600 років тому.

З організму свинець виводиться переважно через нирки (75 %) і шлунково-кишковий тракт (15 %). У волоссі, нігтях може накопичуватись до 10 % наявного в організмі свинцю.

За хронічного впливу цей елемент пошкоджує гематопоетичну систему. Він знижує активність ферменту δ -амінолевулінатдегідратази (δ -АЛДаз), яка перетворює δ -амінолевулінову кислоту (δ -АЛК) на порфобіліноген (рис. 2.18). Концентрація δ -АЛК у крові й відповідно в сечі підвищується (важливий діагностичний параметр!) і досягає $0,3 \text{ мкг } \delta\text{-АЛК/мл}$ сечі, що свідчить про інтоксикацію свинцем. Сповільнення дії інших ферментів – корпогенази і ферохелатази – призводить до збільшення в сечі кон-

центрації корпорпорфіриногену III (речовина-барвник коричневого кольору, що надає шкірі субіктеричного забарвлення) і протопорфірину в еритроцитах. Інгибування процесу включення в гемоглобін заліза призводить до гіпохромної анемії.

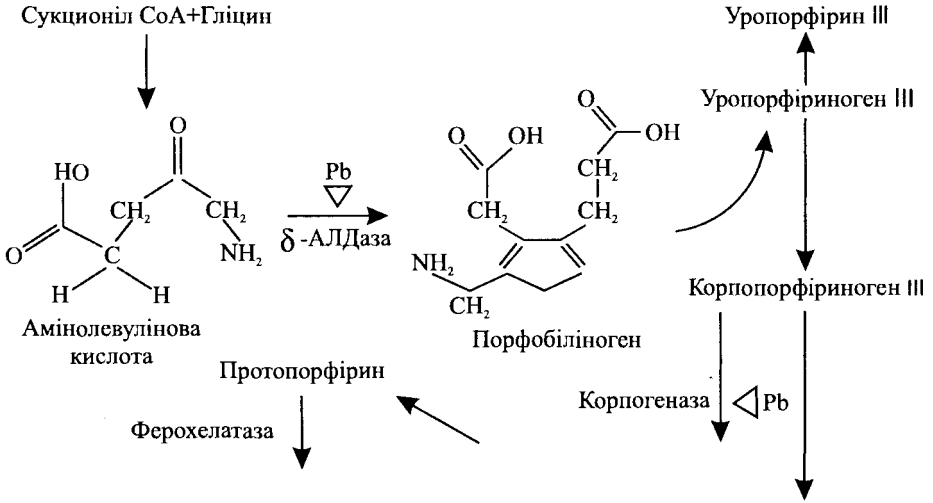


Рис. 2.18. Механізм дії свинцю на обмін хромопротеїнів

Ранніми специфічними й об'єктивними ознаками хронічного сатурнізму (підвищеного вмісту в організмі свинцю) є: концентрація цього важкого металу в крові понад 0,4 мг/дм³; вміст гематопорфірину в сечі понад 0,1 мг/дм³; зниження активності δ -АЛДази в крові і збільшення вмісту δ -АЛК у сечі.

При цьому в організмі відбуваються такі послідовні зміни:

- пригнічення δ -АЛДази еритроцитів;
- підвищення вмісту протопорфірину еритроцитів;
- збільшення екскреції з сечею δ -амінолевулінової кислоти та корпорпорфірину;
- інгибування активності Na^+ - K^+ -АТФази;
- зниження рівня гемоглобіну.

Інтоксикація людей з групи підвищеного ризику може виникати за концентрації свинцю в крові 0,25–0,30 мг/дм³. Його вміст в організмі людини починає швидко збільшуватись, якщо надхо-

дження металу перевищує 0,005 мг/кг маси тіла (для дорослої людини добова доза – 0,3 мг).

Свинець небезпечний для людей різного віку, особливо для дітей та вагітних жінок. Прояви його впливу різні й залежать від концентрації в організмі (рис. 2.19). Накопичення свинцю призводить до передчасних пологів, зменшення маси тіла дитини при народженні, гальмування її розумового і фізичного розвитку.

У механізмі токсичної дії свинцю значну роль відіграє лактат свинцю, що утворюється в м'язах у результаті взаємодії свинцю з молочною кислотою. Ця сполука легко проникає в нервові та м'язові клітини, реагує з фосфатами з утворенням важкорозчинного фосфату свинцю, який формує на оболонці клітин бар'єр, що заважає нормальному проникненню в клітини йонів кальцію. Наслідком подібної блокади є нейром'язові ефекти (парези, паралічі), що спостерігаються за свинцевої інтоксикації. Найчутливіші до впливу свинцю тканини, що швидко ростуть, та ембріональні клітини.

Свинець здатний також долати плацентарний бар'єр (особливо з 12-го тижня вагітності), що призводить до психічних розладів і розумової відсталості майбутніх дітей. Отже, особами підвищеного ризику щодо дії свинцю є немовлята, діти, вагітні жінки, люди із захворюваннями нирок та хворі на анемію.

Навіть за безпечного рівня свинцю в крові (10 мкг%) він може викликати неврологічну симптоматику, зміну поведінкових симптомів, зокрема дратівливість, погіршення уваги.

Тривала дія свинцю може призвести до м'язової слабкості, гіперактивності й навіть агресивності дітей. У дорослих свинець стимулює гіпертонію, погіршує слух.

Хронічна інтоксикація свинцем розвивається повільно. На ранніх етапах може лише знижуватись адаптаційна здатність організму та його стійкість до дії токсичних, інфекційних, онкогенних, інших патогенних агентів. Потім розвиваються загальна слабкість, головний біль, запаморочення, неприємний смак у роті, тремор кінцівок, втрата апетиту, зменшення маси тіла, ознаки анемії, запори, біль у животі. Можливі дифузна дегенерація

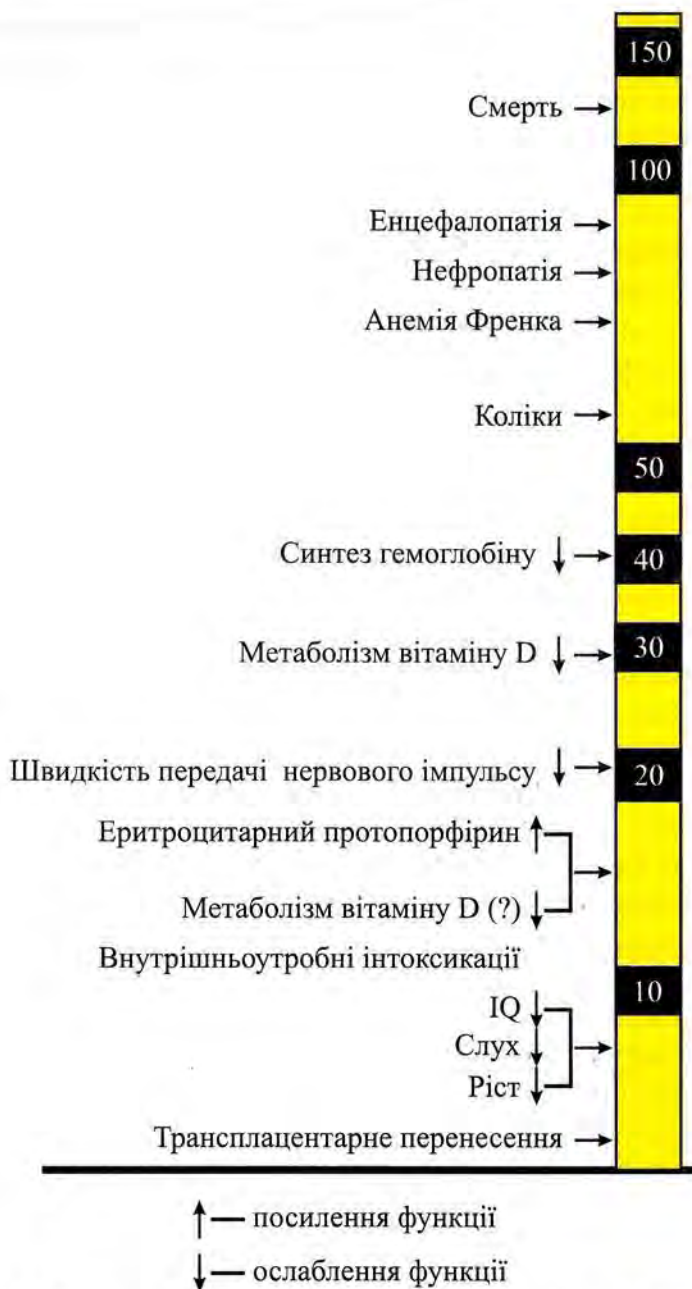


Рис. 2.19. Прояви небезпечного впливу свинцю залежно від його концентрації (мкг/100 мл сироватки крові) в організмі людини

міокарда, порушення психічного розвитку дітей, хронічна нефропатія. Висловлено гіпотезу щодо мутагенної й канцерогенної дії свинцю, але вона потребує підтвердження. Свинець виявляє свій мутагенний потенціал за комбінованої дії з іншими металами (синергізм).

За даними епідеміологічних досліджень, існує пряма кореляція між концентрацією свинцю в питній воді (понад 0,8 мг/дм³) і частотою психічної відсталості дітей, а також смертністю від раку нирок та всіх видів лейкемії. Певна залежність є і між забрудненням ґрунту чи повітря свинцем та його кількістю в організмі людини [47]. Так, за збільшення вмісту свинцю в ґрунті урбанізованих територій на кожні 1000 мг/кг його вміст у крові людини зростає на 10 мкг%. За підвищення концентрації свинцю в повітрі на 1 мкг/м³ його концентрація в крові дорослих людей збільшується на 1,8, дітей – на 4,2 мкг%. Допустимий вміст цього елемента в крові – 10 мкг%.

Відомо два шляхи надходження свинцю в питну воду: через забруднення ним ґрунту; з арматури водопровідної мережі.

Основним джерелом забруднення ґрунту свинцем є викидні гази автомобілів, в яких як паливо використовують етильований бензин. Потрапивши на поверхню ґрунту, свинець змивається дощовими і талими водами, інфільтрується в ґрунт, досягає водоносних горизонтів і надходить у системи децентралізованого й централізованого водопостачання. Особливо небезпечними є поверхневі водні об'єкти, які дедалі частіше використовують як джерела водопостачання великих міст.

Свинець також вимивається із сантехнічної арматури, виготовленої з латуні. Латунь – сплав міді з цинком (до 50 %) та домішками інших елементів (свинцю, алюмінію, олова, заліза, нікелю, мангану – до 10 %). Переходу свинцю у воду сприяють кисла реакція води та її низька твердість. Основними способами зменшення вмісту свинцю в питній воді є:

- для пиття і приготування їжі слід брати тільки холодну воду, оскільки гаряча краще вимиває свинець з деталей сантехнічної арматури;
- перед набиранням води з водопровідного крана вона має стекти протягом кількох хвилин, особливо якщо її не бра-

ли протягом кількох годин; при цьому свинець, що вже перейшов у воду з деталей сантехнічної арматури, змиється;

- найефективніший спосіб – використання фільтрів з активованим вугіллям, які зменшують концентрацію свинцю у фільтраті на 88–90 %.

Барій. Акумулюється в печінці, легенях і селезінці. Пролонгує процес стимуляції скорочення м'язів, блокує передачу нервових імпульсів, чим викликає захворювання нервової системи, системи кровообігу.

Кадмій. У середньому в організм людини надходить близько 10 нг кадмію за добу. В шлунково-кишковому тракті резорбується до 5 % цього металу. Після всмоктування він у крові зв'язується переважно з альбуміном і надходить у печінку й нирки, де активується синтез металотіонеїну (металотіонеїну). Потрапивши в тубусні клітини, він відщеплюється з комплексу металотіонеїн-кадмій. Незв'язана форма кадмію є токсичним компонентом, який за концентрації понад 200 мг/кг призводить до ураження нирок. Металотіонеїн – термостабільний білок з молекулярною масою 5–6 кДа. Характерна його особливість – відсутність у первинній структурі залишків ароматичних амінокислот і наявність до 20 вільних SH-груп амінокислоти цистеїну, які поділяють на два зв'язувальні кластери (Cd3 і Cd4). Функцією металотіонеїну вважають зв'язування і перенесення важливих мікроелементів (Cu, Zn), а також зв'язування важких металів (Hg, Cd).

Біологічний період напіввиведення кадмію з печінки і м'язової тканини становить 10–35 років. В організмі людей, які палять, міститься у 3–4 рази більше кадмію.

Накопичення кадмію в організмі супроводжується дегенеративними змінами слизових оболонок носа, глотки, руйнуванням нюхового епітелію, обструктивними захворюваннями верхніх дихальних шляхів, тяжким ураженням нирок. Інтоксикація кадмієм супроводжувалася тяжкою остеомаліцією, остеопорозом, залізодефіцитною анемією (хвороба ітай-ітай), а також деформацією скелета через порушення обміну фосфату і вітаміну D₃.

Механізм впливу кадмію на обмін кальцію в організмі людини ілюструє рис. 2.20. У печінці з вітаміну D₃ синтезується

25-гідрокси- D_3 (25-ОН-холекальциферол, 25-ОН- D_3). У тубусних клітинах нирок 25-ОН- D_3 перетворюється на активний метаболіт вітаміну D_3 – 1,25-дигідрокси- D_3 (1,25- $[OH]_2$ -холекальциферол, 1,25- $[OH]_2$ - D_3), який активує вивільнення Ca^{2+} з кісток, стимулює резорбцію Ca^{2+} з тонкої кишки у плазму. Кадмій пригнічує обидва ці механізми. Крім того, він гальмує захоплення Ca^{2+} в тубусних клітинах нирок, інактивує в них фермент аденілатциклазу.

Накопичення кадмію в організмі може бути пов'язане з нирковою артеріальною гіпертензією, мутагенним (але не канцерогенним) ефектом.

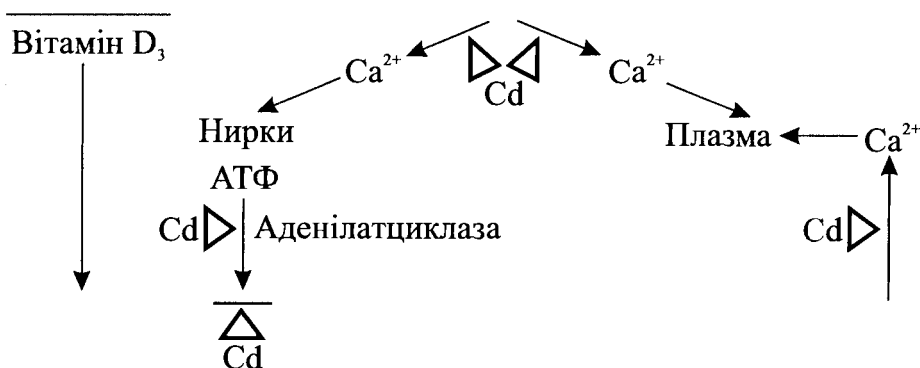


Рис. 2.20. Механізм дії кадмію на обмін кальцію в організмі людини

Арсен. Застосовується у фармацевтичній промисловості (виробництво лікарських засобів для лікування сифілісу, псоріазу), мікроелектронній промисловості (виготовлення напівпровідників з арсенідів галію, індію), у виробництві біоцидів, пестицидів, гербіцидів, засобів захисту деревини тощо. В організм людини надходить переважно з питною водою, яка може містити його до 40 мкг/дм³. Небезпека потрапляння з продуктами харчування значно менша. Вплив арсену залежить від валентності металу (тривалентний арсен значно токсичніший за п'ятивалентний). Механізм дії арсену полягає у блокуванні сульфгідрильних груп ліпосевої кислоти, наприклад у піруватдегідрогеназному комплексі (рис. 2.21), що призводить до його інгібування.

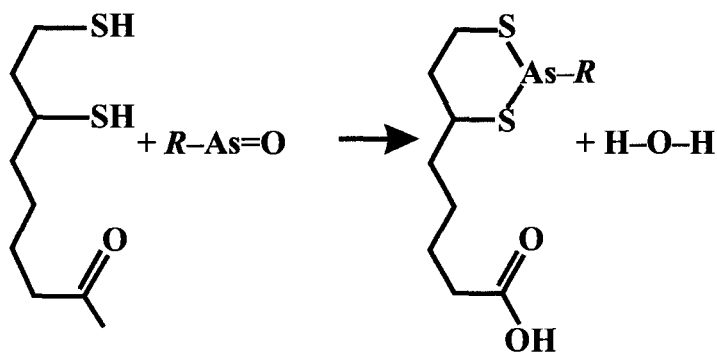


Рис. 2.21. Механізм взаємодії арсену з тіоловмісними сполуками

Детоксикація арсену пов'язана з метилуванням його тривалентної форми до диметиларсинової або монометиларсинової кислоти (рис. 2.22), а також з окисненням до As(V), який виводиться з сечею. В дитячому організмі реакції метилування арсену відбуваються набагато швидше, ніж у дорослому.

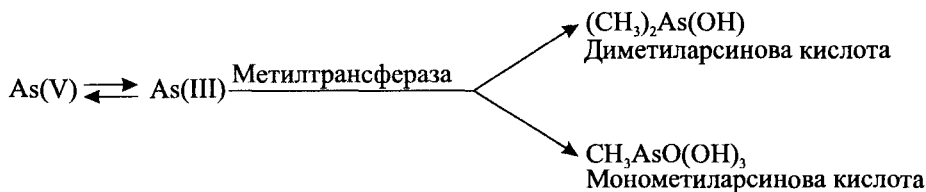


Рис. 2.22. Механізм детоксикації арсену

Хронічний вплив арсену спричинює втрату маси тіла, депресії, розвиток онкологічних захворювань.

Хром. Хімічний елемент, необхідний для підтримання життєдіяльності. За надмірного надходження чинить токсичну дію. Акумулюється в нирках, селезінці, кістковій тканині, печінці, головному мозку. Виявляє канцерогенний ефект, викликає ураження нирок.

Мідь. Входить до складу сплаву латуні сантехнічної арматури, звідки потрапляє в питну воду. Питна вода в країнах Європи містить у середньому до 0,01 мг/дм³ міді (допустимий її вміст у країнах Євросоюзу – 0,1 мг/дм³).

Мідь – складова частина багатьох металоензимів, зокрема цитохромоксидази, Zn-Cu-залежної супероксиддисмутази, тирозинази тощо.

Надмірна кількість міді спричинює характерні захворювання людини. Вона всмоктується у шлунково-кишковому тракті (40 %), утім числі в шлунку – 15 %. Після резорбції мідь з'єднується переважно з альбуміном крові, транспортується в печінку, де утворює комплексну сполуку з металотіонеїном, надходить у церулоплазмін, з яким розподіляється по тканинах організму. Середній вміст міді в організмі людини: у плазмі – 0,13 мкг/мл, нирках – 2 мг/кг, серцевому м'язі – 3, тканині печінки – 5, тканині мозку – 6 мг/кг. Вміст міді в печінці та селезінці малих дітей у 3–4 рази більший, ніж у дорослих.

Протягом 72 год через нирки виводиться лише близько 1 % міді, що надійшла в організм, із фекаліями – близько 10, з потом – до 3 %.

За хронічного впливу міді у дітей порушується функція печінки, ослаблюється імунна система. Крім того, вона подразнює шлунково-кишковий тракт, є цитотоксичним агентом, здатним індукувати гепатичний цироз.

Фтор. Фтор справляє як позитивний, так і негативний вплив на здоров'я людини. Вміст у питній воді близько 1 мг/дм³ фтору запобігає розвитку карієсу та остеопорозу, за його концентрації понад 1,8 мг/дм³ виникає флюороз (потемніння зубної емалі). У регіонах, де концентрації фтору високі як у воді, так і в харчових продуктах, випадки скелетного флюорозу і переломи кісток – поширене явище. У разі знесолювання й обробки води за допомогою мембран та аніонообмінних смол з води видаляють практично весь фтор. Використання такої води в питних цілях, з погляду здоров'я суспільства, сильно залежить від конкретних обставин. При цьому основним завданням має бути посилення позитивного ефекту наявності фтору в питній воді (захист від карієсу) з мінімізацією небажаних проблем ротової порожнини й здоров'я в цілому.

Хлор. Широко використовують для знезараження води від бактерій, вірусів, інших мікроорганізмів. Хлоруванням води вдалося подолати такі небезпечні хвороби, як холера і тиф, що лег-

ко розповсюджуються зараженою водою. Вони вже практично не трапляються у розвинених країнах. Проте існують проблеми, пов'язані з надмірним вмістом хлору в питній воді. По-перше, це проблема її якості. За надмірного вмісту хлору вона має неприємний смак і специфічний хлорний запах. По-друге, це захворювання, що може спричинити сам хлор. Ризик виникнення раку сечового міхура та прямої кишки у людей, які споживають хлоровану воду, відповідно на 21 і 38 % більший, ніж у тих, які п'ють воду з незначним вмістом хлору. По-третє, вплив хлорзаміщених сполук метану, що утворюються в питній воді під дією хлору, навіть коли в ній містяться нешкідливі органічні сполуки, зокрема леткі. Дію хлорзаміщених сполук метану також пов'язують з ризиком виникнення онкологічних захворювань.

Концентрацію залишкового хлору після знезараження води нормують (вільного хлору – 0,3–0,5, зв'язаного – 0,8–1,2 мг/дм³). Проте відомі факти надмірного його вмісту у водопровідній воді, особливо навесні та влітку.

Радон. Радіоактивний елемент, який утворюється в результаті розпаду природного урану або торію. Радон потрапляє у воду з порід водоносних горизонтів (граніти, базальти, пісок). Зазвичай концентрація радону в природній воді незначна, проте у воді глибоких артезіанських свердловин його вміст може коливатися від 10^{-10} до 10^{-6} Кі/дм³.

Вміст радону у воді становить подвійну небезпеку для людей. По-перше, споживання води, забрудненої радоном, може призвести до злякисних новоутворень у шлунково-кишковому тракті, нирках, а також до лейкозів. По-друге, захворювання може спричинити збільшений вміст цього елемента в повітрі приміщень, найчастіше – у ванних кімнатах. У середньому концентрація радону в повітрі ванних кімнат приблизно в 3 рази вища, ніж кухонь, і в 40 разів – ніж житлових кімнат. Результати досліджень, виконаних у Канаді, підтвердили, що концентрація радону у ванній кімнаті за 7 хв роботи теплої душу швидко зростала (приблизно у 37 разів) і тільки протягом наступних 1,5 год поверталась до норми. Подібна ситуація є чинником збільшення ризику виникнення раку легенів у людей.

2.7.2. Органічні контамінанти. Леткі органічні сполуки

Леткі органічні сполуки (ЛОС) – бензол, тетрахлорид вуглецю, вінілхлорид, толуол, дихлоретан тощо становлять небезпеку навіть за незначного їх вмісту у воді. Методики визначення цих сполук складні і дуже дорогі [48].

Хронічне надходження в організм одного з представників ЛОС – тетрахлорбензолу (рис. 2.23) призводить до хромосомних аберацій у периферичних лімфоцитах.

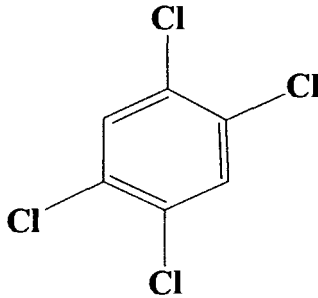


Рис. 2.23. Структура тетрахлорбензолу

Леткі органічні сполуки є побічними продуктами виробництва пестицидів, фарб, клеїв, барвників, парфумерних виробів, перегонки нафти тощо. Вони потрапляють у природні води в результаті виробничих витоків, промислових аварій, через халатність. Основний шлях їх надходження в питну воду – інфільтрація з поверхні ґрунту до водоносного горизонту. Значні кількості ЛОС виявляють у воді відкритих водойм, річок, особливо в районах індустриальних зон. У зв'язку з виснаженням підземних запасів питної води й використанням у дедалі більших масштабах води поверхневих вод ймовірність забруднення питної води зростає.

За тривалого надходження в організм людини з питною водою ЛОС можуть спричинити розвиток низки захворювань (табл. 2.2). У процесі їх знешкодження утворюються численні продукти широкого спектра дії. Трихлороксиран – продукт моноксигеназної реакції, здатний зв'язуватись із макромолекулами, чинить токсичний вплив на печінку і нирки.

На рис. 2.24 як приклад наведено схему метаболічної трансформації одного з ЛОС – трихлоретану.

Крім того, з нього утворюються хлоральгідрат, трихлоретанол і трихлороцтова кислота, які чинять седативну, токсичну та подразнювальну дію на центральну нервову систему. Метаболіти трихлоретану, утворені за участю глутатіону, характеризуються канцерогенною дією.

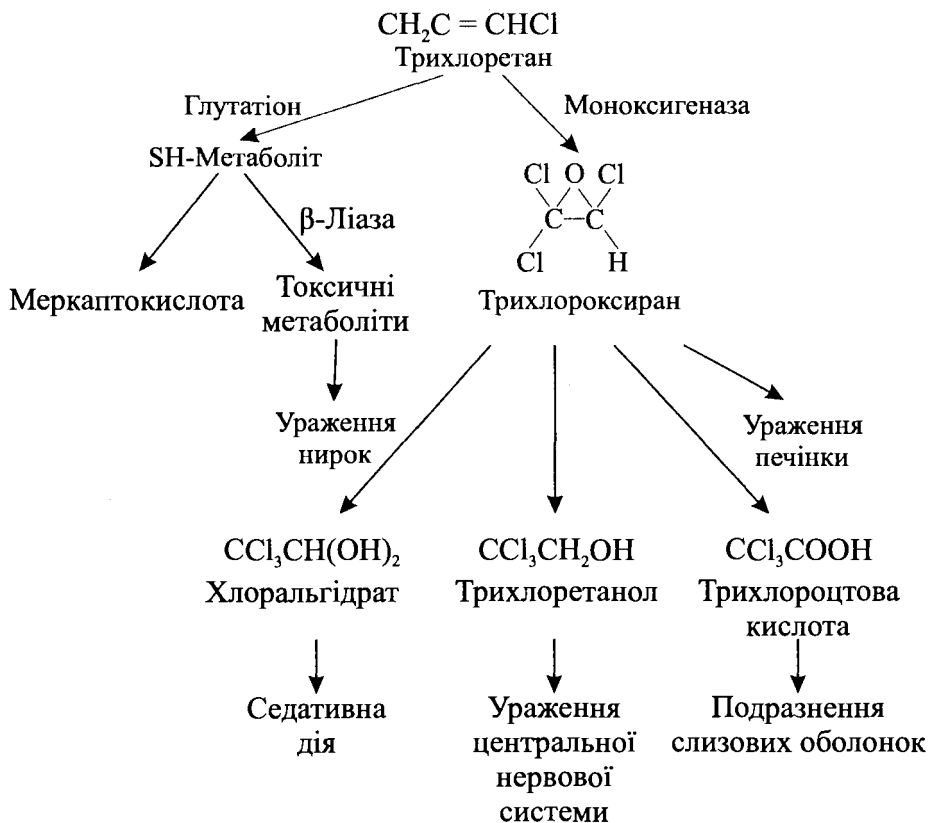


Рис. 2.24. Схема біотрансформації та токсичність трихлоретану

Таблиця 2.2

Захворювання, спричинювані дією летких органічних сполук

ЛОС	Захворювання	ЛОС	Захворювання
1	2	3	4
Дихлорбензол	Ураження нирок	Тетрахлорид вуглецю	Злоякісні пухлини

Закінчення табл. 2.2

1	2	3	4
Трихлорбензол	Ураження нирок, печінки	Пентахлорфенол	Те саме
Дихлоретан	Ураження нирок, печінки, нервової системи, злоякісні пухлини	Вінілхлорид	« »
Трихлоретан	Ураження печінки, нервової системи	Дихлорметан	« »
Бензол	Злоякісні пухлини	Хлорзаміщені метану	« »
Толуол	Те саме		

2.8. Твердість питної води та її вплив на здоров'я людини

Твердість води – це сукупність властивостей води, пов'язана з наявністю в ній розчинених солей металів, переважно кальцію та магнію. Типи твердості води ілюструє рис. 2.25.

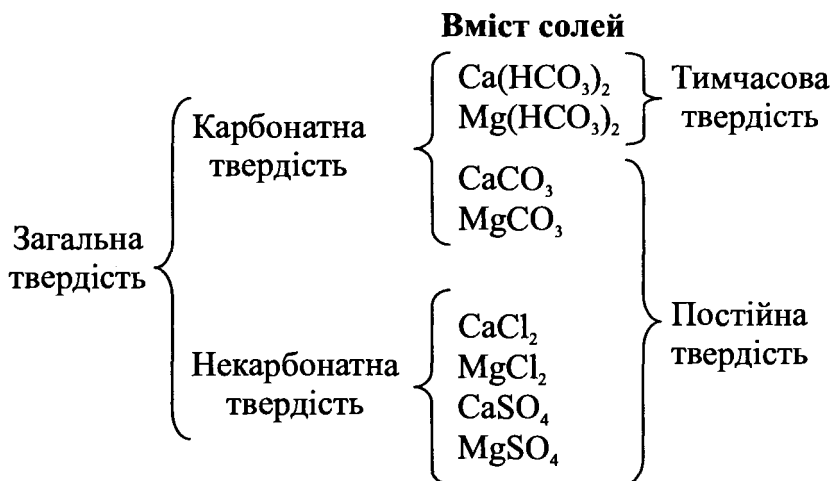


Рис. 2.25. Класифікація типів твердості води

Карбонатна твердість зумовлена наявністю у воді гідрокарбонатів і карбонатів кальцію та магнію. Вона майже повністю усувається під час кип'ятіння води, тому її називають тимчасовою. Під час нагрівання води гідрокарбонати розкладаються з утворенням вугільної кислоти і випаданням в осад карбонату кальцію та гідроксиду магнію.

Некарбонатна твердість зумовлена наявністю у воді кальцієвих і магнієвих солей сильних кислот (сульфатної, нітратної, хлоридної). Під час кип'ятіння така твердість не усувається, тому її називають постійною.

Загальна твердість є сумою карбонатної (тимчасової) та некарбонатної (постійної) твердості.

Твердість води виражають концентрацією в ній катіонів кальцію та магнію. В Україні за одиницю вимірювання твердості води прийнято моль на 1 м^3 (моль/м³), проте на практиці частіше використовують мілімоль на 1 дм^3 (ммоль/дм³). Одиниця 1 моль/м^3 відповідає масовій концентрації еквівалентів йонів кальцію ($1/2 \text{ Ca}^{2+}$) – $20,04 \text{ г/м}^3$ та йонів магнію ($1/2 \text{ Mg}^{2+}$) – $12,16 \text{ г/м}^3$. Числове значення твердості, виражене в моль/м³, дорівнює числовому значенню твердості, вираженому в мг-екв/дм³. Отже, $1 \text{ моль/м}^3 = 1 \text{ ммоль/дм}^3 = 1 \text{ мг-екв/дм}^3$.

За значенням показника твердості воду поділяють на шість класів:

- 1) дуже м'яка (0–1,5 мг-екв/дм³);
- 2) м'яка (1,5–3,0 мг-екв/дм³);
- 3) середньої твердості (3,0–4,5 мг-екв/дм³);
- 4) доволі тверда (4,5–6,0 мг-екв/дм³);
- 5) тверда (6–10 мг-екв/дм³);
- 6) дуже тверда (понад 10 мг-екв/дм³).

Тверда вода пересушує шкіру, в ній погано піняться мийні засоби, мило, пральний порошок. Тверда вода є причиною появи осаду (накипу) на стінках котлів, у трубах, на поверхнях теплообмінного обладнання тощо. Використання дуже м'якої води може призводити до корозії металевого обладнання, труб. Споживання занадто твердої чи надмірно м'якої води є небезпечним для здоров'я людини.

Твердість поверхневих вод переважно менша за твердість підземних. Твердість води поверхневих джерел істотно коливається протягом року; вона максимальна наприкінці зими і мінімальна в період паводків, коли розбавляється м'якою дощовою і талою водою. Твердість підземних вод зазвичай вища (до 80–100 мг-екв/дм³) і менше змінюється протягом року. Джерелом йонів металу в підземних водах є осадові породи, здебільшого вапняк CaCO_3 і доломіт $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Морська вода характеризується значною твердістю (10n–100n мг-екв/дм³).

Геологічні та гідрологічні умови залягання підземних вод також визначають їх твердість. Підземні води, що залягають над непроникними породами, стійкими до ерозії, запобігають їх вивітрюванню, тому хімічний склад таких вод аналогічний складу дощових, а вода є м'якою. Якщо підземні води залягають над водопроникними породами, вони фільтруються крізь них, контактують із товщею гірських порід і сприяють їх вивітрюванню. У результаті підземна вода розчиняє породи і насичується їх розчинними складовими. Така вода є твердою.

У природних гідргеосистемах хімічний склад води безперервно змінюється і контролюється переважно геологічними чинниками. Геохімія ерозії порід визначає склад елементів, що потрапляють у воду. Підземні води є прикладом природної еволюції хімічного складу води. Дощові води натрій-хлоридного типу, що містять CO_2 , проникають у ґрунт. У ґрунті внаслідок розкладання органічних речовин також міститься CO_2 , який розчиняється в інфільтрованій воді й утворює вугільну кислоту. У ґрунті та в ненасиченій зоні осадових порід ця слабка кислота розчиняє карбонати кальцію і магнію (кальцит, доломіт), призводить до підвищення концентрації кальцію, магнію та гідрокарбонатів у воді.

Інфільтрована вода менш насичена киснем через бактеріальне відновлення. Нижче від рівня ґрунтових вод, за відновних умов, залізо й манган стають рухливішими, а пізніше осаджуються у формі сульфідів. За наявності глинистих мінералів у водоносному горизонті внаслідок перебігу процесу йонного обміну йони кальцію у воді замінюються на йони натрію. Тип води змінюється на гідрокарбонатний натрієвий. Так підземні води при-

родно зм'якшуються внаслідок йонного обміну. У глибших водоносних горизонтах прісні підземні води можуть змішуватись із солоними, й отже, утворюватиметься хлоридний натрієвий тип води.

Підземні води з більшою твердістю формуються внаслідок:

- розчинення інших мінералів водоносного горизонту, переважно доломіту та гіпсу;
- змішування прісної води із солоними підземними водами;
- обводнення і змішування з морською водою;
- забруднення.

Вплив твердості води на здоров'я людини вивчало багато науковців. Так, починаючи з 1957 р. японський агрохімік Юн Кобаясі упродовж багатьох років досліджував природу води для зрошування. Він встановив тісний взаємозв'язок між хімічним складом річкових вод, які використовували для питних потреб, та рівнем смертності від апоплексії (серцево-судинні захворювання – ССЗ), що в Японії був надзвичайно високим і став головною причиною смертності в країні. Учений з'ясував, що саме співвідношення сульфатів і карбонатів ($\text{SO}_4^{2-}/\text{CO}_3^{2-}$) впливає на цей показник. Він вважав, що виникнення ССЗ пов'язане з твердістю води [49].

У 1960 р. вчений Шродер репрезентував результати досліджень, проведених у 163 найбільших містах США, за результатами яких довів зворотну кореляцію між твердістю води та рівнем серцево-судинних захворювань чоловіків і жінок, дослідив зв'язок між різними компонентами води і коронарною хворобою серця (КХС) у чоловіків віком 45–64 роки, встановив важливі співвідношення між рівнем смертності від КХС та вмістом сульфатів і гідрокарбонатів у воді, а також від'ємні кореляції між смертністю від КХС та вмістом магнію, кальцію, фтору та рН води [50].

Пізніше були представлені результати досліджень зв'язку між твердістю води та рівнем ССЗ. Головною метою їх було з'ясування питання, чи чинить м'яка вода негативний вплив на здоров'я людини та чи виконує тверда вода захисні функції. М'яка вода характеризується значною корозійною здатністю, у зв'язку з чим у питну воду потрапляє більша кількість токсичних мікроелемен-

тів. Припускали, що саме це є причиною високого рівня смертності. Проте результати попередніх досліджень не підтвердили цієї гіпотези [51]. Так, у загальнонаціональному дослідженні у понад 500 проб водопровідної води відібраної в Канаді, не виявлено важливих зв'язків між смертністю та вмістом у воді таких мікроелементів, як мідь, кадмій, кобальт, літій, ртуть, молібден, нікель, ванадій [52].

Проте навіть після отримання цих результатів, роль магнію та кальцію у виникненні ССЗ остаточно не була з'ясована: більшість результатів підтверджували зв'язок між смертністю від ССЗ та вмістом кальцію і магнію у питній воді, але деякі – заперечували. Діагнози хвороб іноді були встановлені неточно. З окремих досліджень також незрозуміло, чи були концентрації кальцію і магнію в питній воді достатніми для проведення відповідних аналізів.

Одним із найгрунтовніших комплексних досліджень щодо географічних варіацій смертності від ССЗ стали їх регіональні дослідження у Великій Британії. На першому етапі (1969–1973) було застосовано багатофакторний регресійний аналіз щодо географічної варіації ССЗ у чоловіків і жінок віком 35–74 роки, які проживали в 253 містах Англії, Уельсу та Шотландії. Результати вказали на нелінійний вплив твердості води: більший у діапазоні від дуже м'якої води до середньої твердості, ніж від води середньої твердості до дуже твердої. Середньгеометричні стандартизовані показники смертності від ССЗ для населення міст були згруповані (за допомогою коваріації) за твердістю води відповідно до чотирьох кліматичних і соціально-економічних чинників (відсоток дощових днів, середньодобова максимальна температура, відсоток робітників фізичної праці, наявність власного авто), так і без них. Показник смертності стабільно зменшувався в разі споживання води твердістю 10–170 мг/дм³ CaCO₃ та дещо змінювався в діапазоні 170–290 мг/дм³ CaCO₃ і більше. Серцево-судинні захворювання у мешканців міст, які споживали дуже м'яку воду (близько 25 мг/дм³ CaCO₃), траплялися на 10–15 % частіше, ніж у людей, які споживали воду середньої твердості (близько 170 мг/дм³ CaCO₃). За споживання води твердістю по-

над $170 \text{ мг/дм}^3 \text{ CaCO}_3$ рівень смертності від CC_3 не зменшився. Отже, з'ясовано, що максимальна ураженість CC_3 спостерігається за споживання населенням води в діапазоні між дуже м'якою та водою середньої твердості [53].

Кілька досліджень було проведено в країнах, що розвиваються. Виявлено від'ємну кореляцію між твердістю води та різними формами серцево-судинних захворювань і лейкемії населення Шрі-Ланки [54]. Більш сучасні дослідження висвітлили проблему високого вмісту фтору та пов'язаного з цим флюорозу зубів мешканців у районах з твердою водою, видобутою з тріщинуватого водоносного горизонту підстиляючих порід у Шрі-Ланці [55, 56].

2.9. Вплив вмісту магнію у питній воді на здоров'я людини

У другій половині ХХ століття в Фінляндії були проведені дослідження з порівняння рівнів смертності людей від ішемічної хвороби серця у двох сільських населених пунктах у західній та східній частинах країни. Вибірка населення складалася з чоловіків віком 40–59 років у 1959 р. За станом їх здоров'я стежили упродовж наступних 15 років. Показники якості води визначали як середні значення в 10 населених пунктах західного регіону та в 33 – східного. Діапазон середніх концентрацій магнію у воді західного регіону становив 6,9–27,8, східного – 0,6–7,3 мг/дм^3 . Рівень смертності населення від ішемічної хвороби серця у східній частині Фінляндії виявився в 1,7 раза вищим, ніж у західній [57].

Через кілька років було опубліковано результати дослідження за методом випадок–контроль, проведеного в південно-східному регіоні Фінляндії [58]. Серед обстежуваних були чоловіки віком 30–64 роки, які перенесли гострий інфаркт міокарда (ті, що вижили, та ті, яких врятувати не вдалося), підібрані протилежно за віком та регіоном проживання; пацієнти, які лікувались у лікарні (сільська місцевість – місто) та поза її межами. Для аналізу були відібрані проби питної води, яку вони споживали. Концентрація магнію в питній воді людей, уражених інфарктом міокарда, становила 1,0–57,5, пацієнтів, які перебували в лікарні –

0,75–30,0, які лікувалися в домашніх умовах – 1,0–16,0 мг/дм³. За порівняння перших та останніх відносний ризик з довірчим інтервалом 95 % становив 4,7 (95 %-й довірчий інтервал 1,3–25,3) для концентрації магнію менш як 1,2 мг/дм³. Отже, для людей, які споживали воду з найменшим вмістом магнію, ризик інфаркту міокарда виявився майже у 5 разів більшим, ніж для тих, які споживали воду з більшим його вмістом. За порівняння перших і хворих, які знаходились під лікарняним контролем, відносний ризик становив 2,0 (95 %-й довірчий інтервал 0,7–6,5), що подвоювало ризик. Учені також встановили зворотний зв'язок між виникненням цього захворювання та концентрацією фтору у воді; зв'язку з вмістом кальцію у воді не виявлено.

Магній бере участь у життєво необхідних ензиматичних реакціях, наприклад: синтез протеїну, нуклеїнових кислот, нервово-м'язова передача, м'язове скорочення, транспортування речовин крізь мембрани клітин. Це елемент, необхідний для серцево-судинної системи, дві функції якої мають особливе значення: стабілізація серцевої електричної системи (запобігання серцевій аритмії) та регулювання судинного тону. Він незамінний для підтримання нормальної концентрації калію та кальцію в мембранах клітин, калію – всередині клітин. Процес супроводжується блокуванням спрямованого проходу калію крізь клітинну мембрану, при цьому активується ензим Na/K-АТФ. У Ca-АТФ він виконує аналогічну функцію. Більше того, магній – важливий активатор синтезу циклічного аденозинмонофосфату (АМФ), який є розширювачем судин. Якщо в організмі обмаль магнію, судинозвужувальна дія гормонів, таких як серотонін, ацетилхолін, ангіотензин, посилюється [59–61].

Гіпомагніємію часто виявляють у госпіталізованих пацієнтів. Ця хвороба – одна з найпоширеніших електролітичних аномалій серед пацієнтів, які потрапили до відділення інтенсивної терапії – близько 20 %. Причинами захворювання є недостатнє надходження в організм магнію, голодування, внутрішньовенне лікування без вживання додаткових доз магнію; порушення його поглинання через хронічну діарею або синдром мальабсорбції; підвищене сечовиділення, спричинене діабетом або захворюван-

ням нирок, вживанням алкоголю, сечогінних засобів, антибіотиків [62, 63].

Найбільше магнію надходить в організм людини з продуктами харчування. Він міститься в багатьох продуктах, зокрема в горіхах, бобових, зелених листкових овочах, необроблених зернових культурах. Після обробки продуктів вміст магнію в них зменшується на 80–95 %, тому припускають, що переважна більшість людей отримує магнію менше за рекомендовану добову дозу – 6 мг/(кг·доба) [64–66].

Близько 40 % магнію, що надходить в організм людини з продуктами харчування, зазвичай поглинається. Його засвоєння організмом залежить від кількості спожитих продуктів, вмісту в них інших елементів і коливається в межах 10–70 % [67, 68]. Наприклад, за наявності кальцію, фосфору, фітинової кислоти швидкість абсорбції магнію зменшується. Більша частина магнію поглинається в тонкій кишці, переважно внаслідок пасивної дифузії трансклітинним шляхом [66, 68].

Природним джерелом магнію у воді є вивітрілі гірські породи. У вивержених породах він зазвичай входить до складу темноколірних мінералів, які містять магній і залізо – олівіну, піроксену, амфіболів, темної слюди. Магній міститься в таких мінералах гірських порід, як хлорит, монтморилоніт, серпентин, в осадових породах – магнезиті $MgCO_3$, доломіті $CaMg(CO_3)_2$. У всіх типах гірських порід магнію набагато менше, ніж кальцію, тому в більшості підземних вод його концентрація зазвичай у 5–10 разів нижча, ніж кальцію. Концентрація магнію у прісній воді контролюється реакціями його розчинення й осадження за участю магнієвмісних силікатів і карбонатних мінералів, як правило, вона менша за 50 мг/дм^3 , хоча зафіксовано значення понад 100 мг/дм^3 .

Споживання людиною магнію з питною водою залежить від його вмісту в ній. У зв'язку з цим постає дискусійне питання: чи є концентрація магнію у питній воді визначальною для організму людини, якщо основна частина цього елемента надходить в організм із продуктами харчування [69]? Припускають, що його вміст у воді може бути вирішальним для тих людей, які споживають

його у незначних кількостях з продуктами харчування, але п'ють воду з високим вмістом магнію [70]. До того ж у разі приготування їжі на воді з низьким вмістом магнію він вимивається з продуктів, і навпаки, за високого вмісту магнію у воді його втрати в продуктах зменшуються [71]. Магній, що міститься у воді у вигляді гідратованих йонів, характеризується вищим ступенем біо накопичення, ніж магній у продуктах харчування [70, 72].

Рослини, вирощені на територіях з високим вмістом магнію у воді та ґрунті, накопичують великі кількості цього елемента. Люди, які проживають на таких територіях і споживають продукти місцевого походження, отримують додаткову кількість магнію, особливо влітку. Проте з'ясовано, що на вміст магнію в рослинах більшою мірою впливають генетичні чинники [73].

У результаті досліджень виявлено взаємозв'язок між вмістом магнію у воді та серцевому м'язі [62], у скелетному м'язі та в коронарних артеріях [74].

Було проведено такий тест: 10 особам, які зазвичай споживали воду з концентрацією магнію 1,6 мг/дм³, упродовж шести тижнів давали воду з його вмістом 20 мг/дм³. Після закінчення експерименту виділення магнію з організму досліджуваних збільшилось, що вказало на насичення ним організму [75].

2.10. Вплив вмісту кальцію у питній воді на здоров'я людини

Дефіцит кальцію поширений переважно серед літніх людей, особливо жінок. Засвоєння кальцію організмом людини з продуктів харчування коливається в межах 15–75 %, у жінок клімактеричного віку його поглинається лише 20–30 %. Рекомендована добова доза кальцію для населення Швеції становить 800 мг для жінок і 600 мг – для чоловіків, у США – 1000–1500 мг для дорослих [63, 76, 77].

Результати досліджень, в яких взяла участь 61 тис. жінок Швеції віком 40–76 років, підтвердили, що ефективність засвоєння організмом кальцію з віком зменшується, а також те, що в більшості жінок клімактеричного віку зафіксовано дефіцит кальцію. Аналогічні результати отримано у США, які засвідчи-

ли недостатнє споживання цього елемента, особливо жінками. Для окремих осіб із дефіцитом кальцію важливим є надходження додаткової кількості кальцію з питною водою. Крім споживання води, збагаченої кальцієм, на ній рекомендовано також готувати їжу, внаслідок чого вміст кальцію в ній підвищується [67, 71, 78].

Підтверджено також взаємозв'язок між споживанням кальцію з продуктами харчування та величиною кров'яного тиску. Метааналіз, в якому взяло участь близько 40 тис. осіб, вказав на те, що за високого рівня споживання кальцію знижується як систолічний, так і діастолічний тиск [79]. Низькі концентрації йонів кальцію в сироватці крові виявлено у пацієнтів, які страждають на гіпертонію [80]. Відомо кілька можливих механізмів зниження кров'яного тиску за участю кальцію. Один із них полягає в тому, що за гіпокальціємії знижується активність Са-АТФ, а це, у свою чергу, призводить до збільшення кількості вільного внутрішньоклітинного кальцію та скорочення гладких м'язів [81]. Для людей із недостатнім базовим споживанням кальцію, особливо для чутливих до солі хворих на гіпертонію, доволі ефективними виявились харчові добавки з вмістом цього елемента [82]. У хворих на гіпертонію часто підвищені рівні регуляторних гормонів кальцію, паратгормону та активний вітамін D (1,25-(ОН)₂-D), що може призводити до підвищення загального периферійного тиску. Кальцій харчових добавок пригнічує ці гормони і, як наслідок, кров'яний тиск знижується. Він та його регуляторні гормони також здатні впливати на кров'яний тиск через центральну нервову систему. Цей елемент спричинює натрійурез, який, згідно з результатами досліджень, знижує кров'яний тиск у жінок постклімактеричного віку, які страждають на гіпертонію [83].

2.11. Гігієнічні вимоги до якості води, призначеної для споживання людиною

У більшості країн світу існує перелік основних забруднювальних речовин, здатних несприятливо впливати на організм людини і вміст яких у питній воді нормується. Їх перелік і до-

пустимі концентрації істотно різняться. В Україні основним документом, що регламентує вміст шкідливих компонентів у питній воді, є Державні санітарні правила і нормами «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171–10), що затверджені наказом МОЗ України від 12.05.2010 № 400. ДСанПіН 2.2.4-171–10 встановлюють вимоги до безпечності та якості питної води, призначеної для споживання людиною, а також правила виробничого контролю й державного санітарно-епідеміологічного нагляду у сфері питного водопостачання населення. Вимоги встановлені ДСанПіН 2.2.4-171–10 для реалізації вимог Закону України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення», Водного кодексу України, Закону України «Про питну воду та питне водопостачання» та не поширюється на води мінеральні лікувальні, лікувально-столові, природні столові.

Слід зазначити, що в зв'язку з введенням у дію ДСанПіН 2.2.4-171–10, наказом Держспоживстандарту України від 16.09.2010 року № 416 в Україні скасовано чинність загальновідомого міждержавного стандарту ГОСТ 2874–82 «Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством» у частині гігієнічних вимог.

Відповідно до ДСанПіН 2.2.4-171–10, *вода питна, призначена для споживання людиною (питна вода)* – це вода, склад якої за органолептичними, фізико-хімічними, мікробіологічними, паразитологічними та радіаційними показниками відповідає вимогам державних стандартів і санітарного законодавства (з водопроводу – водопровідна, фасована, з бюветів, пунктів розливу, шахтних колодязів та каптажів джерел), призначена для забезпечення фізіологічних, санітарно-гігієнічних, побутових та господарських потреб населення, а також для виробництва продукції, що потребує використання питної води.

Гігієнічні вимоги до питної води включають:

- 1) безпеку в епідеміологічному відношенні;
- 2) безпеку в радіаційному відношенні;
- 3) сприятливість органолептичних властивостей;
- 4) нешкідливість хімічного складу.

Гігієнічну оцінку безпечності та якості питної води проводять за:

1) **показниками епідемічної безпеки** (*мікробіологічні, паразитологічні*):

- *мікробіологічні показники* – показники епідемічної безпеки питної води, перевищення яких може призвести до виникнення інфекційних хвороб у людини;
- *паразитологічні показники* – показники епідемічної безпеки питної води, перевищення яких може призвести до виникнення інфекційних хвороб у людини;

2) **санітарно-хімічними показниками** (*органолептичні, фізико-хімічні, санітарно-токсикологічні*):

- *органолептичні показники* (запах, смак і присмак, забарвленість, каламутність) – фізичні властивості питної води, що сприймаються органами чуття;
- *фізико-хімічні показники* – фізичні чи хімічні показники, що нормуються за загальносанітарною чи органолептичною ознакою шкідливості;
- *санітарно-токсикологічні показники* – хімічні показники, що нормуються за санітарно-токсикологічною ознакою шкідливості;

3) **радіаційними показниками**:

- *радіаційні показники* – показники, що характеризують властивість води, зумовлену наявністю радіонуклідів.

Для виробництва питної води слід віддавати перевагу воді підземних джерел питного водопостачання населення, надійно захищених від біологічного, хімічного та радіаційного забруднення.

Під час вибору вододжерела та технології водопідготовки у разі будівництва чи реконструкції підприємства питного водопостачання населення слід віддавати перевагу джерелам і технологіям, що забезпечать виробництво питної води з оптимальним вмістом мінеральних речовин за показниками фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

**Показники фізіологічної повноцінності мінерального складу
питної води**

Показник	Одиниця виміру	Норматив
Загальна твердість	ммоль/дм ³	1,5–7,0
Загальна лужність	ммоль/дм ³	0,5–6,5
Йод	мкг/дм ³	20–30
Калій	мг/дм ³	2–20
Кальцій	мг/дм ³	25–75
Магній	мг/дм ³	10–50
Натрій	мг/дм ³	2–20
Сухий залишок	мг/дм ³	200–500
Фториди	мг/дм ³	0,7–1,2

Безпечність та якість питної води за мікробіологічними та паразитологічними показниками має відповідати гігієнічним нормативам, наведеним у табл. 2.4. Паразитологічні показники визначають у питній воді поверхневих і підземних (грунтові води) джерел питного водопостачання населення.

Таблиця 2.4

Показники епідемічної безпеки питної води

Показник	Одиниця виміру	Нормативи для питної води		
		водо- провідної, з пунктів розливу та бюветів	з колодязів і каптажів джерел	фасованої
1	2	3	4	5
Мікробіологічні показники				
Загальне мікробне число при t 37°C, 24 год* ¹	КУО/см ³	≤ 100 (≤50)* ²	Не визначається	≤ 20* ⁵

Продовження табл. 2.4

1	2	3	4	5
Загальне мікробне число при t 22°C, 72 год	КУО/см ³	Не визначається	Не визначається	≤ 100* ⁵
Загальні коліформи* ³	КУО/100 см ³	Відсутність	≤ 1	Відсутність
<i>E.coli</i> * ³	КУО/100 см ³	Відсутність	Відсутність	Відсутність
Ентерококи* ³	КУО/100 см ³	Відсутність	Не визначається	Відсутність
Синьогнійна паличка (<i>Pseudomonas aeruginosa</i>)	КУО/100 см ³	Не визначається	Не визначається	Відсутність
Патогенні ентеробактерії	Наявність в 1 дм ³	Відсутність	Відсутність	Відсутність
Коліфаги* ⁴	БУО/дм ³	Відсутність	Відсутність	Відсутність
Ентеровіруси, аденовіруси, антигени ротавірусів, реовірусів, вірусу гепатиту А та інші	Наявність в 10 дм ³	Відсутність	Відсутність	Відсутність
Паразитологічні показники				
Патогенні кишкові найпростіші: ооцисти криптоспоридій, ізоспор, цисти лямблій, дизентерійних амеб, балантидія кишкового та інші	Клітини, цисти в 50 дм ³	Відсутність	Відсутність	Відсутність

Закінчення табл. 2.4

1	2	3	4	5
Кишкові гельмінти	Клітини, яйця, личинки в 50 дм ³	Відсутність	Відсутність	Відсутність

*¹ Для 95 % проб води, відібраних з водопровідної мережі, що досліджувались протягом року.

*² Через 10 років з часу набрання чинності ДСанПіН 2.2.4-171-10.

*³ Для 98 % проб води, відібраних з водопровідної мережі, що досліджувались протягом року.

*⁴ Визначають додатково в питній воді з поверхневих вододжерел у місцях її надходження з очисних споруд у розподільну мережу, а також у ґрунтових водах.

*⁵ Визначають під час виробничого контролю перед розливом питної води в тару.

Безпечність та якість питної води за органолептичними, фізико-хімічними та санітарно-токсикологічними показниками має відповідати гігієнічним нормативам, наведеним у табл. 2.5–2.7.

Санітарно-хімічні показники безпеки та якості питної води

Показник	Одиниця виміру	Нормативи для питної води		
		водопровідної	з колодязів і каптажів джерел	фасованої, з пунктів розливу та бюветів
1	2	3	4	5
<i>1. Органолептичні показники</i>				
Запах при 20 °С; при 60 °С	Бал	≤ 2	≤ 3	≤ 0 (2)* ⁶
		≤ 2	≤ 3	≤ 1 (2)* ⁶
Забарвленість	Градус	≤ 20 (35)* ³	≤ 35	≤ 10 (20)* ⁶
Каламутність	Нефелометрична одиниця каламутності (1 НОК = 0,58 мг/дм ³)	≤ 1,0 (3,5)* ³ ; ≤ 2,6 (3,5)* ³ – для підземного вододжерела	≤ 3,5	≤ 0,5 (1,0)* ⁶
Смак та присмак	Бал	≤ 2	≤ 3	≤ 0 (2)* ⁶
<i>2. Фізико-хімічні показники</i>				
<i>а) неорганічні компоненти</i>				
Водневий показник (рН)	–	6,5–8,5	6,5–8,5	6,5–8,5 (≥ 4,5)* ⁷

1	2	3	4	5
Діоксид вуглецю	%	Не визначається	Не визначається	0,2–0,3 – для слабогазованої; 0,31–0,4 – для середньогазованої; 0,41–0,6 – для сильногазованої
Залізо загальне	мг/дм ³	≤ 0,2 (1,0)* ³	≤ 1,0	≤ 0,2
Загальна твердість	ммоль/дм ³	≤ 7,0 (10,0)* ³	≤ 10,0	≤ 7,0
Загальна лужність	ммоль/дм ³	Не визначається	Не визначається	≤ 6,5
Йод	мкг/дм ³	Не визначається	Не визначається	≤ 50
Кальцій	мг/дм ³	Не визначається	Не визначається	≤ 130
Магній	мг/дм ³	Не визначається	Не визначається	≤ 80
Манган	мг/дм ³	≤ 0,05 (0,5)* ³	≤ 0,5	≤ 0,05
Мідь	мг/дм ³	≤ 1,0	Не визначається	≤ 1,0
Поліфосфати (за PO ₄ ³⁻)	мг/дм ³	≤ 3,5	Не визначається	≤ 0,6 (3,5)* ⁶
Сульфати	мг/дм ³	≤ 250 (500)* ³	≤ 500	≤ 250
Сухий залишок	мг/дм ³	≤ 1000 (1500)* ³	≤ 1500	≤ 1000
Хлор залишковий вільний	мг/дм ³	≤ 0,5	≤ 0,5	< 0,05

Хлориди	мг/дм ³	≤ 250 (350) ^{*3}	≤ 350	≤ 250
Цинк	мг/дм ³	≤ 1,0	Не визначається	≤ 1,0
<i>б) органічні компоненти</i>				
Хлор залишковий зв'язаний	мг/дм ³	≤ 1,2	≤ 1,2	< 0,05
<i>3. Санітарно-токсикологічні показники</i>				
<i>а) неорганічні компоненти</i>				
Алюміній ^{*2}	мг/дм ³	≤ 0,20 (0,50) ^{*4}	Не визначається	≤ 0,1
Амоній	мг/дм ³	≤ 0,5 (2,6) ^{*3}	≤ 2,6	≤ 0,1 (0,5)
Діоксид хлору	мг/дм ³	≤ 0,1	Не визначається	не визначається
Кадмій ^{*2}	мг/дм ³	≤ 0,001	Не визначається	≤ 0,001
Кремній ^{*2}	мг/дм ³	≤ 10	Не визначається	≤ 10
Арсен ^{*2}	мг/дм ³	≤ 0,01	Не визначається	≤ 0,01
Молібден ^{*2}	мг/дм ³	≤ 0,07	Не визначається	≤ 0,07
Натрій ^{*2}	мг/дм ³	≤ 200	Не визначається	≤ 200
Нітрати (за NO ₃)	мг/дм ³	≤ 50,0	≤ 50,0	≤ 10 (50) ^{*6}
Нітрити ^{*2}	мг/дм ³	≤ 0,5 (0,1) ^{*5}	≤ 3,3	≤ 0,5 (0,1) ^{*8}
Озон залишковий	мг/дм ³	0,1–0,3	Не визначається	не визначається
Ртуть ^{*1}	мг/дм ³	≤ 0,0005	Не визначається	≤ 0,0005
Свинець ^{*2}	мг/дм ³	≤ 0,010	Не визначається	≤ 0,010
Срібло ^{*2}	мг/дм ³	Не визначається	Не визначається	≤ 0,025
Фториди ^{*2}	мг/дм ³	Для кліматичних зон IV ≤ 0,7 III ≤ 1,2 II ≤ 1,5	≤ 1,5	≤ 1,5 ^{*9} Для кліматичних зон IV ≤ 0,7 III ≤ 1,2 II ≤ 1,5

1	2	3	4	5
Хлорити	мг/дм ³	≤ 0,2	Не визначається	Не визначається
<i>б) органічні компоненти</i>				
Поліакриламід* ² залишковий	мг/дм ³	≤ 2,0	Не визначається	< 0,2
Формальдегід* ²	мг/дм ³	≤ 0,05	Не визначається	≤ 0,05
Хлороформ* ²	мкг/дм ³	≤ 60	Не визначається	≤ 6
<i>в) інтегральний показник</i>				
Перманганатна окиснюваність	мг/дм ³	≤ 5,0	≤ 5,0	≤ 2,0 (5,0)* ⁶

*¹ Речовини I класу небезпеки.

*² Речовини II класу небезпеки.

*³ Норматив, зазначений у дужках, встановлюється в окремих випадках за погодженням з головним державним санітарним лікарем відповідної адміністративної території.

*⁴ Норматив, зазначений у дужках, встановлюється для питної води, обробленої реагентами, що містять алюміній.

*⁵ Норматив, зазначений у дужках, встановлюється для обробленої питної води.

*⁶ Норматив, зазначений у дужках, встановлюється для питної води фасованої, газованої, питної води з пунктів розливу та бюветів.

*⁷ рН для газованої питної води.

*⁸ Норматив, зазначений у дужках, встановлюється для негазованої питної води.

*⁹ Норматив встановлюється виключно для питної води фасованої. Для питної води з пунктів розливу та бюветів норматив встановлюється за кліматичними зонами.

Примітки:

1. У водопровідній питній воді визначаються: хлороформ – якщо питна вода з поверхневих вододжерел; хлор залишковий вільний та зв'язаний, озон, поліакриламід – у разі застосування в процесі водопідготовки відповідних реагентів; формальдегід – у разі озонування води в процесі водопідготовки; діоксид хлору та хлорити – у разі обробки води діоксидом хлору в процесі водопідготовки.
2. У питній воді фасованій, з пунктів розливу та бюветів визначаються: хлороформ – якщо вода хлорується в процесі водопідготовки або використовується хлорована вихідна вода; формальдегід – у разі озонування води в процесі водопідготовки або якщо використовується озонована вихідна вода; срібло та діоксид вуглецю – в разі застосування в процесі водопідготовки відповідних реагентів чи речовин; поліакриламід – у разі використання в процесі водопідготовки водопровідної питної води з поверхневого джерела питного водопостачання.

**Санітарно-хімічні показники безпечності та якості питної води
(чинні з 01.01.2015 р.)**

Показник	Одиниця виміру	Нормативи для питної води		
		водопровідної	з колодязів і каптажів джерел	фасованої, з пунктів розливу та бюветів
<i>1. Фізико-хімічні показники</i>				
<i>органічні компоненти</i>				
Нафтопродукти	мг/дм ³	≤ 0,1	Не визначається	< 0,01
Поверхнево-активні речовини аніонні	мг/дм ³	≤ 0,5	Не визначається	< 0,05
<i>2. Санітарно-токсикологічні показники</i>				
<i>а) неорганічні компоненти</i>				
Кобальт* ²	мг/дм ³	≤ 0,1	Не визначається	≤ 0,1
Нікель	мг/дм ³	≤ 0,02	Не визначається	≤ 0,02
Селен* ²	мг/дм ³	≤ 0,01	Не визначається	≤ 0,01
Хром загальний	мг/дм ³	≤ 0,05	Не визначається	≤ 0,05
<i>б) органічні компоненти</i>				
Бенз(а)пірен* ¹	мкг/дм ³	≤ 0,005	Не визначається	< 0,002
Дибромхлорметан* ²	мкг/дм ³	≤ 10	Не визначається	≤ 1
Пестициди* ^{3, *4}	мг/дм ³	≤ 0,0001	Не визначається	≤ 0,0001
Пестициди* ^{3, *5} (сума)	мг/дм ³	≤ 0,0005	Не визначається	≤ 0,0005
Тригалогенметани* ⁶ (сума)	мкг/дм ³	≤ 100	Не визначається	≤ 10* ⁴

*¹ Речовини I класу небезпеки.

*² Речовини II класу небезпеки.

*³ Пестициди включають органічні інсектициди, органічні гербіциди, органічні фунгіциди, органічні нематоциди, органічні акарициди, органічні альгіциди, органічні родентициди, органічні слімициди, споріднені продукти (серед них регулятори росту) та їх метаболіти, продукти реакції та розпаду. Перелік пестицидів, що визначаються у питній воді, встановлюється в кожному конкретному випадку та має включати тільки ті пестициди, що можуть знаходитись у джерелі питного водопостачання.

*⁴ Норматив для кожного окремого пестициду. За наявності в джерелі питного водопостачання алдрину, діелдрину, гептахлориду та гептахлорепоксиду їх вміст у питній воді має становити не більше ніж 0,03 мкг/дм³ для кожної з цих речовин.

*⁵ Сума пестицидів визначається як сума концентрацій кожного окремого пестициду.

*⁶ Сума тригалогенметанів визначається як сума концентрацій хлороформу, бромформу, дибромхлорметану та бромдихлорметану.

Примітка: Тригалогенметани та дибромхлорметан визначаються у водопровідній питній воді з поверхневих вододжерел, а також у питній воді фасованій, з пунктів розливу та бюветів – у разі, якщо вода хлорується в процесі водопідготовки або використовується хлорована вихідна вода.

Таблиця 2.7

**Санітарно-хімічні показники безпечності та якості питної води
(чинні з 01.01.2020 р.)**

Показник	Одиниця виміру	Нормативи для питної води		
		водо-провідної	з колодязів і каптажів джерел	фасованої, з пунктів розливу та бюветів
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
<i>1. Фізико-хімічні показники</i>				
<i>органічні компоненти</i>				
Феноли леткі	мг/дм ³	≤ 0,001	Не визначається	< 0,0005
Хлорфеноли	мг/дм ³	≤ 0,0003	Не визначається	≤ 0,0003
<i>2. Санітарно-токсикологічні показники</i>				
<i>а) неорганічні компоненти</i>				
Берилій* ¹	мг/дм ³	≤ 0,0002	Не визначається	≤ 0,0002
Бор* ²	мг/дм ³	≤ 0,5	Не визначається	≤ 0,5
Стронцій* ²	мг/дм ³	≤ 7,0	Не визначається	≤ 7,0
Стибій* ²	мг/дм ³	≤ 0,005	Не визначається	≤ 0,005
Ціаніди* ²	мг/дм ³	≤ 0,050	Не визначається	≤ 0,050
<i>б) органічні компоненти</i>				
Бензол* ²	мг/дм ³	≤ 0,001	Не визначається	≤ 0,001
1,2-Дихлоретан* ²	мкг/дм ³	≤ 3	Не визначається	≤ 0,3
Тетрахлорвуглець* ²	мкг/дм ³	≤ 2	Не визначається	≤ 0,2
Трихлоретилен* ² і тетрахлоретилен* ² (сума)	мкг/дм ³	≤ 10	Не визначається	≤ 1

Закінчення табл. 2.7

1	2	3	4	5
<i>в) інтегральний показник</i>				
Загальний органічний вуглець	мг/дм ³	≤ 8,0* ³	Не визначається	≤ 3,0

*¹ Речовини I класу небезпеки.

*² Речовини II класу небезпеки.

*³ Не визначається на підприємствах питного водопостачання з об'ємом виробництва питної води менше 10 000 м³/доба.

Примітки:

- 1,2-Дихлоретан, тетрахлорвуглець, трихлоретилен та тетрахлоретилен (сума) визначаються у водопровідній питній воді з поверхневих вододжерел, а також у питній воді фасованій, з пунктів розливу та бюветів – у разі, якщо вода хлорується в процесі водопідготовки або використовується хлорована вихідна вода.
- Загальний органічний вуглець може визначатись замість перманганатної окиснюваності.

Якщо під час виробництва питної води проводиться її знезараження, виробник має вжити заходів щодо мінімізації забруднення питної води побічними продуктами знезараження.

Вміст у питній воді шкідливих речовин, не зазначених у ДСанПіН 2.2.4-171-10, має не перевищувати їх гранично допустимих концентрацій (ГДК), визначених санітарними нормами для поверхневих вод.

За наявності у питній воді кількох речовин з однаковою лімітуючою ознакою шкідливості, що належать до I та II класів небезпеки, сума відношення концентрацій (C_1, C_2, \dots, C_n) кожної з речовин до відповідної ГДК має не перевищувати одиницю:

$$\frac{C_1}{\text{ГДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ГДК}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{ГДК}_n} \leq 1.$$

Під час гігієнічної оцінки радіаційної безпечності питної води у місцях водозаборів поверхневих і підземних джерел питного водопостачання попередньо визначають питомі сумарні альфа- та бета-активності за такими показниками:

Показник активності питної води	Норматив, Бк/дм ³
Сумарна альфа-активність	≤ 0,1
Сумарна бета-активність	≤ 1,0

У разі встановлення перевищення одного або обох показників слід проводити радіологічні дослідження питної води за радіаційними показниками:

Радіаційні показники безпечності питної води	Норматив, Бк/дм ³
Сумарна активність природної суміші ізотопів U	≤ 1
Питома активність	
²²⁶ Ra	≤ 1
²²⁸ Ra	≤ 1
²²² Rn	≤ 100
¹³⁷ Cs	≤ 2
⁹⁰ Sr	≤ 2

У разі встановлення перевищення питомої сумарної альфа-активності у питній воді з підземних джерел водопостачання потрібно визначати питому сумарну активність природної суміші ізотопів урану (U), питомі активності радію (²²⁶Ra, ²²⁸Ra) та радону (²²²Rn), а в разі встановлення перевищення питомої сумарної бета-активності у питній воді з поверхневих та підземних джерел водопостачання – питомі активності цезію (¹³⁷Cs) і стронцію (⁹⁰Sr).

Якість питної води, що подається споживачеві системою централізованого господарсько-питного водопостачання, має завжди відповідати гігієнічним нормам, встановленим ДержСанПіН, і бути гарантовано захищеною від випадкового чи систематичного погіршення.

Висновки до розділу 2

Відповідно до прийнятих структурно-гідрогеологічних принципів на території України виділяють 10 гідрогеологічних регіонів першого порядку, яким властиві певні особливості геоло-

го-гідрогеологічного розрізу порід і регіональні закономірності гідрогеологічних умов.

Тривалий час проблеми дослідження якості питних підземних вод розглядалися лише на рівні її відповідності нормативам до питних вод. У той же час актуальності набувають питання впливу регіональних (локальних) особливостей якісного складу питних підземних вод на здоров'я населення. Так, існування біогеохімічних провінцій потребує застосування комплексу відповідних заходів для зменшення впливу підземних вод на показники здоров'я й мінімізації ризику захворювання населення.

Особливості геологічної будови та кліматичних умов гідрогеологічних регіонів визначають нерівномірність розподілу запасів і ресурсів підземних вод, що використовуються для задоволення потреб країни. Основними водоносними горизонтами (комплексами) на території України, що характеризуються різними якісними і кількісними показниками та в різному ступені використовуються для питно-господарського водозабезпечення є водоносні горизонти: в четвертинних відкладах, у відкладах неогену, палеогену, крейди, юри, тріасу і пермі, у кам'яновугільних відкладах, у відкладах девону, силуру і ордовіку, кембрію, рифею, у кристалічних породах та продуктах їх вивітрювання.

Під час оцінювання впливу хімічного складу підземних вод на стан здоров'я населення дослідженню підлягають особливості формування хімічного складу підземних вод у природних і техноприродних умовах. При цьому доцільно розглядати чинники (фізико-хімічні, хімічні токсичні речовини, хімічно необхідні сполуки) та джерела екологічної небезпеки (природні та техногенні).

В Україні якість питної води повинна відповідати вимогам, що регламентовані ДержСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною», що обґрунтовують для води безпеку в епідеміологічному відношенні; безпеку в радіаційному відношенні; сприятливість органолептичних властивостей; нешкідливість хімічного складу.

Список літератури до розділу 2

1. *Стратегія* використання ресурсів питних підземних вод для водопостачання: у 2 т. / за ред. Е.А. Ставицького, Г.І. Рудька, Є.О. Яковлева. – Чернівці: Букрек, 2011. – Т. 1 – 348 с.
2. *Шестопапов В.М., Блінов В.П., Лютий Г.Г.* Гідрогеологічне районування території України: Звіт УкрДГРІ. – К., 2010. – 83 с.
3. *Камзіст Ж.С., Шевченко О.Л.* Гідрогеологія України: Навч. посібник. – Київ: ІНКІОС, 2009. – 614 с.
4. *Бабінець В.Е.* Подземные воды юго-запада Русской платформы. – К.: Изд-во АН УССР, 1961. – 378 с.
5. *Шестопапов В.М.* Естественные ресурсы подземных вод платформенных артезианских бассейнов Украины. – К.: Наук. думка, 1981. – 196 с.
6. *Шестопапов В.М., Ситников А.Б., Лялько В.И. и др.* Водобмен в гидрогеологических структурах Украины. Методы изучения водообмена / Отв. ред. В.М. Шестопапов. – К.: Наук. думка, 1988. – 272 с.
7. *Шестопапов В.М., Лялько В.И., Дробноход Н.И. и др.* Водобмен в гидрогеологических структурах Украины: Водобмен в естественных условиях / Отв. ред. В.М. Шестопапов. – К.: Наук. думка, 1989. – 288 с.
8. *Шестопапов В.М., Огняник Н.С., Дробноход Н.И. и др.* Водобмен в гидрогеологических структурах Украины: Водобмен в нарушенных условиях. – К.: Наук. думка, 1991. – 528 с.
9. *Шестопапов В.М., Руденко Ю.Ф., Гудзенко В.В., Макаренко А.Н.* Водобмен в гидрогеологической структуре Киевской городской агломерации и миграция радионуклидов // Водобмен в гидрогеологических структурах и Чернобыльская катастрофа. Ч. 1. – К.: ТОВ «Карбон ЛТД», 2001. – С. 127–160.
10. *Басков Е.А.* Основы палеогидрогеологии рудных месторождений. – Л.: Недра, 1983. – 263 с.
11. *Біогеохімічні провінції Закарпаття / Н.О. Крюченко, П.С. Папарига, Ю.К. Осадчук // Пошукова та екологічна геохімія. – 2009. – № 1. – С. 53–55.*
12. *Геохімічні критерії впливу зон тектонічних порушень на екологічну обстановку в Білорусі і Україні / Е.Я. Жовинський,*

- Н.О. Крюченко, К.Е. Дмитренко // Пошукова та екологічна геохімія. – 2009. – № 1. – С. 32–41.
13. *Крюченко Н.О.* Геохімія фтору питних вод України: Автореф. дис. ... канд. геол. наук. – Київ, 2002. – 17 с.
 14. *Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши* / Под ред. А.Д. Семенова. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 541 с.
 15. *Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов I–IV групп: Справ. изд.* / А.Л. Бандман, Г.А. Гудзонский, Л.С. Дубейковская и др.; под ред. В.А. Филова и др. – Л.: Химия, 1988. – 512 с.
 16. *Сборник санитарно-гигиенических нормативов и методов контроля вредных веществ в объектах окружающей среды.* – М.: Искусство, 1991. – 370 с.
 17. *Беспмятнов Г.П., Кротов Ю.А.* Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде: Справочник. – Л.: Химия, 1985. – 528 с.
 18. *Новиков Ю.В., Ласточкина К.О., Болдина З.Н.* Методы исследования качества воды водоемов / Под ред. А.П. Шицковой. – М.: Медицина, 1990. – 399 с.
 19. *Вредные химические вещества. Неорганические соединения V–VIII групп: Справ. изд.* / А.Л. Бандман, Н.В. Волкова, Т.Д. Грехова; под ред. В.А. Филова и др. – Л.: Химия, 1989. – 592 с.
 20. *Крайнев С.Р., Гудзь З.Г., Закутин В.П. и др.* Геохимия селена в подземных водах // Геохимия. – 1983. – № 3. – С. 359–374.
 21. *Шварцев С.Л.* Гидрогеохимия зоны гипергенеза. – М.: Недра, 1978. – 320 с.
 22. *Kharkar D.P., Turekian K.K., Betrinc K.K.* Stream supply of dissolved silver, molybdenum, antimony, selenium, chromium, cobalt, rubidium and cesium to the ocean // *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1968. – 32. – № 3. – P. 285–298.
 23. *Lakin H.W.* Geochemistry of selenium in relation to agriculture // *Agriculture handbook*. – 1961. – № 200. – 150 p.
 24. *Naftiz D.L., Rice J.A.* Geochemical processes controlling selenium in ground water after mining. Powder river basin. Wyoming. USA // *Appl. Geochem.* – 1989. – 4, № 6. – P. 565–575.

25. *Weres O., Jaouni A.-L., Tsao L.* The distribution, specification and geochemical cycling of selenium in sedimentary environment, Kesterson Reservoir, California, USA // *Appl. Geochem.* – 1989. – 4, № 6. – P. 543–563.
26. *Сидельникова В.Д.* Геохимия селена в биосфере / В кн.: Проблемы биогеохимии и геохимической экологии // Тр. биогеохим. лаб. Ин-та геохимии и аналит. химии им. В.И. Вернадского. – М.: Наука, 1999. – С. 81–99.
27. *Ермаков В.В., Ковальский В.В.* Биологическое значение селена. – М.: Наука, 1974. – 298 с.
28. *Перельман А.И.* Геохимия. – М.: Высш. шк., 1989. – 330 с.
29. *Закутин В.П., Щека В.А.* Селен в подземных маломинерализованных водах // *ДАН СССР.* – 1986. – 289, № 2. – С. 480–493.
30. *Ермаков В.В.* Биогеохимия селена. Региональные и экологические аспекты // Сб. тез. Междунар. симп. по прикладной геохимии стран СНГ. – М.: ИМГРЭ, 1997. – С. 289.
31. *Tan J.* The influence of selenium deficiency in environment on human health in Northeast China. In: J. Lag (Ed.) / *Excess and Deficiency of Trace Element in Relation to Human and Animal Health.* Norwegian Academy of Science and Letters. Norwegian University Press. – 1987. – P. 90–95.
32. *Johnson C.C., Ge X., Green K.A., Lin X.* Studies of selenium distribution in soils, grains, drinking water and human hair samples from the Keshan Disease belt of the Zhangjiakon District, Hebei Province, China-British Geological Survey Technical Report No. WC/96/52.
33. *Johnson C.C., Ge X., Green K.A., Lin X.* Selenium distribution in the local environment of selected villages of the Keshan Disease belt, Zhangjiakou District, Hebei Province, People's Republic of China *Applied Geochemistry.* – 2000. – N 15. – P. 385–401.
34. *Sun Shuzhuang.* The Huilan Studies on various form of selenium in water and wastewater. In: J. Tan, P. Peterson, R. Li, W. Wang (Eds.) / *Environmental Life Elements and Health.* Science Press. – Beijing, 1990. – P. 84–87.
35. *Никаноров А.М.* Гидрохимия. Учеб. пособие. – Л.: Гидрометеоздат, 1989. – 237 с.

36. *Зенин А.А., Белоусова Н.В.* Гидрохимический словарь. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 238 с.
37. *Джувеликян Х.А.* Экология, город, человек. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1996. – 104 с.
38. *Войцехович О.В.* Чорнобильська аварія і управління радіоактивним забрудненням вод в Україні. – К., 2006.
39. *Smith J., Voitsekhovich O.V., Konoplev A.V., Kudelsky A.V.* Radioactivity in aquatic system/catastrophe and consequences / Eds. J. Smith, N. Beresford. – Springer, 2005. – P. 139–190.
40. *Nasvit O.I.* Radio-ecological Situation in the Cooling Pond of Chornobyl NPP // In: Recent Research Activity about Chernobyl NPP Accident in Belarus, Ukraine and Russia. Kioto University, 2002. – KURAI-KR-79. – P. 74–85.
41. *Bucley M.J., Bugai D., Dutton L. et al.* Drawing up and Evaluating Remediation Strategies for the Chernobyl Colling Pond. Final Report NNC Ltd. C6476/TR/001/2002.
42. *Marine Environment Assessment of the Black Sea (Working material).* Final report. Technical cooperation project RER/2/003. – 358 p.
43. *Канивец В.В., Войцехович О.В.* Радиоактивное загрязнение донных отложений водоема-охладителя Чернобыльской АЭС // Тр. УкрНИГМИ. – 2000. – Вып. 248. – С. 154–171.
44. *Shestopalov V.M.* Chernobyl disaster and groundwater / Editor V. Shestopalov / Balkema Publisher, 2002. – P. 289.
45. *Bugai D.A., Waters R.D., Dzhepo S.P., Skalsky A.S.* Risks from Radionuclide Migration to Groundwater in the Chernobyl 30-km Zone // Health Physics. – 1996. – 71. – P. 9–18.
46. *Джепо С.П., Скальський А.С., Бугай Д.А.* Радиационный мониторинг подземных вод // В кн.: Радиоэкология водных объектов зоны влияния аварии на Чернобыльской АЭС. – К.: Чернобыльинтеринформ. Т. 1. Мониторинг радиоактивного загрязнения природных вод Украины, 1997. – С. 152–214.
47. *Свинец.* Гигиенические критерии состояния окружающей среды / Программа ООН по окружающей среде. – Женева: ВОЗ, 1980. – 193 с.
48. *Келлер А.А.* Медицинская экология / А.А. Келлер, В.И. Кувакин. – СПб.: Петроградский и Ко, 1999. – 256 с.

49. *Kobayashi J.* On Geographical Relations Between the Chemical Nature of River Water and Death Rate from Apoplexy // *Berich. Ohara Inst. Landwirtsch. Biol.* – 1957. – **11**. – P. 12–21.
50. *Schroeder H.A.* Relation Between Mortality from Cardiovascular Disease and Treated Water Supplies. Variations in States and 163 Largest Municipalities of the United States // *J. Amer. Med. Assoc.* – 1960. – **172**. – P. 1902–1908.
51. *Marier J.R.* Role of Magnesium in the «Hard–Water Story» // *Magnes. Bull.* – 1986. – **8**. – P. 194–198.
52. *Neri L.C., Hewitt D., Schreiber G. B. et al.* Health Aspects of Hard and Soft waters // *J. Amer. Water Works Assoc.* – 1975. – **67**. – P. 403–409.
53. *Pocock S.J., Shaper A.G., Cook D.G. et al.* British Regional Heart Study: Geographic Variations in Cardiovascular Mortality, and Role of Water Quality // *British Medical Journal.* – 1980. – **280**. – P. 1243–1249.
54. *Dissanayake C.B., Senaratne A., Weerasooriya V.R.* Geochemistry of Well Water and Cardiovascular Diseases in Sri Lanka // *Ibid.* – 1982. – **19**. – P. 195–203.
55. *Dissanayake C.B.* The Fluoride Problem in the Groundwater of Sri Lanka – Environmental Management and Health // *Int. J. Environ. Stud.* – 1991. – **38**. – P. 137–156.
56. *Rajasooryar L.D.* A Study of the Hydrochemistry of the Uda Walawe Basin, Sri Lanka, and the Factors that Influence Groundwater Quality, PhD thesis, University of East Anglia, Norwich, 2003.
57. *Punsar S., Karvonen M.J.* Drinking Water Quality and Sudden Death: Observations from West and East Finland // *Cardiology.* – 1979. – **64**. – P. 24–34.
58. *Luoma H., Aromaa A., Helminen S. et al.* Risk of Myocardial Infarction in Finnish Men in Relation to Fluoride, Magnesium and Calcium Concentration in Drinking Water // *Acta Med. Scand.* – 1983. – **213**. – P. 171–176.
59. *Altura B.M., Altura B.T.* Role of Magnesium in Pato-physiological Processes and the Clinical Utility of Magnesium Ion Selective Electrodes // *Ibid.* – 1996. – **56**, Suppl. 224. – P. 211–234.

60. *Altura B.M., Altura B.T., Carella A. Turlapaty P.D.M.V.* Hypomagnesemia and Vasoconstriction: Possible Relation to Etiology of Sudden Death Ischemic Heart Disease and Hypertensive Vascular Disease, Artery. – 1981. – **9**. – P. 212–231.
61. *Reinhardt R.A.* Clinical Correlates of the Molecular and Cellular Actions of Magnesium on the Cardiovascular System // *Amer. Heart J.* – 1991. – **121**. – P. 1513–1521.
62. *Anderson T.W., Neri L.C., Schreiber G.B. et al.* Ischemic Heart Disease, Water Hardness and Myocardial Magnesium // *Can. Med. Assoc. J.* – 1975. – **113**. – P. 199–203.
63. *Schaafsma G.* The Scientific Basis of Recommended Dietary Allowances for Calcium // *J. Int. Med.* – 1992. – **231**. – P. 187–194.
64. *Durlach J.* Recommended Dietary Amounts of Magnesium: Magnesium RDA // *Magnes. Res.* – 1989. – **2**. – P. 195–203.
65. *Marier J.R.* Magnesium Content of the Food Supply in the Modern-Day World // *Magnesium.* – 1986. – **5**. – P. 1–8.
66. *Seelig M.S.* Nutritional Status and Requirements of Magnesium: With Consideration of Individual Differences and Prevention of Cardiovascular Disease // *Magnes. Bull.* – 1986. – **8**. – P. 170–185.
67. *Fine K.D., Santa Ana C.A., Porter J.L., Fordtran J.S.* Intestinal Absorption of Magnesium from Food and Supplements // *J. Clin. Invest.* – 1991. – **88**. – P. 396–402.
68. *Hardwick L.L., Jones M.R., Brautbar N., Lee D.B.N.* Site and Mechanism of Intestinal Magnesium Absorption // *Miner. Electrolyte Metab.* – 1990. – **16**. – P. 174–180.
69. *Neutra R.R.* Epidemiology vs. Physiology? Drinking Water Magnesium and Cardiac Mortality (editorial) // *Epidemiology.* – 1999. – **10**. – P. 4–6.
70. *Durlach J., Bara M., Guiet-Bara A.* Magnesium Level in Drinking Water: Its Importance in Cardiovascular Risk. In *Magnesium in Health and Disease* / Eds. Y. Itokawa, J. Durlach, London: John Libbey & Co, 1989. – P. 173–182.
71. *Haring B.S.A., Van Delft W.* Changes in the Mineral Composition of Food as a Result of Cooking in «Hard» and «Soft» waters // *Arch. Environ. Health.* – 1981. – **36**. – P. 33–35.

72. *Theophanides T., Angiboust J.-E., Polissiou M. et al.* Possible Role of Water Structure in Biological Magnesium Systems // *Magnes. Res.* – 1990. – **3**. – P. 5–13.
73. *Wilkinson S.R., Stuedemann J.A., Grunes D.L., Devine O.J.* Relation of Soil and Plant Magnesium to Nutrition of Animals and Man // *Magnesium.* – 1987. – **6**. – P. 74–90.
74. *Landin K., Bonevik H., Rylander R., Sandstrom B.* Skeletal Muscle Magnesium and Drinking Water Magnesium Level // *Magnes. Bull.* – 1989. – **11**. – P. 177–179.
75. *Rubenowitz E., Axelsson G., Rylander R.* Magnesium in Drinking Water and Body Magnesium Status, Measured Using an Oral Loading Test // *Scand. J. Clin. Lab. Invest.* – 1998. – **58**. – P. 423–428.
76. *Harlan W.R., Hull A.L., Schmouder R.L. et al.* Blood Pressure and Nutrition in Adults // *Amer. J. Epidemiol.* – 1984. – **120**. – P. 17–28.
77. *Heany R.P., Recker R.R.* Estimation of True Calcium Absorption // *Ann. Int. Med.* – 1985. – **103**. – P. 516–521.
78. *Michaelsson K.* Diet and Osteoporosis. – Uppsala University Medical dissertations, 1996.
79. *Cappucio E., Elliot P., Allender P.S. et al.* Epidemiologic Association Between Dietary Calcium Intake and Blood Pressure: A Meta-Analysis of Published Data // *Amer. J. Epidemiol.* – 1995. – **142**. – P. 935–945.
80. *McCarron D.A.* Low Serum Concentrations of Ionized Calcium in Patients with Hypertension // *N. Engl. J. Med.* – 1982. – **307**. – P. 226–228.
81. *McCarron D.A.* Is Calcium More Important Than Sodium in the Pathogenesis of Essential Hypertension / Hypertension. – 1985. – **7**. – P. 607–627.
82. *Sowers J.R., Zemel M.B., Zemel P.C., Standley P.R.* Calcium Metabolism and Dietary Calcium in Salt Sensitive Hypertension // *Amer. J. Hypertension.* – 1991. – **4**. – P. 557–563.
83. *Johnson N.E., Smith I.L., Freudenhim J.L.* Effects on Blood Pressure of Calcium Supplementation of Women // *Amer. J. Clin. Nutr.* – 1985. – **42**. – P. 12–17.

РОЗДІЛ 3

ВОДОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УКРАЇНИ ПІДЗЕМНИМИ ВОДАМИ ТА ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ

(Г.І. Рудько, О.В. Нецький)

Останніми роками набувають актуальності питання медичної геології, що стосуються впливу якісного складу питних підземних вод на здоров'я населення регіонів. Існування в межах України біогідрохімічних провінцій фтору, заліза тощо (Карпатський регіон, Дніпрово-Донецька западина) потребує вжиття на цих територіях комплексу заходів для зменшення ризику захворювання людей.

Питна вода, що подається централізовано в багато населених пунктів України, за деякими показниками постійно або періодично не відповідає встановленим нормам і може негативно впливати на стан здоров'я населення. Це пов'язано з недостатніми очищенням і знезараженням води, незадовільним станом водопровідних мереж, перебоями в централізованій подачі води та через інші причини.

Потенційні запаси поверхневих вод у нашій державі становлять близько 209,8 км³, їх середньообагаторічні запаси без урахування об'єму стоку р. Дунай по Кілійському рукаву – 87,1 км³/рік. За сумарними запасами власних поверхневих і підземних водних ресурсів Україна належить до малозабезпечених держав: загальний об'єм внутрішніх відновлюваних водних ресурсів на одного мешканця – 1155 м³/рік.

Розподіл водних ресурсів по території України вкрай нерівномірний: різні адміністративно-територіальні одиниці забезпечені водою як надмірно, так і недостатньо. Територіальний розподіл водних ресурсів не відповідає розміщенню водосемних галузей господарського комплексу.

Важливим резервом для водопостачання населення України є підземні води, найцінніші з яких – прісні. Прогнозні ре-

сурси підземних вод в Україні становлять близько $22,5 \text{ км}^3/\text{рік}$ ($61,7 \text{ тис. м}^3/\text{доба}$), з них із мінералізацією до $1,5 \text{ г/дм}^3$ – близько $21,0 \text{ км}^3/\text{рік}$ ($57,5 \text{ тис. м}^3/\text{доба}$). Розподіл ресурсів підземних вод також у край нерівномірний.

За експлуатаційними запасами питних і підземних вод Україна належить до держав із високим рівнем вивченості родовищ підземних вод, однак ця вивченість нерівномірна. За абсолютними показниками найбільші об'єми розвіданих експлуатаційних запасів підземних вод зосереджені в Київській, Луганській, Львівській, Донецькій, Харківській областях та АР Крим – від 1 млн 47 тис. 87 до 1 млн 894 тис. 74 $\text{м}^3/\text{доба}$.

Середня забезпеченість прогнозними ресурсами підземних вод одного мешканця України – $1,27 \text{ м}^3/\text{доба}$, експлуатаційними запасами підземних вод – $0,33 \text{ м}^3/\text{доба}$. Це один із найнижчих показників серед країн СНД, за ним Україні поступається лише Туркменія.

Загальний видобуток питних (і технічних) підземних вод із прогнозних ресурсів становить близько $8,9 \%$ загальної їх кількості, з експлуатаційних запасів питних підземних вод – $14,4 \%$ загальної кількості розвіданих запасів. Показники видобутку свідчать про значний резерв захищених водоносних горизонтів підземних вод на противагу уразливим і забрудненим поверхневим водам.

Водопостачання міст і промислово-міських агломерацій характеризується значними ризиками для здоров'я населення. Одним із них є той, що вода для питного водопостачання використовується багаторазово після очищення, знезаражування та інших процедур.

Вибір джерела водопостачання великою мірою визначає характер самої системи, наявність у її складі тих чи інших споруд, й отже, вартість будівництва, розмір експлуатаційних витрат.

Системи водопостачання окремих великих міст України почали розвиватись у ХХ ст., максимальної інтенсивності цей процес набув у 1960–1970-ті роки. У той час при виборі основного джерела водопостачання перевагу віддавали поверхневим водам. Сучасний якісний стан поверхневих вод, що знаходяться в умо-

вах техногенного навантаження, не сприяє їх безпечному використанню як джерел питного водопостачання.

У межах великих міст практично по всій території України ґрунтові води до глибини 15–20 м і приповерхневі водоносні горизонти до 100 м переважно забруднені й не придатні для пиття. При цьому відмічаються зміни макрокомпонентного складу і мінералізації підземних вод. Альтернативне водопостачання великих міст можливе підземними водами надійно захищених глибоких горизонтів у межах Дніпровсько-Донецького, Волино-Подільського, Причорноморського артезіанських басейнів.

Водопостачання значної частини середніх за розмірами та більшості малих міст базується переважно на використанні підземних вод.

У багатьох регіонах України не витримується нормативна якість питної води через відсутність сучасних технологій водочищення та водопідготовки. Незадовільний технічний стан водогінних і каналізаційних мереж спричинює вторинне забруднення очищеної питної води, втрати води, що досягають 50 %, підтоплення міських територій.

Рациональне вирішення питань використання водних ресурсів для водопостачання міст і забезпечення потреб водоспоживачів можливе за умови їх розгляду як комплексних водогосподарських проблем (екологічних, комунальних, енергетичних, господарських тощо).

Значні проблеми з водозабезпеченням сільських населених пунктів. При цьому рівень водопостачання сільських населених пунктів в Україні є одним із найнижчих в Європі. Значна частина населення (74 %) для питних потреб використовує привізну воду й місцеві джерела: шахтні і трубні колодязі, індивідуальні свердловини, саморобні каптажі, прируслові копанки. Експлуатація незахищених ґрунтових водоносних горизонтів, незадовільний технічний стан водозабірних і водогінних комунікацій створюють ризик епідемічної небезпеки для людей.

Близько 30 % проб питної води, відібраних із джерел нецентралізованого водопостачання в сільській місцевості, не відповідає

дали нормативам за санітарно-хімічними показниками і 20 % – за мікробіологічними.

Ситуація з водопостачанням у сільській місцевості ускладнена наслідками Чорнобильської катастрофи. Санітарний та екологічний стан джерел водопостачання, особливо в промислово насичених районах і на територіях із розвиненим сільськогосподарським виробництвом, є критичним або наближається до критичного. На сільських водопроводах немає очисних споруд і знезаражувальних установок, не проводиться виробничий лабораторний контроль якості питної води.

В кількісному аспекті ситуація з водозабезпеченням напружена в АР Крим, Одеській, Миколаївській, Запорізькій, Херсонській, Луганській областях. Особливо катастрофічна вона в Миколаївській, Запорізькій та Херсонській областях, де в результаті функціонування водогосподарських комплексів сформувався регіональний підпір, який спричинює засолення ґрунтових вод, створює проблеми питному водозабезпеченню населення.

Системи централізованого питного водопостачання багатьох регіонів України використовують переважно поверхневі джерела – води річок Дніпро, Дністер, Південний Буг, Сіверський Донець, Десна та багатьох інших великих і малих річок України. За даними Мінприроди України, Мінрегіон України та МОЗ України, екологічний стан поверхневих вод останніми роками істотно погіршився.

Проблема забезпечення населення України якісною питною водою є соціально значущою, оскільки питна вода безпосередньо впливає на стан здоров'я громадян і є одним із визначальних чинників екологічної та епідеміологічної безпеки життєдіяльності людини.

Головним чинником погіршення якості поверхневих джерел водопостачання є багаторічна незбалансована господарська діяльність на їх водозбірних площах. Найбільш небезпечною є екологічна ситуація, що склалась у басейні Дніпра, де сконцентровані водоемні промислові й сільськогосподарські підприємства, великі міста, об'єкти теплової й атомної енергетики. Аналогічним екологічним станом характеризуються й багато інших річок

України. Крім цього, більшість річок унаслідок суцільного зарегулювання має уповільнений водообмін (6 водосховищ р. Дніпро, близько 28,5 тис. ставків, середніх та малих водосховищ). До них надходять значні обсяги забруднених стоків (25–30 % і більше загального обсягу стоку).

Якісний стан поверхневих вод України додатково погіршується природними умовами формування підвищеної водності, спричиненими частими повеннями, які привносять у поверхневі водотоки забруднювальні речовини різного походження з сільськогосподарських угідь та техногенних ландшафтів промисловоміських територій, зумовлюють нестабільність якісного складу поверхневих вод, ускладнюють роботу систем підготовки питної води, що подається комунальними водопроводами населенню, до діючих гігієнічних нормативів.

Альтернативним джерелом питного водопостачання населення України є напірні, захищені від прямих надходжень забруднювальних речовин підземні води, які мають стабільний у часі хімічний склад.

3.1. Ресурси підземних вод та їх використання

Україна за сумарними запасами власних поверхневих і підземних водних ресурсів належить до малозабезпечених держав (загальний об'єм внутрішніх відновлюваних ресурсів на одного мешканця – 1155 м³/рік за граничного значення водно-ресурсної безпеки – 1700 м³/рік). По території України водні ресурси розподілені вкрай нерівномірно і в недостатніх обсягах.

За результатами регіонального оцінювання в 1974–1980 рр. прогнозні ресурси підземних вод в Україні становили 61 689,2 тис. м³/доба (22,5 км³/рік), з яких 57 499,9 тис. м³/доба (21,0 км³/рік) мали мінералізацію до 1,5 г/дм³.

Ресурси підземних вод – це оцінені за даними геологічного вивчення надр об'єми підземних вод, що характеризують потенційні можливості їх видобутку з надр на відповідній території з визначеною забезпеченістю витрат (рівнів) підземних вод.

Розподіл прогнозних ресурсів підземних вод наведено нижче.

**Розподіл прогнозних ресурсів підземних вод по регіонах
України [1]**

Адміністративна одиниця (область)	Прогнозний ресурс, тис. м³/доба
АР Крим	1300,8
Вінницька	885,5
Волинська	2586,3
Дніпропетровська	1092,6
Донецька	2464
Житомирська	628,6
Закарпатська	1081,6
Запорізька	1550,7
Івано-Франківська	754,4
Київська	4215,3
Кіровоградська	404,6
Луганська	4790
Львівська	3644,1
Миколаївська	441,6
Одеська	736,7
Полтавська	4288,9
Рівненська	3602,5
Сумська	3432,2
Тернопільська	2206
Харківська	4109,8
Херсонська	4970,8
Хмельницька	1963,7
Черкаська	1806,5
Чернівецька	405,3
Чернігівська	8326,7
Всього по Україні	61 689,2

Найвірогіднішою частиною прогнозних ресурсів питних підземних вод є *експлуатаційні запаси родовищ питних підземних вод*. *Експлуатаційні запаси питних підземних вод* – це підрахована за даними геологічного вивчення водних об'єктів кількість підземних вод, яку можна видобути з надр раціональними за техніко-економічними показниками водозаборами в заданому

режимі видобутку за умови відповідності якісних характеристик підземних вод вимогам їх цільового призначення та припустимого ступеня впливу на довкілля протягом розрахункового терміну водокористування.

Станом на початок 2010 р. в Україні розвідано 450 родовищ питних і технічних підземних вод, 209 родовищ мінеральних вод, 1 родовище теплоенергетичних підземних вод та 1 родовище промислових підземних вод.

Розподіл родовищ питних і технічних вод та кількості затверджених запасів по регіонах наведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Розподіл розвіданих родовищ (ділянок родовищ) та кількості затверджених запасів питних і технічних вод по регіонах України

Адміністративна одиниця (область)	Число родовищ (ділянок родовищ)	Кількість затверджених експлуатаційних запасів, тис. м ³ /доба
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
АР Крим	15 (90)	1182,38
Вінницька	21 (47)	147,87
Волинська	8 (21)	350,84
Дніпропетровська	16 (26)	699,14
Донецька	45 (105)	1083,72
Житомирська	21 (36)	205,80
Закарпатська	14 (20)	343,50
Запорізька	13 (34)	299,50
Івано-Франківська	13 (28)	286,45
Київська	34 (97)	1894,74
Кіровоградська	18 (38)	225,70
Луганська	20 (77)	1856,95
Львівська	29 (66)	1294,64
Миколаївська	8 (12)	81,22
Одеська	25 (39)	486,71
Полтавська	21 (52)	808,96
Рівненська	12 (36)	445,97

Закінчення табл. 3.1

1	2	3
Сумська	10 (31)	585,31
Тернопільська	9 (18)	288,71
Харківська	28 (50)	1047,87
Херсонська	15 (33)	923,67
Хмельницька	23 (45)	448,02
Черкаська	17 (37)	291,04
Чернівецька	5 (13)	173,78
Чернігівська	10 (28)	584,10
Всього по Україні	450 (1079)	16 036,59

За експлуатаційними запасами питних і підземних вод Україна належить до країн з високим рівнем вивченості родовищ підземних вод, однак ця вивченість доволі нерівномірна. Загалом найбільш дослідженими є центральна і східна частини України, північна й південна частини вивчені менше.

Розвіданість прогнозних ресурсів (характеризує ступінь їх вивченості) визначається відношенням кількості експлуатаційних запасів підземних вод до кількості прогнозних ресурсів у межах оцінюваної території.

Для регіонів України розвіданість прогнозних ресурсів змінюється в широких межах – від 7 % (Чернігівська область) до 91 % (АР Крим):

Розвіданість прогнозних ресурсів підземних вод по регіонах України

Адміністративна одиниця (область)	Розвіданість, %
АР Крим	91
Вінницька	17
Волинська	14
Дніпропетровська	64
Донецька	44
Житомирська	33

Адміністративна одиниця (область)	Розвіданість, %
Закарпатська	32
Запорізька	19
Івано-Франківська	38
Київська	45
Кіровоградська	56
Луганська	39
Львівська	36
Миколаївська	18
Одеська	66
Полтавська	19
Рівненська	12
Сумська	17
Тернопільська	13
Харківська	25
Херсонська	19
Хмельницька	23
Черкаська	16
Чернівецька	43
Чернігівська	7
<i>Всього по Україні</i>	<i>26</i>

Загальний рівень вивченості цих ресурсів підтверджує доволі значні перспективи подальшого збільшення використання підземних вод.

Ступінь розвіданості прогнозних ресурсів підземних вод у контексті забезпечення ними адміністративних регіонів України ілюструє рис. 3.1.

Забезпеченість населення України прогнозними ресурсами та експлуатаційними запасами питних підземних вод по регіонах і за площею відображають дані, наведені в табл. 3.2.

Рис. 3.1. Ступінь розвіданості прогнозних ресурсів підземних вод порівняно з розподілом їх ресурсів по регіонах України



Забезпеченість прогнозними ресурсами та експлуатаційними запасами питних підземних вод населення України по регіонах за площею

Адміністративна одиниця (область)	Чисельність населення, млн осіб	Площа, тис. км ²	Кількість прогнозних ресурсів на 1 мешканця, м ³ /доба	Забезпеченість прогнозними ресурсами підземних вод на 1 км ² площі, м ³ /доба	Кількість експлуатаційних запасів на 1 мешканця, м ³ /доба	Забезпеченість експлуатаційними запасами підземних вод на 1 км ² площі, м ³ /доба
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
АР Крим	2,4586	26,1	0,53	49,8	0,48	45,3
Вінницька	1,9326	26,5	0,46	33,4	0,08	5,6
Волинська	1,0612	20,2	2,44	128,0	0,33	17,4
Дніпропетровська	3,8812	31,9	0,28	34,3	0,18	21,9
Донецька	5,3324	26,5	0,46	93,0	0,20	40,9
Житомирська	1,5454	29,9	0,41	21,0	0,13	6,9
Закарпатська	12,523	12,8	0,86	84,5	0,27	26,8
Запорізька	2,0818	27,2	0,74	57,0	0,14	11,0
Івано-Франківська	1,4235	13,9	0,53	54,3	0,20	20,6
Київська	4,5428	28,1	0,93	150,0	0,42	67,4
Кіровоградська	1,2394	24,6	0,33	16,4	0,18	9,2
Луганська	2,8627	26,7	1,67	179,4	0,65	69,5
Львівська	2,7477	21,8	1,33	167,2	0,47	59,4
Миколаївська	1,3306	24,6	0,33	18,0	0,06	3,3

Закінчення табл. 3.2

1	2	3	4	5	6	7
Одеська	2,6426	33,3	0,28	22,1	0,18	14,6
Полтавська	1,7530	28,8	2,45	148,9	0,46	28,1
Рівненська	1,1697	20,1	3,08	179,2	0,38	22,2
Сумська	1,4327	23,8	2,40	144,2	0,41	24,6
Тернопільська	1,1689	13,8	1,89	159,9	0,25	20,9
Харківська	3,1950	31,4	1,29	130,9	0,33	33,4
Херсонська	1,2400	28,5	4,01	174,4	0,74	32,4
Хмельницька	1,5271	20,6	1,29	95,3	0,29	21,7
Черкаська	1,5315	20,9	1,18	86,4	0,19	13,9
Чернівецька	0,9380	8,1	0,43	50,0	0,19	21,5
Чернігівська	1,4159	31,9	5,88	261,0	0,41	18,3
<i>Всього по Україні</i>	<i>48,457</i>	<i>603,7</i>	<i>1,27</i>	<i>102,2</i>	<i>0,33</i>	<i>26,6</i>

Забезпеченість прогнозними ресурсами питних підземних вод мешканців адміністративних областей змінюється від 0,28 м³/доба (Одеська, Дніпропетровська) до 5,88 м³/доба (Чернігівська), експлуатаційними запасами підземних вод – від 0,06–0,08 м³/доба (Миколаївська, Вінницька) до 0,74 м³/доба (Херсонська) (див. табл. 3.2).

При цьому питомі значення, віднесені до 1 км² площі, змінюються від 16,4–18,0 м³/доба для Кіровоградської та Миколаївської областей до 261,0 м³/доба для Чернігівської області, що пов'язано з дуже неоднорідними умовами формування природних ресурсів підземних вод, які кількісно можуть відрізнятись майже у 16 разів. Середня забезпеченість прогнозними ресурсами підземних вод у розрахунку на 1 км² площі становить близько 102,2 м³/доба, експлуатаційними запасами – 26,6 м³/доба.

Джерелами формування природних ресурсів питних підземних вод (ПРППВ) України є (рис. 3.2):

1) природні динамічні ресурси – 10,4 км³/рік (28,52 млн м³/доба);

2) природні ємнісні запаси – 6,97 км³/рік (19,10 млн м³/доба);

3) ресурси, що залучаються з річок і водойм – 2,59 км³/рік (7,10 млн м³/доба);

4) транзитні природні динамічні ресурси підземних вод – 0,98 км³/рік (2,55 млн м³/доба).

Отже, основними джерелами прогнозних ресурсів підземних вод є природні динамічні ресурси – 50 % та природні ємнісні запаси – 33 %, що формують експлуатаційні запаси родовищ питних підземних вод.

По річкових басейнах ПРППВ розподілені так: басейн Дніпра – 61 %, Сіверського Дінця – 12, Дністра – 9 %. На інші річкові басейни припадає близько 18 % ПРППВ.

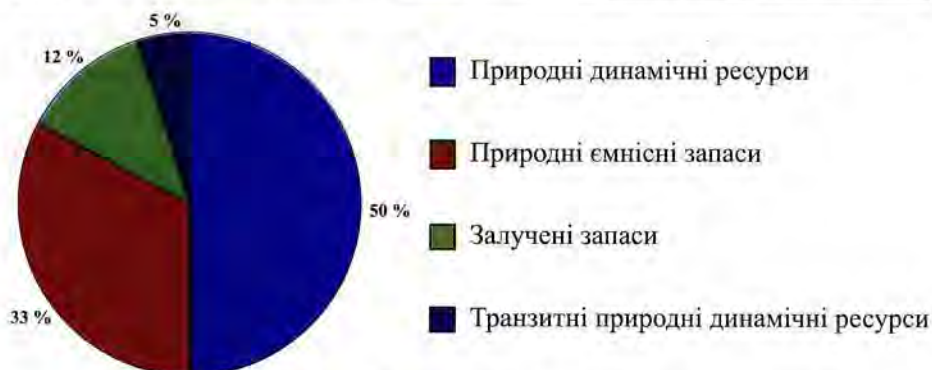


Рис. 3.2. Джерела формування природних ресурсів питних підземних вод України

Видобуток та освоєння підземних вод в Україні

За даними ДНВП «Геоінформ України», загальний видобуток питних (і технічних) підземних вод із прогнозних ресурсів за даними 2009 р. становив 5486,52 тис. м³/доба (близько 8,9 % загальної кількості прогнозних ресурсів) [1].

Об'єм видобутку з експлуатаційних запасів питних підземних вод протягом 2009 р. сягав 2309,60 тис. м³/доба (близько 14,4 % загальної кількості розвіданих експлуатаційних запасів підземних вод).

Співвідношення об'ємів видобутку підземних вод у країнах Європи до загальної кількості ресурсів підземних вод ілюструє рис. 3.3.

Окрім видобутку підземних вод із прогнозних ресурсів та експлуатаційних запасів у 2009 р. значні об'єми підземних вод відкачувались у процесі видобутку корисних копалин і дренажу з метою захисту територій. Загальний об'єм шахтного і дренажного водовідливу становив 1535,75 тис. м³/доба – це близько 28 % об'єму водовідбору для забезпечення господарсько-питних потреб. Дані щодо видобутку підземних вод по регіонах України наведено в табл. 3.3.

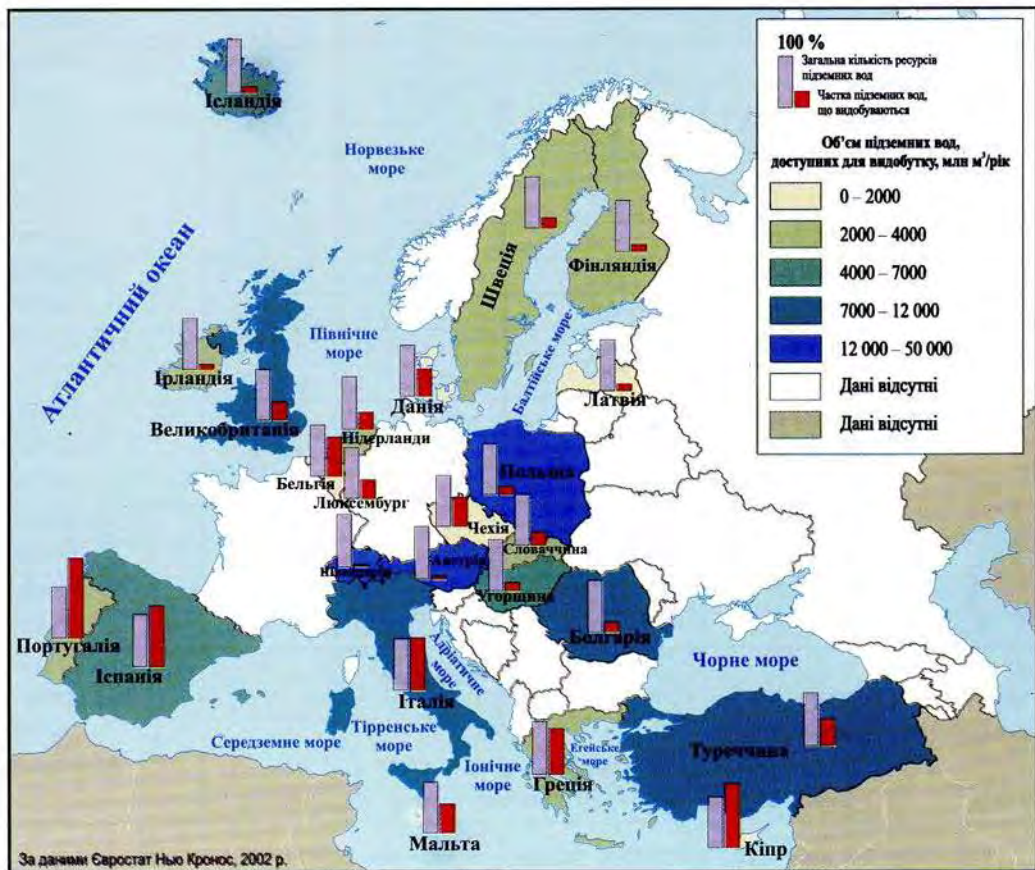


Рис. 3.3. Ресурси підземних вод та їх видобуток в європейських державах

Видобуток підземних вод по регіонах України (станом на 2009 р.)

Адміністративна одиниця (область)	Видобуток із прогностичних ресурсів, тис. м ³ /доба			Освоєння, %		
	Разом	у тому числі з розвіданих запасів		Неоцінений дренаж	Прогнозні ресурси	Розвідані запаси
		разом	діючі ділянки родовищ			
АР Крим	332,25	236,90	69	0,00	26	20
Вінницька	54,29	14,37	26	2,47	6	10
Волинська	172,25	86,97	13	9,44	7	25
Дніпропетровська	47,36	12,07	7	11,44	4	2
Донецька	880,59	133,34	53	711,58	36	12
Житомирська	58,50	11,44	10	18,18	9	6
Закарпатська	72,61	29,25	11	1,07	7	9
Запорізька	224,19	50,04	15	114,65	14	17
Івано-Франківська	24,77	9,30	9	0,00	3	3
Київська	272,33	201,07	41	0,00	6	11
Кіровоградська	125,34	13,78	11	87,96	31	6
Луганська	858,76	377,07	56	378,21	18	20
Львівська	508,53	364,11	37	2,66	14	28
Миколаївська	125,93	9,50	9	0,00	29	12
Одеська	114,79	36,07	36	0,00	16	7
Полтавська	242,11	107,67	32	38,77	6	13
Рівненська	126,19	74,92	20	23,64	4	17
Сумська	133,14	93,93	25	0,00	4	16

Тернопільська	79,42	55,60	6	0,00	4	19
Харківська	160,04	50,61	33	0,00	4	5
Херсонська	362,78	125,36	25	122,97	7	14
Хмельницька	142,65	101,34	24	7,95	7	23
Черкаська	160,83	12,99	12	4,76	9	4
Чернівецька	57,96	14,16	5	0,00	14	8
Чернігівська	147,91	87,74	19	0,00	2	15
Всього по Україні	5486,52	2309,60	604	1535,75	11,5	13

Згідно з даними табл. 3.3, загальний водовідбір із ПРППВ у більшості областей перевищував водовідбір із затверджених експлуатаційних запасів підземних вод в 1,4–6,6 раза. Найбільшим це співвідношення виявилось для Кіровоградської, Миколаївської, Черкаської областей: відповідно в 9,1; 12,4 та 13,3 раза. В середньому по Україні цей параметр становить 8,8 раза.

Найбільшу кількість *експлуатаційних запасів підземних вод* відбирають у Луганській (377,07 тис. м³/доба), Львівській (364,11), АР Крим (236,9), Київській (201,07); найменшу – в Івано-Франківській (9,3), Миколаївській (9,5), Житомирській (11,44 тис. м³/доба) областях.

Найбільший *видобуток дренажних вод* зареєстровано в Донецькій області – 46 % загальної їх кількості та в Кіровоградській області – 25 %, в сумі для решти областей – менш як 29 %.

Із 1079 ділянок розвіданих родовищ підземних вод в експлуатацію введено лише 604 (55 %), більшість із них працювала не на повну потужність.

Отже, відношення кількості видобутих ресурсів підземних вод та експлуатаційних запасів до загальної кількості прогнозних ресурсів підземних вод і розвіданих експлуатаційних запасів (див. табл. 3.1) підтвердило наявність в Україні значної кількості підземних вод, придатних для використання. Ресурси й експлуатаційні запаси підземних вод, а також рівні їх освоєння по регіонах України наведено на рис. 3.4, 3.5.

Напрями використання підземних вод в Україні

У 2009 р. із 5486,52 тис. м³/доба прогнозних ресурсів підземних вод було використано 3837,85 тис. м³/доба (близько 70 %), з них: 2810,24 тис. м³/доба (73 %) – на господарсько-питне водопостачання; 559,72 тис. м³/доба (15 %) – на виробничо-технічне водопостачання; 413,42 тис. м³/доба (11 %) – на сільськогосподарські потреби; 44,44 тис. м³/доба (1 %) – на зрошення земель; 7,00 тис. м³/доба – на промисловий розлив; 3,03 тис. м³/доба – на виготовлення напоїв. Без використання скинуто 1648,67 тис. м³/доба (близько 30 % видобутого об'єму), основна частина з яких – 1535,75 тис. м³/доба (93 %) – це дренажні води.

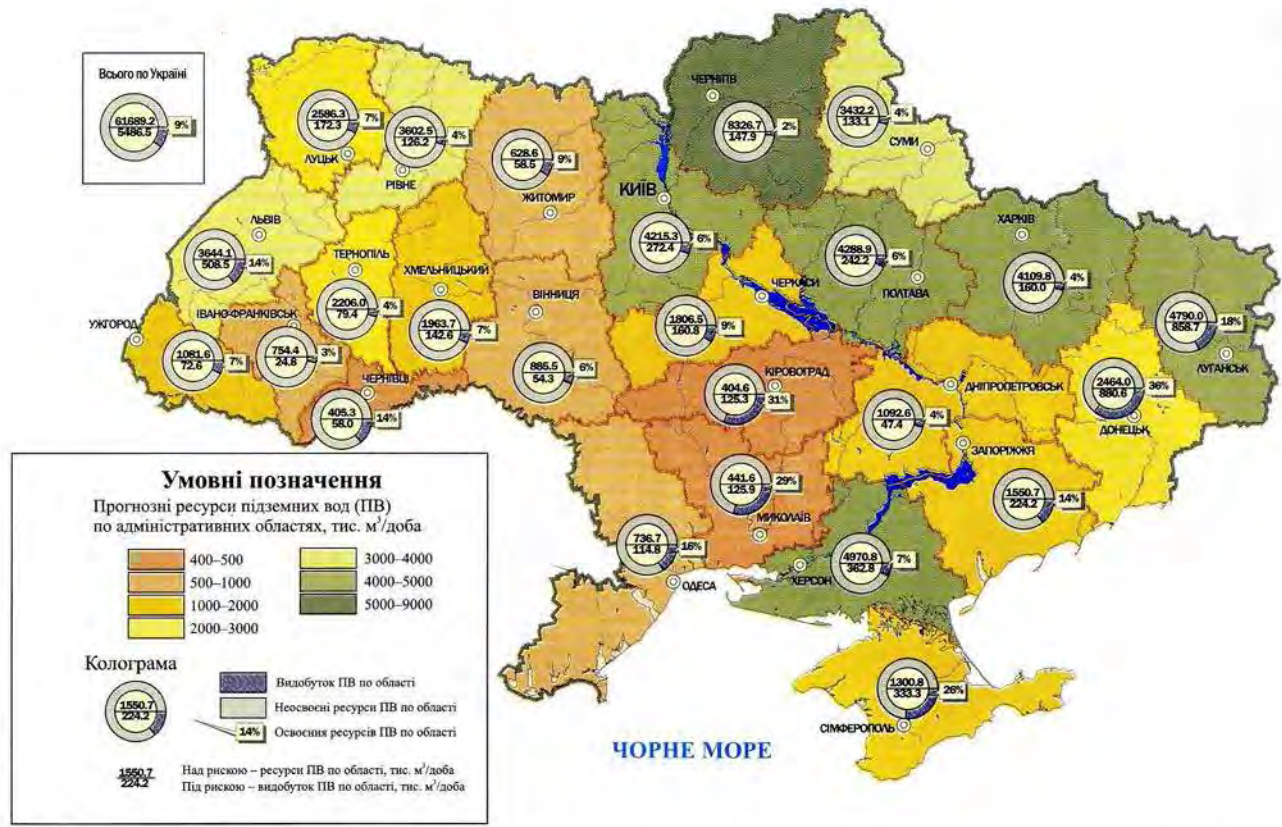


Рис. 3.4. Прогнозні ресурси та видобуток питних і технічних підземних вод по адміністративних областях України [1]

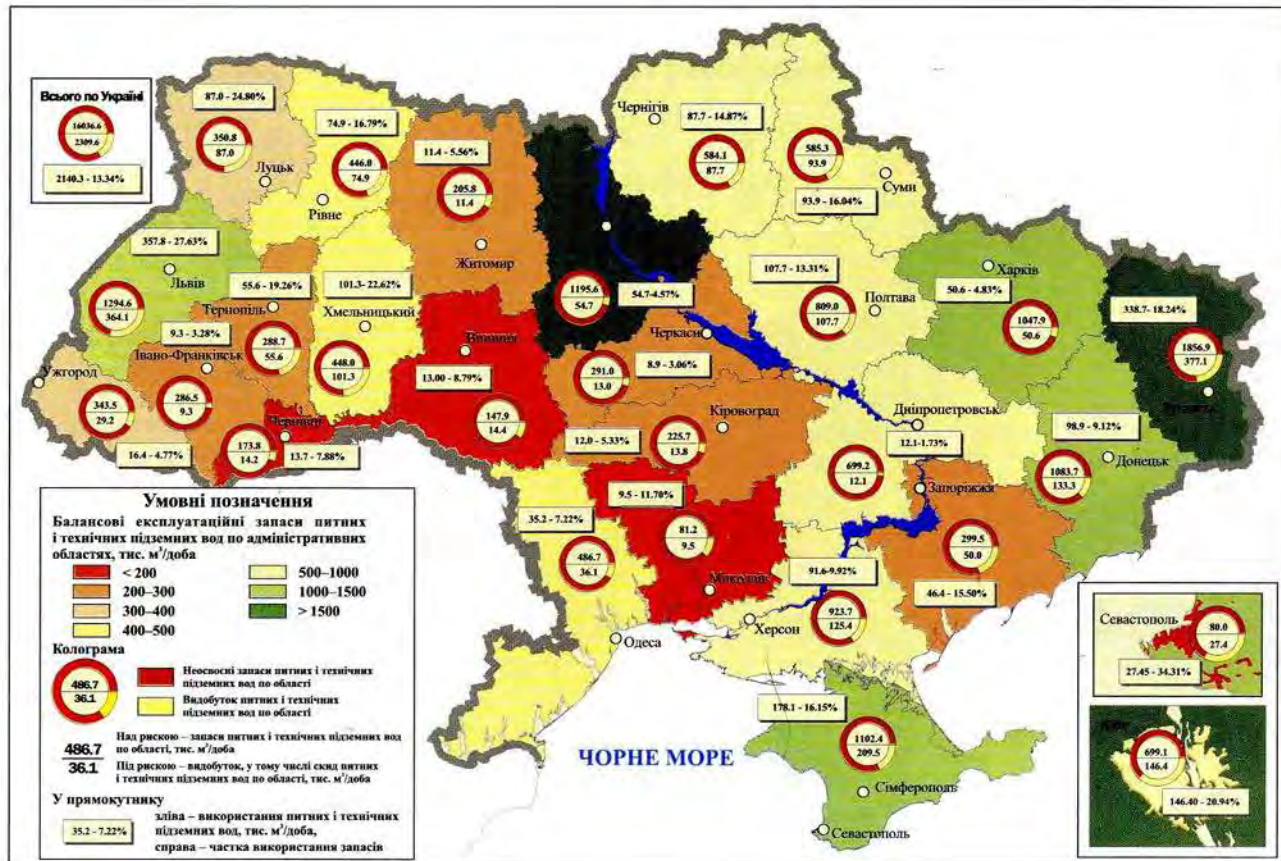


Рис. 3.5. Балансові експлуатаційні запаси та видобуток питних і технічних підземних вод [1]

Дані щодо використання і скиду підземних вод по Україні загалом та по окремих її регіонах наведено в табл. 3.4.

Таблиця 3.4

Видобуток питних і технічних підземних вод України та їх використання по адміністративних одиницях (2009) [1]

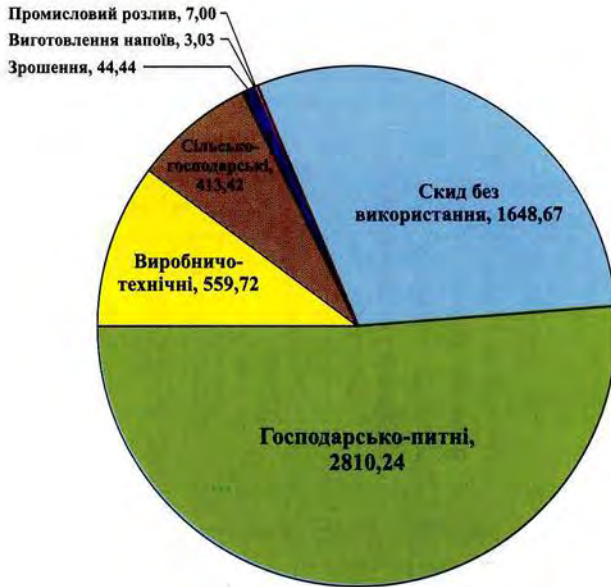
Адміністративна одиниця (область)	Видобуток, тис. м ³ /доба	Використання експлуатаційних запасів, тис. м ³ /доба							Скид підземних вод без використання, тис. м ³ /доба
		разом	господарсько-питні	виробничо-технічні	сільськогосподарські	зрошення	виготовлення напоїв	промисловий розлив	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
АР Крим	332,25	295,58	236,10	29,27	17,63	12,53	0,00	0,05	37,67
Вінницька	54,29	50,79	28,66	7,85	13,94	0,00	0,34	0,00	3,50
Волинська	172,25	162,81	91,30	13,90	57,61	0,00	0,00	0,00	9,44
Дніпропетровська	47,36	35,92	26,16	8,35	0,00	1,41	0,00	0,00	11,44
Донецька	880,59	176,79	86,38	81,26	9,09	0,04	0,01	0,01	703,80
Житомирська	58,50	39,27	30,75	8,48	0,04	0,00	0,00	0,00	19,23
Закарпатська	72,61	47,47	23,97	11,72	11,78	0,00	0,00	0,00	25,14
Запорізька	224,19	100,52	75,71	9,94	13,22	1,30	0,00	0,35	123,67
Івано-Франківська	24,77	24,77	18,58	5,14	0,89	0,01	0,00	0,15	0,00
Київська	272,33	272,27	212,97	52,02	4,26	0,04	0,00	2,98	0,06
Кіровоградська	125,34	36,57	23,41	6,77	6,39	0,00	0,00	0,00	88,77
Луганська	858,76	434,35	353,0	75,77	4,64	0,10	0,00	0,84	424,41
Львівська	508,53	500,49	378,86	32,55	86,92	0,00	0,00	2,16	8,04

Закінчення табл. 3.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Миколаївська	125,93	125,93	111,50	10,27	1,71	0,00	2,32	0,13	0,00
Одеська	114,79	113,86	88,35	24,28	0,00	1,15	0,00	0,08	0,93
Полтавська	242,11	242,11	181,39	51,69	7,17	1,85	0,00	0,01	0,00
Рівненська	126,19	102,55	70,45	28,12	3,95	0,00	0,03	0,00	23,64
Сумська	133,14	133,14	124,99	7,40	0,69	0,00	0,00	0,06	0,00
Тернопільська	79,42	79,12	69,35	6,44	3,33	0,00	0,00	0,00	0,30
Харківська	160,04	160,03	107,81	29,41	11,07	11,63	0,00	0,11	0,01
Херсонська	362,78	215,62	176,83	22,26	1,77	14,38	0,33	0,05	147,16
Хмельницька	142,65	134,95	116,85	10,05	8,05	0,00	0,00	0,00	7,70
Черкаська	160,83	147,63	39,73	9,07	98,83	0,00	0,00	0,00	13,20
Чернівецька	57,96	57,51	17,63	1,91	37,95	0,00	0,00	0,02	0,45
Чернігівська	147,91	147,80	119,51	15,800	12,490	0,00	0,00	0,00	0,11
Разом по Україні	5486,52	3837,85	2810,24	559,72	413,42	44,44	3,03	7,00	1648,67

Переважну частину підземних вод використано на потреби господарсько-питного водопостачання – від 48,9 (Донецька область) до 93,9 % (Сумська область), і тільки в Черкаській і Чернівецькій областях більшість підземних вод було витрачено на сільськогосподарські потреби (відповідно 66,9 і 66 %). На виробничо-технічні потреби найбільше підземних вод було спрямовано в Донецькій області – 46 %, на зрошення земель – в Харківській і Херсонській областях – близько 7 %.

Розподіл прогнозних ресурсів та експлуатаційних запасів підземних вод за напрямками використання в 2009 р. ілюструє рис. 3.6, дані щодо їх спрямування по гідрогеологічних областях наведено в табл. 3.5.



а



б

Рис. 3.6. Використання прогностичних ресурсів (а) та експлуатаційних запасів (б) підземних вод за напрямками використання, тис. м³/доба

Основні дані державного обліку використання

Водонесний горизонт	Прогнозні ресурси підземних вод, тис. м ³ /доба		Розвіданість прогнозних ресурсів, %	Видобуток вод з прогнозних ресурсів, тис. м ³ /доба			Освоєння, %		разом
	разом	у тому числі, розвідані запаси		разом	у тому числі		прогнозні ресурси	розвідані запаси	
					розвідані запаси	неоцінений дренаж			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ГІДРОГЕОЛОГІЧНА ПРОВІНЦІЯ									
Q	2423,2	950,4	39	248,05	163,02	1,08	10	17	223,84
N	51,5	62,7	122	21,44	9,35	—	42	15	12,67
P	—	—	—	0,33	—	—	—	—	0,33
K	—	—	—	7,97	—	—	—	—	7,97
D	7,4	7,4	100	0,98	0,97	—	13	13	0,98
Разом	2482,1	1020,50	41	278,77	173,34	1,08	11	17	245,79
ВОЛИНО-ПОДІЛЬСЬКИЙ									
Q	13,2	121,5	920	30,21	9,21	—	229	8	29,76
N	370,1	217,3	59	119,37	72,75	0,11	32	33	119,37
K	8433,8	1389,7	16	510,74	333,63	6,85	6	24	506,24
J	—	—	—	0,05	—	—	—	—	0,05
C	—	1,2	—	9,44	—	9,44	—	—	—
D	1025,1	241,1	24	52,35	39,45	—	5	16	52,22
S	863,6	83,5	10	25,97	11,11	—	3	13	25,80
AR-PR	2719,6	527,7	19	137,64	94,53	7,37	5	18	130,03
Разом	13 425,40	2582,01	19	885,77	560,68	23,77	7	22	863,47

Таблиця 3.5

земних вод по гідрогеологічних областях [1]

використання підземних вод, тис. м ³ /доба						Скид підземних вод, тис. м ³ /доба	Невикористані підземні води, тис. м ³ /доба	
господарсько-питні	виробничо-технічні	сісько- господарські	зрошення	виготовлення напоїв	промисловий розлив		прогнозні ресурси	розвідані запаси
11	12	13	14	15	16	17	18	19
КЛАДЧАСТОЇ ОБЛАСТІ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ								
62,64	17,46	41,66	—	—	2,08	24,21	2175,15	787,38
7,49	2,18	2,89	—	—	0,11	8,77	30,06	53,38
0,31	0,01	—	—	—	0,01	—	-0,33	—
0,39	0,11	7,47	—	—	—	—	-7,97	—
0,98	—	—	—	—	—	—	6,42	6,40
71,81	19,76	52,02	—	—	2,20	32,98	2203,33	847,16
АРТЕЗІАНСЬКИЙ БАСЕЙН								
14,23	3,16	12,36	—	—	0,01	0,45	-17,01	112,28
77,04	2,41	39,90	—	—	0,02	—	250,73	144,55
67,68	46,10	92,35	0,01	—	0,10	4,50	7923,06	1056,10
0,05	—	—	—	—	—	—	-0,05	—
—	—	—	—	—	—	9,44	-9,44	1,20
43,26	4,03	4,93	—	—	—	0,13	972,75	201,65
16,64	5,61	3,55	—	—	—	0,17	837,63	72,41
96,96	28,76	4,28	—	0,03	—	7,61	2581,96	433,14
15,86	90,07	157,37	0,01	0,03	0,13	22,30	12 539,63	2021,33

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ОБЛАСТЬ ТРИЦІННИХ									
Q	981,5	210,4	21	89,66	32,50	35,87	9	15	49,67
N	702,4	82,2	12	26,61	9,50	0,49	4	12	24,53
P	1130,7	366,2	32	63,44	14,47	37,93	6	4	23,45
K	435,2	95,3	22	8,56	6,26	—	2	7	8,11
J	12,0	27,0	225	—	—	—	—	—	—
C	—	—	—	0,08	—	—	—	—	0,08
AR-PR	1164,7	404,8	35	270,39	27,06	68,81	23	7	197,76
Разом	4426,50	1185,76	27	458,74	89,79	143,10	10	8	303,60
ДНІПРОВСЬКО-ДОНЕЦЬКИЙ									
Q	4866,2	837,4	17	117,44	9,88	18,69	2	1	114,32
N	82,0	6,4	8	8,15	0,61	—	10	10	8,15
P	12 377,4	968,5	8	298,14	90,09	18,61	2	9	298,06
K	10 046,4	3957,3	39	808,15	607,26	—	8	15	773,91
J	519,3	1469,5	283	178,51	165,21	—	34	11	178,51
T	18,2	—	—	7,22	—	—	40	—	6,30
C	—	51,8	—	22,32	0,27	21,96	—	1	3,10
AR-PR	—	—	—	4,14	—	3,10	—	—	4,14
Разом	27 909,50	7290,73	26	1444,07	873,32	62,36	5	12	1386,49
ГІДРОГЕОЛОГІЧНА ПРОВІНЦІЯ									
Q	105,7	—	—	0,36	—	—	—	—	0,36
N	—	—	—	—	—	—	—	—	—
P	223,4	—	—	1,44	—	—	1	—	1,44
K	908,8	681,4	75	134,43	109,34	—	15	16	123,03
J	176,1	30,8	17	2,28	—	—	1	—	2,28
T	847,2	147,2	17	4,50	0,66	—	1	—	4,48

Продовження табл. 3.5

11	12	13	14	15	16	17	18	19
ІД УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА								
9,39	8,19	1,07	1,01	—	0,01	39,99	891,84	177,85
8,49	2,89	2,98	0,09	—	0,08	2,08	675,79	72,67
5,27	5,97	2,21	—	—	—	39,99	1067,26	351,71
5,56	1,55	1,00	—	—	—	0,45	426,64	89,00
—	—	—	—	—	—	—	12,00	27,00
—	—	0,08	—	—	—	—	-0,08	—
1,29	21,30	84,82	0,01	0,34	—	72,63	894,31	377,74
70,00	39,90	92,16	1,11	0,34	0,09	155,14	3967,76	1095,97
ПРЕЗІАНСЬКИЙ БАСЕЙН								
9,75	30,34	43,79	0,44	—	—	3,12	4748,76	827,47
4,39	2,23	1,46	0,07	—	—	—	73,85	5,78
13,72	57,18	20,47	6,63	—	0,06	0,08	12 079,26	878,40
78,55	79,18	11,14	4,28	—	0,76	34,24	9238,25	3349,99
47,90	27,31	0,25	0,06	—	2,99	—	340,79	1304,26
4,75	1,55	—	—	—	—	0,92	10,98	—
0,26	2,83	0,01	—	—	—	19,22	-22,32	51,51
0,80	3,34	—	—	—	—	—	-4,14	—
90,12	203,96	77,12	11,48	—	3,81	57,58	26 465,43	6417,41
ОНЕЦЬКОЇ СКЛАДЧАСТОЇ ОБЛАСТІ								
0,08	0,03	0,25	—	—	—	—	105,34	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,27	0,22	—	0,76	—	—	—	221,96	—
0,07	30,99	2,03	0,13	—	—	11,40	774,37	572,03
0,62	0,38	0,14	1,14	—	—	—	173,82	30,80
2,08	1,26	0,61	0,52	0,01	—	0,02	842,70	146,52

<i>I</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
P	38,2	9,6	25	1,4	0,24	—	3	3	1,14
C	2449,6	226,9	9	1150,16	57,55	1067,82	47	25	87,09
D	3,6	—	—	0,08	—	—	2	—	0,08
AR-PR	—	—	—	0,14	—	—	—	—	0,14
Разом	4752,60	1095,81	23	1294,53	167,79	1067,82	27	15	220,04

ПРИЧОРНОМОРСЬКИЙ

Q	351,6	247,5	70	186,29	45,38	113,48	53	18	71,67
N	7664,8	2364,7	31	821,00	326,63	122,97	11	14	642,17
P	401,5	59,7	15	42,42	14,66	—	11	25	37,42
K	128,0	68,3	53	16,82	11,63	1,17	13	17	15,63
J	—	—	—	0,45	—	—	—	—	0,45
C	—	—	—	—	—	—	—	—	—
AR-PR	11,6	11,7	101	10,78	5,95	—	93	51	10,62
Разом	8557,50	2751,90	32	1077,76	404,25	237,62	13	15	777,96

ГІДРОГЕОЛОГІЧНА ПРОВІНЦІЯ

Q	28,9	23,2	80	10,34	9,40	—	36	41	10,25
N	0,8	0,8	100	0,22	0,14	—	28	18	0,19
P	—	—	—	0,35	—	—	—	—	0,35
K	—	—	—	0,12	—	—	—	—	0,12
J	105,9	85,9	81	35,85	30,89	—	34	36	1 29,59
Разом	135,60	109,88	81	46,88	40,43	—	35	37	40,50

Закінчення табл. 3.5

11	12	13	14	15	16	17	18	19
34	0,78	0,02	—	—	—	—	37,06	9,36
4,00	71,17	1,73	—	—	0,19	1063,07	1299,44	169,31
08	—	—	—	—	—	—	3,52	—
07	—	0,07	—	—	—	—	-0,14	—
7,61	104,83	4,85	2,55	0,01	0,19	1074,49	3458,07	928,02
ПТЕЗІАНСЬКИЙ БАСЕЙН								
1,68	5,04	1,64	3,31	—	—	114,62	165,31	202,12
4,35	77,66	22,15	25,13	2,60	0,28	178,83	6843,80	2038,06
1,40	2,45	3,07	0,20	—	0,30	5,00	359,08	45,07
1,19	4,10	0,33	0,01	—	—	1,19	111,18	56,67
0,43	0,02	—	—	—	—	—	-0,45	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,06	6,28	0,23	—	0,05	—	0,16	0,82	5,73
3,11	95,55	27,42	28,65	2,65	0,58	299,80	7479,74	2347,65
КЛАДЧАСТОЇ ОБЛАСТІ ГІРСЬКОГО КРИМУ								
0,25	1,42	2,48	0,10	—	—	0,09	18,56	13,78
0,11	0,08	—	—	—	—	0,03	0,58	0,66
0,35	—	—	—	—	—	—	-0,35	—
0,12	—	—	—	—	—	—	-0,12	—
4,90	4,15	0,00	0,54	—	—	6,26	70,05	55,01
1,73	5,65	2,48	0,64	—	—	6,38	88,72	69,45

3.1.1. Нераціональне використання водних ресурсів, у тому числі виявленого ресурсного потенціалу, оцінених і розвіданих запасів питних підземних вод

У межах країни в середній за водністю рік формується 52,4 км³ поверхневих вод (25 % загальної кількості водних ресурсів). У маловодні роки за 75 %-ї та 95 %-ї забезпеченості цей показник становить відповідно 41,4 і 29,7 км³.

Ресурси підземних вод по регіонах України розподілені нерівномірно, що пов'язано з відмінністю геолого-структурних і фізико-географічних умов різних регіонів України: основна частина ресурсів підземних вод зосереджена в Чернігівській, Херсонській, Луганській, Полтавській, Київській, Харківській, Львівській, Рівненській, Сумській областях, на які припадає 67 % усіх ресурсів підземних вод держави. Найменш забезпечені за цим показником є Кіровоградська, Чернівецька, Миколаївська, Житомирська, Одеська, Івано-Франківська, Вінницька області (загалом менш як 7 % загальної кількості), що зумовлено несприятливими умовами накопичення підземних вод.

Модулі прогнозних ресурсів підземних вод у межах адміністративних областей України змінюються від 16,4 до 261,0 м³/(доба·км²). Середня забезпеченість прогнозними ресурсами підземних вод у розрахунку на 1 км² площі становить близько 102,2, на 1 мешканця – 1,27 м³/доба.

Розвідані експлуатаційні запаси питних підземних вод України становлять близько 16,0 млн м³/доба (5,8 км³/рік) – 26 % від прогнозних ресурсів підземних вод. Розподіл розвіданих експлуатаційних запасів підземних вод по територіях адміністративних областей України є також украй нерівномірним. Найбільші кількості розвіданих експлуатаційних запасів підземних вод зосереджені в Київській, Луганській, Львівській, Донецькій, Харківській областях та АР Крим – від 1047,9 до 1894,7 тис. м³/доба. Значно менші розвідані експлуатаційні запаси питних підземних вод у Миколаївській, Вінницькій, Чернівецькій, Житомирській та Кіровоградській областях – від 81,2 до 225,7 тис. м³/доба (див. табл. 3.1).

Середня забезпеченість експлуатаційними запасами підземних вод у розрахунку на 1 км² площі становить 26,6 м³/доба, на 1 жителя – 0,33 м³/добу (один із найнижчих показників серед країн СНД).

Із загальної кількості прогнозних ресурсів підземних вод використовується близько 8,9 %. Зокрема, в басейні Дніпра вони становлять 36 млн м³/доба, з яких відбирають лише близько 15 %. Об'єм видобутку з експлуатаційних запасів питних підземних вод становить близько 14,4 % загальної кількості розвіданих експлуатаційних запасів підземних вод. Резерв прогнозних ресурсів підземних вод становить 56,2, розвіданих запасів – близько 13,7 млн м³/доба.

В Україні понад 1080 ділянок розвіданих родовищ підземних вод причому велика їх кількість розвідана в 1960–1980 роках. Досі в експлуатацію не введено близько 45 % родовищ.

Підземні води є важливим підґрунтям для поліпшення постачання мешканців міст, селищ міського типу та сільських населених пунктів питною водою нормативної якості створенням оптимальної системи групових і поодиноких водозаборів. Йдеться про переважну орієнтацію будівництва нових водозабірних споруд на територіях з незадовільною якістю питної води на захищені екологічно чисті підземні води, а також про створення в містах і селищах з існуючими комунальними мережами, що базуються на поверхневих водах, бюветних систем питного водопостачання з підземних екологічно чистих джерел, максимально наближених до споживачів. Зазначені джерела слід використовувати виключно для питних потреб людей.

Можливість, доцільність та умови інтенсифікації використання родовищ підземних вод як джерела питного водопостачання визначаються такими основними чинниками:

а) наявність підземних вод, експлуатаційні запаси яких дають змогу повністю або частково задовольняти потреби населення у воді питної якості;

б) ступінь вивчення запасів підземних вод, що визначає можливість експлуатації підземних вод або необхідність їх подальшого вивчення;

в) якість підземних вод у природних умовах і в процесі експлуатації, що визначає можливість їх використання для питного водопостачання населення безпосередньо або після вжиття тих чи інших методів (технологій) водопідготовки;

г) захищеність підземних вод від поверхневого антропогенного забруднення, можливість та умови створення зони санітарної охорони водозабірних споруд;

д) геолого-економічна, технологічна вивченість та обґрунтованість будівництва й експлуатації водозабірних споруд;

е) допустимий ступінь впливу експлуатації на основні компоненти навколишнього природного середовища або можливість зниження (компенсації) негативних наслідків експлуатації.

Прогнозні ресурси підземних вод, що є основою їх експлуатаційних запасів, оцінено у 1974–1980-ті роки за принципами і положеннями, що нині істотно змінились або втратили актуальність через неповне врахування (у зв'язку з недостатнім вивченням) джерел формування, експлуатаційних ресурсів підземних вод, різний рівень вірогідності показників гідрогеологічних параметрів, обґрунтування меж їх застосування, умовність прийнятих схем прогнозних водозаборів, недостатнє врахування екологічних питань, незадовільне вивчення якості підземних вод питного призначення та багато інших чинників. Тому питання переоцінки прогнозних ресурсів стоїть дуже гостро.

На значній частині території, за винятком південних і південно-східних областей, є сприятливі умови для істотного збільшення об'ємів використання підземних вод при забезпеченні раціонального режиму експлуатації. Щодо перспектив розширення використання розвіданих запасів, то тільки за рахунок введення в експлуатацію усіх розвіданих ділянок родовищ підземних вод і доведення їх продуктивності до проектної, можна збільшити видобуток підземних вод більш як на 10 000 тис. м³/доба.

Загалом водні ресурси України можна схарактеризувати як недостатні. Розвинена промислова, сільськогосподарська і комунальна інфраструктури України потребують значної кількості води високої якості. Найбільше свіжої води (48 % загальної споживання) відбирає промисловість, 40 % – йде на потре-

би сільського господарства, 12 % – припадає на комунальне господарство міст та інших населених пунктів. У 2008 р. з водних об'єктів на об'єкти зазначених інфраструктурних складових було забрано 15,7 млрд м³ води. У 2007 р. з природних джерел було забрано 16,352 млрд м³ води (прісної – 15,356 млрд м³), з них 2,315 млрд м³ – з підземних водних джерел, у тому числі 862 млн м³ шахтно-кар'єрних вод.

Нерівномірний розподіл водних ресурсів призводить і до явних перекосів у водокористуванні. Водоемність більшості технологій у промисловості й комунальному господарстві у містах, розташованих поблизу великих річок, у 2,5–3 рази вища за світовий рівень. Найбільш водоемними галузями промисловості є енергетика, чорна металургія, дуже водоемними – хімічна і нафтохімічна промисловість.

У Київській, Чернігівській, Сумській, Полтавській, Харківській областях (північний схід Дніпровського артезіанського басейну) та у Волинській, Рівненській областях (Волино-Подільський артезіанський басейн), що характеризуються значними прогностичними ресурсами підземних вод, їх використання не перевищує 5 %. Централізоване водопостачання населених пунктів цієї території на різних частинах здійснюється переважно за рахунок водоносних горизонтів юри, крейди і палеогену, протерозою і крейди.

У межах Черкаської, Кіровоградської, Дніпропетровської, Запорізької, Житомирської областей (Український щит), де переважає тріщинний водоносний горизонт, при незначних ресурсах і великій потребі в підземних водах ступінь освоєння прогностичних ресурсів підземних вод досягає 30 %.

У Херсонській та Миколаївській областях основним і часто єдиним джерелом централізованого водопостачання є водоносний комплекс неогенових відкладів (понт–меотис–сармат), водовідбір з якого становить близько 98 % водовідбору з території.

Основними чинниками нераціонального використання водних ресурсів є:

- застосування застарілих водоемних виробничих технологій;
- високий рівень втрат води при транспортуванні;

- недостатній ступінь оснащення водозабірних споруд системами обліку;
- відсутність механізмів, що стимулюють водокористувачів до впровадження водоощадних технологій виробництва, систем зворотного і повторно-последовного водопостачання, скорочення непродуктивних втрат води.

Проблеми використання підземних вод такі:

- низький ступінь освоєння запасів підземних вод (у середньому по країні не перевищує 13 %);
- невикористання близько 45 % розвіданих і оцінених родовищ прісних підземних вод, запаси яких обліковуються Державним балансом;
- видобуток підземних вод на ділянках надр, на яких не затверджені запаси підземних вод;
- виснаження родовищ підземних вод унаслідок порушень режиму їх використання, а також безконтрольного видобутку на нерозподіленому фонді надр.

Гарантоване забезпечення потреби економіки у водних ресурсах потребує безумовного раціональнішого використання ресурсів, зниження водоемності виробництва промислової і сільськогосподарської продукції, непродуктивних втрат води.

Найактуальнішим цей напрям є для районів з напруженим водогосподарським балансом, де скорочення масштабів залучення обмежених водних ресурсів в економічний оборот забезпечує збереження стійкості водних екосистем.

Унаслідок скорочення загальних об'ємів вилучення водних ресурсів та їх використання в технологічному процесі пропорційно скорочуються об'єми очищення стічних вод і кількість забруднювальних речовин, що надходять у водні об'єкти. Скорочення і запобігання втратам у водоподавальних і розподільних мережах знижує ризик розвитку таких небезпечних процесів, як підтоплення території, забруднення підземних вод.

Вирішення проблеми нераціонального використання водних ресурсів, у тому числі виявленого ресурсного потенціалу, оцінених і розвіданих запасів питних підземних вод, має включати вирішення таких завдань:

- перекваліфікацію раніше оцінених прогнозних ресурсів і експлуатаційних запасів на основі нової Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр з урахуванням геологічних, техніко-економічних, економічних, екологічних аспектів їх освоєння та особливостей підземних вод як корисної копалини;
- зменшення нерозподіленого фонду експлуатаційних запасів підземних вод шляхом переведення їх частини в позабалансові або зняття з обліку в державному балансі для створення умов для стимулювання видобутку підземних вод на інших ділянках, рентабельніших для освоєння, включаючи оцінку стану родовищ підземних вод (нерозподіленого фонду) та аудит раніше затверджених запасів; за результатами цих робіт має бути визначена доцільність експлуатації неосвоєних родовищ підземних вод, проведення додаткових гідрогеологічних досліджень для довищення якості підземних вод відповідно до нових вимог і переоцінки, за потреби експлуатаційних запасів родовищ, що плануються до освоєння; для родовищ, освоєння яких в найближчі 15–20 років не передбачене, необхідно розробити процедуру зняття їх з обліку або переведення балансових запасів у позабалансові;
- розробку в сучасних водогосподарських умовах принципів виділення просторових меж раніше виявлених родовищ підземних вод як експлуатованих, так і неексплуатованих, їх виділення і нормативно-правове закріплення в системі державного обліку; при цьому має бути встановлена межа розділення родовищ підземних вод та автономних ділянок, експлуатованих поодинокими водозаборами, їх чітке розмежування в системі вивчення та обліку;
- створення державної системи періодичних переоцінювань (наприклад, один раз на 5–10 років) поточного стану прогнозних ресурсів та експлуатаційних запасів питних підземних вод;
- оцінювання (переоцінювання) експлуатаційних запасів підземних вод у межах міст і міських агломерацій, де в

умовах взаємодії експлуатується велика кількість групових і поодиноких водозаборів як у межах розвіданих родовищ, так і на ділянках з неоціненими експлуатаційними запасами підземних вод.

Основним напрямом підвищення раціональності водокористування є також економічне стимулювання скорочення питомого водоспоживання, непродуктивних втрат води і впровадження водоощадних технологій.

3.1.2. Дефіцит водних ресурсів в окремих областях України, нарощування ресурсного потенціалу, виявлених та оцінених запасів підземних вод

Більша частина території нашої країни розташована у басейні Дніпра, води якого після аварії на Чорнобильській АЕС забруднені радіонуклідами. Загалом небезпечна екологічна ситуація в Україні, особливо в галузі водного господарства, пояснюється значними недоліками народногосподарського планування, екстенсивним веденням народного господарства, залишковим принципом виділення коштів на водозахисні (і загалом природоохоронні) заходи, низьким рівнем використання у водогосподарській практиці товарно-грошових відносин, недостатнім рівнем наукових досліджень у галузі водокористування, безконтрольним і без урахування місцевих умов розвитком енергетики, хімічної та металургійної промисловості. Тривалий час панував відомчий підхід до розміщення підприємств без належного екологічного обґрунтування. Для України характерне зосередження крупних водоспоживачів там, де найменші запаси водних ресурсів (Донбас, Кривбас, Автономна Республіка Крим, південні області).

Забезпечення водою таких регіонів, як Донбас, Харків, Кривбас, Херсон, Автономна Республіка Крим, вирішується міжбасейновим перерозподілом водних ресурсів через канали та водогони.

Дефіцит водних ресурсів в окремих регіонах країни виникає в основному в маловодні періоди. Виникнення дефіциту зумовлене такими причинами:

- нерівномірністю розподілу водних ресурсів по території України;
- недостатньою комплексністю використання водних ресурсів на окремих водогосподарських ділянках.

На території України, де дефіцит водних ресурсів склався через об'єктивні природні чинники і не може бути зменшений забезпеченням раціоналізації і комплексності використання водних ресурсів, необхідно спорудити водосховища питного призначення, реконструювати існуючі водогосподарські системи з метою підвищення їх водовіддачі, побудувати групові водопроводи, вжити інших заходів, спрямованих на підвищення забезпеченості водними ресурсами. Дефіцит водних ресурсів можна також усунути або зменшити, скоротивши втрати води в системах водопостачання та меліорації, запровадивши водоощадні технології.

3.2. Проблеми водокористування в містах і промислово-міських агломераціях

За прогнозними оцінками, до 2030 р. в міських районах проживатиме понад 60 % населення світу (майже 5 млрд осіб), що визначає важливість стратегічного управління водними ресурсами міст і промислово-міських агломерацій.

Сучасний стан розвитку міст України (концентрування населення й обсягу економічної діяльності) зумовлює численні екологічні проблеми, що виявляються насамперед у деградації водних ресурсів, зумовлюють специфічний характер проблеми управління ними. Зокрема якість води поверхневих джерел водопостачання основної частини міст України є незадовільною і часто перевищує критичну позначку, за якої існуючі технології очищення води не є дієвими. До того ж існує висока ймовірність забруднення підземних водоносних горизонтів унаслідок інфільтрації води з поверхонь вулиць і дворів, просочення крізь нещільності конструкцій дренажних канав і каналізаційних систем, проходження атмосферних опадів крізь звалища твердого сміття.

Важливою екологічною проблемою міст України є стан каналізаційного господарства та очищення стічних вод – майже уся-

ди каналізаційні системи потребують заміни або капітального ремонту; прориви каналізаційних колекторів є постійними джерелами небезпечного забруднення міського середовища, можуть спричинювати спалахи інфекційних захворювань. У переважній більшості міст України споруди з очищення загальноміських стічних вод перевантажнені (за винятком Києва і Харкова), а існуюча потужність очисних споруд у рази нижча за потрібну.

Для міст, як техноприродних систем, зазвичай характерна зміна водного балансу між поверхневими, ґрунтовими і глибокими підземними водами. Найпоширенішим наслідком зміни водного балансу на міських територіях є підвищення рівнів ґрунтових вод через забудовування й асфальтування природного ґрунтового покриву, що мінімізує випаровування вологи, а також у результаті втрат з водопровідних і каналізаційних мереж, що слугують джерелом додаткового живлення ґрунтових вод. У поєднанні з плануванням території, повною або частковою ліквідацією природних дрен це призводить до підтоплення основ і фундаментів будівель, споруд, зниження несівної здатності ґрунтів основ і, як наслідок, до деформацій, а в критичних ситуаціях – до руйнування будівель і споруд.

Підтоплення територій характерне для багатьох міст нашої держави – Дніпродзержинська, Дніпропетровська, Харкова, Києва, Одеси та ін. У Києві підтоплені численні ділянки вздовж р. Либідь, район Глибочицької балки, район Дарницького вагоноремонтного заводу (ДВРЗ), низинні ділянки Подолу і т. д.

Незадовільним є стан малих водойм міст, що переважно засмічені, прибережні смуги захаращені несанкціонованими звалищами побутових і будівельних відходів. Водночас якість води в міських водоймах і водотоках в основному залежить від якісного складу поверхневого стоку й може спричинювати непередбачувані санітарно-епідемічні ситуації.

На тлі існуючих проблем у використанні для водопостачання міст більш захищених підземних вод Україна значно відстає від більшості розвинених країн. Виключно підземними водами постачаються такі міста, як Луганськ, Львів, Полтава, Рівне, Суми, Тернопіль, Херсон, Хмельницький, Чернігів.

У разі промислової експлуатації на територіях міст глибоких водоносних горизонтів утворюються депресійні лійки. Якщо ґрунтовий водоносний горизонт постійно поповнюється втрагатами з водогосподарських мереж, посилюється інфільтрація ґрунтових вод у глибокі горизонти. Активізація вертикального руху підземних вод може зумовлювати розвиток процесів суфозії, карстоутворення з відповідними наслідками.

Стратегія використання водних ресурсів у містах має враховувати: питання раціонального використання водних ресурсів міського середовища; сучасні підходи до вирішення проблем водоочищення та водопідготовки; питання розвитку інфраструктури з урахуванням забезпечення охорони водних об'єктів; заходи щодо забезпечення екологічної безпеки водних об'єктів, розміщених поблизу промислових підприємств; питання використання водних ресурсів для розвитку рекреаційного потенціалу, механізми залучення інвестицій в інфраструктурні міські проекти.

Основою підвищення комфорту проживання і здоров'я мешканців міст мають бути екологічно безпечне водне середовище, доступність послуг, надійність централізованого водопостачання та водовідведення, ефективність і збалансований розвиток водного сектора (джерела водопостачання, системи підготовки питної води, її транспортування, системи технічного водопостачання, відведення міських стічних вод, їх очищення, скидання очищених стічних вод у водні об'єкти).

Головною метою водозабезпечення міст має бути гарантоване забезпечення мешканців чистою питною водою за доступною ціною, створення екологічно безпечного водного середовища, поліпшення на цій основі стану здоров'я та подовження тривалості життя.

Великі міста нашої країни постачаються поверхневими водами (Вінниця, Дніпропетровськ, Житомир, Запоріжжя, Івано-Франківськ, Одеса, Сімферополь), підземними водами (Луганськ, Львів, Полтава, Рівне, Суми, Тернопіль, Херсон, Хмельницький, Чернігів), поверхневими (переважно) та підземними водами (Донецьк, Київ, Кіровоград, Миколаїв, Харків, Черкаси, Чернівці),

підземними (переважно) і поверхневими водами (Луцьк, Ужгород).

Підземні води для водопостачання міст подаються за трьома варіантами організації системи водозаборів: 1) облаштування водозаборів у межах міст та їх передмість за регіонального поширення водоносних горизонтів; 2) облаштування локальних (як правило, інфільтраційних) водозаборів; 3) облаштування централізованих водозаборів на віддаленні від споживачів із подачею води магістральними трубопроводами.

Загальними особливостями оцінювання й використання експлуатаційних запасів підземних вод для водопостачання міст за сучасних умов є:

- невідповідність сьогоднішньої потреби міст потребам, що прийняті під час оцінювання запасів родовищ (останні, як правило, істотно завищені);
- невідповідність розрахункових схем експлуатації схемам, що реалізовані в межах міст (передбачалось, що поодинокі водозабори будуть замінені на централізовані, розміщені на екологічно чистих ділянках, що наразі фактично не виконано);
- відсутність стратегії водозабезпечення міст підземними (найбільш захищеними) водами на випадок непередбачуваних ситуацій;
- формування регіональних депресійних лійок, ускладнених локальними лійками, та значне техногенне навантаження на підземну гідросферу в межах міст і промисловоміських агломерацій; значне техногенне навантаження також дуже ускладнює організацію зон санітарної охорони, потребує обмеження водовідбору;
- експлуатація підземних вод відбувається як на ділянках надр із затвердженими запасами, так і на ділянках, де запаси не пройшли державної експертизи; зокрема, несанкціоновано розбурюються глибокі водоносні горизонти, підземні води споживають приватні господарства, що призводить до інтенсифікації процесів техногенного забруднення цільових водоносних горизонтів.

Для вирішення зазначених проблем найближчим часом потрібно переоцінити запаси питних підземних вод, розвіданих та оцінених для водозабезпечення міст і промислово-міських агломерацій понад 25 років тому, насамперед для Києва й обласних центрів.

Деякі із загальних водогосподарських проблем водозабезпечення і водокористування міст і промислово-міських агломерацій схарактеризовані нижче.

Віддаленість міст від джерел водозабезпечення. Заснуванню та історичному розвитку міст значною мірою сприяло їх розташування поблизу водних артерій та інших водних об'єктів, що містять прісні води. Тому водозабезпечення таких міст України, як Київ, Дніпропетровськ, Черкаси, Запоріжжя, Миколаїв, Вінниця поверхневими водами зумовлене історично.

З кінця XIX ст. розпочалось промислове освоєння Східного регіону України, що пов'язано з виявленням там корисних копалин і розвитком значних виробничих потужностей. Тому формування і зростання таких міст, як Донецьк, Луганськ та інших міст і промислово-міських агломерацій регіону, насамперед прив'язується до розвитку промисловості і відбувається відповідно без урахування кількісних аспектів наявності водних ресурсів.

Отже, різні передумови формування міст і промислово-міських агломерацій зумовлюють віддаленість міст від джерел водозабезпечення, що для обласних центрів України ілюструє рис. 3.7.

Значна відстань до джерел водозабезпечення, що становить, наприклад, для Харкова – 140 км, Львова – 105, Миколаєва – 73 км, спричинює потребу у великій кількості технологічного обладнання (насосних станцій) для перекачування води, значні перевитрати електричної енергії, що позначається на кінцевій вартості спожитих водних ресурсів. Тому вкрай необхідною є модернізація галузі водопостачання та водовідведення з метою заміни зношеного обладнання, водопровідних і каналізаційних мереж (мінімізація втрат, забруднення питної води), впровадження ресурсо-енергоощадних технологій (мінімізація кінцевої вартості води), пошук і в міру можливості перехід на нові джерела водопостачання, що знаходяться поблизу та в межах міст, впро-

вадження водоощадних технологій серед промислових підприємств, проведення політики заощадження водних ресурсів серед населення.

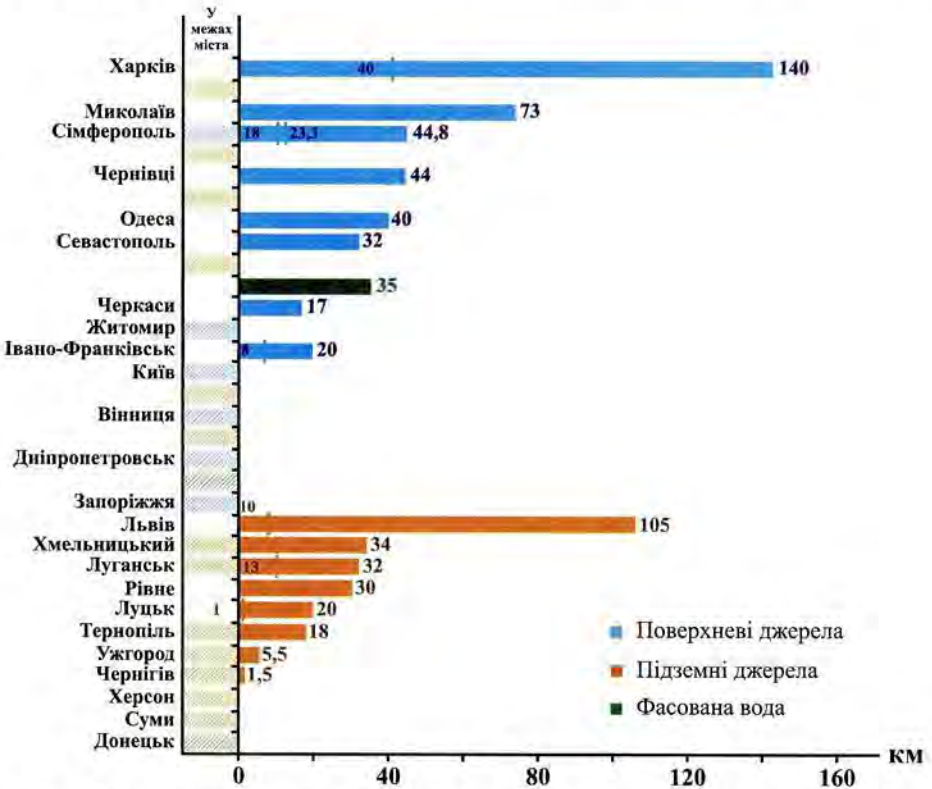


Рис. 3.7. Віддаленість джерел водозабезпечення для основних міст України

Відсутність альтернативних джерел водозабезпечення. Для 75 % мешканців України (35 млн осіб) головним джерелом водозабезпечення є р. Дніпро з численними притоками. Воду р. Дніпро використовують десятки промислових центрів; на річці побудований каскад водосховищ (докорінно змінена екологічна рівновага, умови водообміну та взаємодії з підземною гідросферою), 6 гідроелектростанцій та 3 атомні електростанції. Через значний техногенний тиск на поверхневі води річки останні за рівнями хімічного і бактеріального забруднення характеризу-

ються як забруднені й дуже забруднені. Крім того, збільшується теплове забруднення басейну (теплові скиди АЕС, промислово-міських агломерацій тощо). Основними хімічними забруднювальними речовинами є нітрити, азот амонійний, біогенні та органічні речовини, важкі метали, нафтопродукти, феноли. Притоки Дніпра залежно від специфіки техногенної діяльності районів також значно забруднені. Тому в стратегічному відношенні на випадок надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру слід передбачити резервні (альтернативні) джерела водопостачання міст, насамперед спроектувати водозабори підземних вод (де це можливо), залучити кондиційні шахтні води, підготувати місцеві джерела водопостачання.

Проблема якості питної води. Питання водокористування та водозабезпечення стосується багатьох проблем, найголовнішою з яких є проблема забезпечення населення якісною питною водою. Якість питної води – вирішальний чинник санітарного та епідемічного благополуччя населення.

Близько 4,6 мільйона громадян, які проживають у 161 місті й 100 селищах міського типу 25 регіонів держави, отримують з місцевих джерел питну воду з відхиленнями від нормативних вимог за тимчасовими дозволами. В такій воді підвищені показники загальної твердості, вміст хлоридів, сухих залишків, сульфатів, фтору, заліза, нітратів, аміаку, мангану. Через відсутність в окремих населених пунктах місцевих джерел водозабезпечення значна кількість населення частково чи повністю споживає привізну питну воду [2].

Для поліпшення якісної складової питно-господарського водозабезпечення міст особливу увагу слід приділити розширенню використання підземних вод, врахувавши, що в окремих регіонах питна вода в природному стані за фізико-хімічними показниками (загальна мінералізація, твердість, вміст заліза, фтору тощо) не відповідає нормативам, що потребує вжиття спеціальних заходів з водопідготовки.

Позитивним моментом є наявність у ДСанПІН 2.2.4-171–10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» вимоги поетапного збільшення кількості показників

безпеки та якості, які контролюють у питній воді: до 52 показників у 2015 р., до 63 – у 2020 р., до 75 – з 2020 р.

Для поліпшення якості питних вод необхідно замінити застарілі технології її очищення хлоруванням на сприятливіші щодо впливу на організм людини (озонування, лазерні, акустичні та інші впливи).

Вторинне забруднення питних вод. Якість питної води, яку отримує населення із централізованих мереж водопостачання, залежить від таких чинників, як наявність водних ресурсів у регіонах, їх санітарний стан, ефективність водоохоронних заходів, технічний рівень та відповідність систем очищення й розподілу води, стан водогонів тощо. Водночас на тлі погіршення якості води поверхневих джерел водопостачання, дефіциту водних ресурсів, недостатнього використання ресурсів підземних вод на якість питної води систем централізованого водопостачання негативно впливають незадовільний технічний стан водопровідних споруд і мереж та значна їх зношеність (рис. 3.8), несвоєчасне проведення капітальних і поточних планово-профілактичних ремонтів та ліквідації наслідків аварій, постійне відключення водопроводів від електропостачання, подача води за графіками, що призводить до її вторинного бактеріального забруднення, створює небезпечну епідемічну ситуацію в різних регіонах країни.



Рис. 3.8. Зношеність водопровідної труби як чинник вторинного забруднення питної води [3]

В останні роки погіршення якості питних вод у мережах водопостачання й водовідведення значною мірою обумовлене зростаючим впливом процесів корозії та підтоплення, що за умов погодинної водоподачі призводить до гідравлічних перетоків забруднень у трубопроводні системи та формування санітарно-гігієнічного ризику для населення (міста Донбасу, АР Крим, Причорномор'я та ін.).

За даними, наведеними на офіційних сайтах міських та обласних водогосподарств обласних центрів України, іншими матеріалами щодо стану водозабезпечення й водопостачання проаналізовано структуру водозабезпечення 24 обласних центрів України та м. Київ. Слід зазначити, що окреслені проблеми водокористування стосуються не лише 15 млн осіб, які проживають у цих містах України, а притаманні й іншим містам і селищам міського типу нашої держави.

Вінниця [4]

Основним джерелом централізованого водопостачання м. Вінниця є поверхневі води р. Південний Буг.

Потужність централізованого водопроводу – 200 тис. м³/доба. Довжина водопровідної мережі у місті понад 210 км.

Поверхнева вода, що подається для водопостачання проходить два ступені очищення – відстоювання та фільтрацію.

Основними проблемами водопостачання міста є такі:

- зношеність водопровідних мереж (вичерпався строк експлуатації труб), що впливає на кінцеву якість питної води;
- наявність в окремих районах міста децентралізованих джерел водопостачання з низькою якістю води (забруднення органічними речовинами);
- значні втрати води у водопровідних мережах.

Дніпропетровськ

Дніпропетровський міськводоканал існує з 1869 р. і за об'ємами води, що подається, посідає третє місце в Україні. Централізоване водопостачання м. Дніпропетровськ здійснюється з поверхневих вод р. Дніпро. Для цього використовують два поверхневі водозабори: Кайдакський (проектна потужність

250 тис. м³/доба) і Ломівський (проектна потужність 100 тис. м³/доба). Близько 250 тис. м³/доба місто споживає (купує) з Аульського водозабору (джерело водопостачання міст Дніпродзержинськ, Новомосковськ, Верхньодніпровськ та ін.) [5, 6].

На балансі водоканалу знаходиться близько 3000 км водопровідних мереж, більша частина перебуває в аварійному стані.

Якість води, що відбирається поверхневими водозаборами, не задовольняє вимог екологічної безпеки, тому для потреб міста планувалось як резервне джерело використовувати Орельський водозабір підземних вод (було пробурено 80 експлуатаційних свердловин). Проте через високу концентрацію заліза і мангану в підземній воді від цих планів відмовились.

Основними проблемами, що зумовлюють негативний стан водозабезпечення міста питною водою, є такі:

- значне забруднення води р. Дніпро, спричинене техногенним навантаженням підприємств регіону (стічні води), наявністю гідротехнічних споруд, які сповільнюють течію і погіршують водообмін;
- зношеність водопровідних систем, що досягає 75 %, зумовлює величезні втрати води (35 %), підвищує ймовірність вторинного забруднення водопровідної води;
- недостатній обсяг фінансування ремонтних робіт;
- застарілі технології очищення води [7];
- значний ступінь зношеності (понад 60 %) очисного устаткування Кайдакської і Ломівської очисних споруд, через що забруднювальні речовини потрапляють у воду;
- необхідність модернізації систем очищення (фільтрів);
- розташування Кайдакського водозабору нижче за течією від місця скиду стічних вод м. Дніпродзержинськ – крупного промислового міста, супутника м. Дніпропетровська.

Донецьк [8]

Централізоване господарсько-питне водопостачання Донецької області (близько 80 %) здійснюється з гідрологічного комплексу (р. Сіверський Донець – канал Сіверський Донець – Донбас – резервні водойми), а також Вільхівського, Волинцівського,

Гравівського і Старокримського водосховищ. Близько 20 % води, що споживається, забезпечуються підземними водами, джерела яких розподілені вкрай нерівномірно. Основні запаси підземних вод знаходяться в північній частині області і є складовою частиною водних ресурсів басейну р. Сіверський Донець.

Основним джерелом водопостачання м. Донецьк є канал Сіверський Донець–Донбас, що знаходиться на території Краснолиманського району, та Другий Донецький водозабір, що експлуатує верхньокрейдяний та алювіальний водоносні горизонти.

У південній частині, де розміщені основні підприємства вуглевидобутку, необхідність шахтного водовідливу призвела до практично повного знищення запасів підземних вод, придатних для застосування в системі централізованого водопостачання, а неконтрольоване скидання мінералізованих шахтних вод у природні водойми – до підвищення рівня мінералізації джерел поверхневих вод. Вода, що використовується, має показники, які характеризують її як низькоякісну (надмірні твердість і мінералізація, значна концентрація нітратів, вміст сполук амонію).

Основними проблемами водозабезпечення і водопостачання міста є такі:

- високі енергозатрати на транспортування води;
- необхідність модернізації та оновлення водоочисної станції;
- катастрофічний стан каналу Сіверський Донець–Донбас;
- складна гідрогеологічна ситуація в регіоні;
- незадовільна якість поверхневих і підземних вод через техногенне забруднення;
- зношеність водопровідних і каналізаційних мереж, через що втрачається до 60 % води;
- значна водоемність промислових підприємств;
- дефіцит водних ресурсів та нестача їх джерел;
- необхідність вивчення можливості використання альтернативних джерел водопостачання (наприклад очищених шахтних вод).

Житомир [9]

Питне водопостачання м. Житомир (близько 100 тис. м³/доба) організоване з поверхневих вод і здійснюється водозабором з водосховища «Відсічне», що на р. Тетерів. Водосховище побудоване у 1976 р. в районі с. Тетерівка, вище за течією від Житомира. Об'єм води в ньому близько 17 млн м³; за час існування воно замулилось і наразі потребує очищення та реконструкції.

Основними проблемами водозабезпечення і водопостачання міста є такі:

- недостатня водність р. Тетерів у засушливі роки;
- невідповідність якості води в р. Тетерів санітарним нормам (за вмістом мангану, заліза, кольоровістю);
- значні втрати води через зношеність (до 70 %) водопровідних мереж міста;
- використання на водоочисній станції м. Житомир, що запроектована в 1980-ті роки, одноступеневої системи очищення, якої недостатньо, враховуючи сучасні екологічні і водогосподарські умови;
- технологічна недосконалість водоочисної станції, яка технологічно не спроможна забезпечити ефективне очищення всієї кількості води, необхідної місту.

Запоріжжя [10]

Джерелом водопостачання м. Запоріжжя є р. Дніпро вище греблі. Дві водозабірні та очисні споруди розміщені на обох берегах Дніпра. Загальна потужність водозаборів – 510 тис. м³/доба.

Для отримання води питної якості в місті застосовують традиційні методи очищення: хлорування, коагуляцію, відстоювання, фільтрування.

Довжина водопровідних мереж міста становить близько 2520 км, з них 640 – в аварійному стані і потребують негайної заміни. Із 920 км каналізаційних мереж 220 також потребують заміни.

Основними проблемами водопостачання міста є такі:

- забруднення води р. Дніпро промисловими і побутовими відходами;

- вторинне забруднення питної води внаслідок зношеності водопровідної мережі;
- необхідність капітального ремонту водопровідних мереж та суміжного обладнання.

Івано-Франківськ [11]

Централізована система водопостачання та водовідведення м. Івано-Франківськ формується понад 100 років. Наразі основними джерелами водопостачання м. Івано-Франківськ є поверхневі води річок Бистриця Надвірнянська і Бистриця Солотвинська.

Проектна потужність водозабору на р. Бистриця Надвірнянська (Надвірнянський водозабір збудований 1977 р.) становить близько 50 тис. м³/доба, водозабору на р. Бистриця Солотвинська (Солотвинський водозабір збудований 1985 р.) – 40 тис. м³/доба. Обидва водозабори знаходяться на значних відстанях від міста – відповідно 8 та 20 км.

Питна вода очищається на Черніївському комплексі водочисних споруд у с. Черніїв.

Основними проблемами водопостачання міста є такі:

- погіршення якості води у природних джерелах та її повторне забруднення в системах водопостачання;
- значні втрати води (перебої у водопостачанні), збільшення її собівартості через інтенсивне старіння і зношення систем подачі й розподілу води;
- зниження продуктивності, надійності та економічності централізованих систем водопостачання;
- забруднення стічними водами навколишнього середовища, що трапляється у процесі експлуатації водопроводів та каналізаційних мереж.

Київ

Водопостачання м. Київ та приміської зони здійснюється з трьох джерел: двох поверхневих – річок Дніпро, Десна і підземного – водоносних горизонтів (переважно сеноманського та юрського). Крім того, в місті є понад 200 джерел децентралізованого водопостачання (бювети, колодязі).

Забір, підготовку й подачу води в мережу міського водопроводу здійснюють водопровідні станції загальною встановленою виробничою потужністю 2 млн 120 тис. м³, у тому числі Дніпровська водопровідна станція (знаходиться на правому березі, на 3,5 км нижче від греблі Київської ГЕС) – 600 тис. м³/доба, Деснянська – 1 млн 80 тис. м³/доба (найбільша в Україні), споруди артезіанського водопроводу – 440 тис. м³/доба.

Найбільше практичне та еколого-захисне значення для централізованого господарсько-питного водопостачання Києва мають сеноман-келовейський та байоський (середня юра) водоносні комплекси, що експлуатуються з кінця ХІХ ст. За час експлуатації максимальний водозабір із цих водоносних горизонтів зафіксовано у 1981 р. – 515 тис. м³/доба. Наразі сумарний водовідбір підземних вод досягає 300 тис. м³/доба.

За екологічної ситуації, що склалася внаслідок антропогенного забруднення навколишнього середовища, особливо після Чорнобильської катастрофи, постала проблема розширення підземного водопостачання населення Києва з найбільш захищених водоносних горизонтів (сеноманський, юрський).

Основними проблемами водопостачання та водозабезпечення міста є такі:

- складність екологічної ситуації в акваторіях поверхневих джерел централізованого водопостачання – річок Дніпро, Десна;
- наявність радіоактивного мулу на дні Київського водосховища, що створює потенційну небезпеку для Дніпровського водозабору під час підвищених повеней або аварійних скидів води;
- зростаюча кількість стічних вод міст, що розташовані вище за течією р. Десна (Новгород-Сіверський, Шостка, Чернігів);
- нераціональні витрати питної води;
- недостатність і застарілість водоощадних та водоочисних технологій;
- зношеність водопровідних мереж, що зумовлює вторинне забруднення питної води;

- зношеність міського колектора та водозабірних станцій;
- катастрофічний стан каналізаційних очисних споруд (Бортницька станція аерації), застарілість технологій очищення стоків;
- катастрофічна кількість відходів на мулових полях Бортницької станції аерації;
- обмежене використання підземних вод для централізованого водопостачання міста;
- необхідність застосування сучасного обладнання й матеріалів у водопровідному господарстві;
- нерациональне перспективне планування водогосподарства міста.

Кіровоград [12]

Водопостачання м. Кіровоград організоване з поверхневої дніпровської води, що за 116 км подається водогоном Дніпро–Кіровоград (щодоби постачає 45–50 тис. м³ води), та підземних вод (щодоби видобувається близько 10 тис. м³ води), джерелом яких є буцацькі відклади, вода готується водозаборами Лелеківським (37 свердловин) і «Холодні ключі» (17 свердловин з яких 6 – робочі). Використання для централізованого водопостачання міста підземних вод іншими водозаборами з 1976 р. припинене через незадовільну якість води (наднормативний вміст заліза, мангану).

Основними проблемами водопостачання та водозабезпечення міста є такі:

- підвищений вміст заліза у питній воді Лелеківського водозабору та підвищений показник твердості води водозабору «Холодні ключі» [13], що потребує водопідготовки;
- відсутність каналізації в частині районів міста (Лелеківка, Ст. Балашівка, Масляниківка, Анурово, Завадівка, Балка, Куцівка);
- застарілі технології водоочищення (хлорування);
- велика заборгованість підприємства.

Луганськ

Водопостачання м. Луганськ здійснюється з підземних джерел трьома міськими і трьома позаміськими водозаборами (Кон-

драшівським, Айдарським, Петрівським), що знаходяться на значній відстані від міста, за р. Сіверський Донець. Водопостачання організоване на умовах концесії ТОВ «Луганськвода», що входить до складу російської групи компаній «Росводоканал».

Хімічний склад підземних вод, що видобуваються в межах м. Луганськ, характеризується мінералізацією, що перевищує нормативну – 1000 мг/дм³, наднормативним показником твердості – 12 одиниць, високим вмістом карбонатів. Окрім того, підземна вода в Луганську не відповідає нормативним вимогам за вмістом загального заліза, сульфатів, органолептичними показниками. За даними лікарів такий якісний склад питних вод може призводити до розвитку нирковокам'яної хвороби.

В Луганську впроваджено такі методи підвищення якості та очищення води, як: використання піщано-гравійних фільтрів, відстійників, хлорування. Крім того, змішуванням підземної води, видобутої у межах міста, з підземною водою замських водозаборів водопостачальна організація намагається поліпшити якість води.

Показники якості питної води в м. Луганськ тісно пов'язані з регіональною специфікою, а саме, наявністю близько 1500 екологічно небезпечних підприємств і організацій вугільної, металургійної, машинобудівної, хімічної і нафтохімічної промисловості, енергетики. Нині водопостачальні організації оформляють в МОЗ України дозволи на допустимі відхилення показників якості від нормативних, що узаконює незадовільну якість питної води, але не вирішує проблему еколого-гігієнічної безпеки питно-господарського водопостачання Луганської промислово-міської агломерації.

Через закриття вугільних підприємств у багатьох шахтах відновлюються рівні шахтних вод, що призводить до підтоплення територій, електро-хімічного кородування водопровідних і каналізаційних мереж, довгострокового збільшення водних втрат із них.

Лише 8 % стічних вод м. Луганськ можна вважати очищеними, великої шкоди місцевим ресурсам питних вод щодо вмісту шкідливих речовин завдає еколого-технологічна недосконалість комунального господарства.

Якщо вода після очищення комунальними службами і відповідає встановленим нормативам, то після проходження водопровідною мережею міста вона отримує вторинне забруднення і надходить у квартири мешканців міста непридатною для споживання.

Зношеність водопровідних мереж у місті наближається до 90 %: водопровідні мережі потребують капітального ремонту й заміни. Через зношеність водопроводів, що зумовлює погіршення якості питної води, втрачається значна кількість води, а до водопровідних мереж надходять забруднені каналізаційні та шахтні води. На вологих поверхнях труб через постійні аварійні відключення розвиваються синьозелені водорості й мікроорганізми, здатні викликати кишкові інфекції. Від кишкових захворювань мешканців Луганська рятує високий вміст хлору у водопровідній воді (гіперхлорування), що, у свою чергу, є також шкідливим і небезпечним для організму людини. Для мінімізації ризику захворювання рекомендуються обов'язкове кип'ятіння води перед споживанням та використання її локального очищення.

Основними проблемами централізованого водопостачання міста є такі:

- інтенсивне забруднення водозаборів підземних вод через високу концентрацію промислових об'єктів і значне антропогенне навантаження, що зумовлює погіршення показників якості води, підвищення показників загальної мінералізації і твердості;
- фізичне і моральне старіння водогінних мереж, що призводить до значної кількості проривів на водогінних мережах, довгострокового збільшення втрат води з водопровідних мереж (близько 60 %);
- енергоємне транспортування води через велику віддаленість джерел водопостачання (до 250 км) і значний перепад висот (50–300 м);
- наявність територій з відсутністю цілодобового водопостачання.

Шляхами розв'язання проблем питної води в Луганську можуть бути такі, як поступовий капітальний ремонт водоводів; ви-

користання привізної води; застосування побутових систем очищення води.

Луцьк [14]

Водозабезпечення потреб м. Луцьк здійснюється з підземних вод, що видобуваються двома підземними водозаборами Луцького родовища (Дубнівським і Омелянівським), на які в структурі водозабезпечення припадає 99 %, та з поверхневих вод р. Стир (1 %). Дубнівський водозабір є груповим, у його межах виділяються ділянки Дубнівська, Новодубнівська, Східна, Південно-Східна, Вербаїво-Лучицька. Крім цих джерел водопостачання в 1996 р. завершена підготовка до експлуатації Гнідавського водозабору, що не експлуатується в зв'язку з повним забезпеченням потреб міста Дубнівським і Омелянівським водозаборами. Вербаїво-Лучицька ділянка не експлуатується через незадовільний хімічний склад води (вміст аміаку близько 6 мг/дм³ за ГДК 2 мг/дм³) [15].

Основним цільовим водоносним горизонтом є горизонт у мергельно-крейдяних відкладах верхньокрейдяного віку, що характеризуються високими фільтраційними параметрами. Дебіт свердловин становить 15–35 дм³/с за зниження рівня на 3–10 м. Якість підземних вод загалом добра, проте в них дещо підвищений вміст заліза і замало йоду, тому серед заходів з водопідготовки необхідні додаткові витрати на йодування і знезалізнення [15]. Підземні води відносно добре захищені.

Після введення в дію Дубнівського й Омелянівського водозаборів частка підземних вод у структурі водопостачання м. Луцьк стабільно зростала, а поверхневих – постійно знижувалась. Так, якщо до 1960 р. на річковий водозабір припадало до 85 % обсягу водопостачання, то в 1970 р. – 30, в 1980 – 8, в 1996 – 3, в 2000 – 0,86 %. Наразі річковий водозабір використовують як джерело технічних вод для забезпечення потреб підприємства «Луцькводоканал».

Серед галузей водоспоживачів основними є промисловість (транспортна і енергетична галузі), сільське господарство (у тому числі зрошуване землеробство) за межами міста, комуналь-

не господарство. Багато приміських сіл забезпечуються водою з міського водопроводу (Крупа, Підгайці, Рованці, Струмівка, Великий та Малий Омеляник, Маяки, Милуші). Останнім часом водопровідну воду використовують для поливу дачних ділянок у межах міста та околиць (у тому числі несанкціоновано освоєних). Крім промисловості і комунального господарства вагомий внесок у зниження якості водних ресурсів роблять такі об'єкти, як військовий аеродром і авіаремонтний завод.

Стоки на міські каналізаційні очисні споруди подають 11 каналізаційних насосних станцій, мережа станцій та каналізаційних колекторів охоплює все місто, потребує переоснащення та капітального ремонту.

Стічні води з каналізаційного колектора подаються на міський каналізаційні очисні споруди, що експлуатуються з 1970 р. і знаходяться на відстані 2 км на північний захід від міста, на території с. Ліпляни. Очищені стічні води скидаються в р. Стир.

Для водозабезпечення м. Луцьк характерні ті ж проблеми, що й для інших міст України: виснаження водних джерел, зниження якості води у них, об'єктивна необхідність підвищення екологічної безпеки водокористування [16].

Спільними проблемами водокористування м. Луцьк та інших міст є: зменшення обсягів водозабору і водовідведення, починаючи з 1992 р., фізична зношеність та аварійність водогосподарських споруд, хронічний дефіцит коштів для підтримання в належному стані комплексу інженерних комунікацій, будівництва нових об'єктів, стабільне відставання від передового інженерно-технологічного досвіду тощо.

Специфічною проблемою водокористування є існування в межах окремих частин міста роздільної системи каналізування комунальних стічних вод і стоків з міської території (дощових, талих, поливо-мийних). В одних районах міста ці стоки відводяться окремо (в річки Сапалаївка, Стир, Жидувка), в інших – спільно, в деяких – каналізація дощового стоку взагалі відсутня.

Львів [17]

Система водопостачання м. Львів розвивається з 1901 р. Географічне розташування міста (на хребті Європейського вододілу) обумовлює його водопостачання виключно підземними водами, які видобувають 17 водозаборів сумарною проектною потужністю близько 450 тис. м³/доба, що розміщені на відстані від 20–110 км від міста. Загальна кількість свердловин становить понад 180 шт., глибина окремих свердловин досягає 250 м. Видобута на водозаборах вода подається в місто по магістральних водогонях завдовжки 655 км, діаметром до 1400 мм.

Значний перепад абсолютних позначок у м. Львів (амплітудою до 120 м) визначає необхідність роботи 27 насосних станцій 2-, 3-, 4-го підйомів, термін експлуатації яких становить від 20 до 100 років, а також 23 локальних насосних станцій підкачування. Загальна місткість резервуарів чистої води – понад 200 тис. м³. Протяжність міської розподільної мережі Львова для вуличних водопровідних мереж – 850 км, для внутрішньоквартальних і внутрішньо-дворових мереж – 245 км.

Станом на 01.01.2009 р. 3 % львів'ян цілодобово користувались послугами водопостачання (мешканці першого–другого поверхів будинків усього міста), 50 % отримували воду за розширеним графіком – 18 год на добу (Галицький, Залізничний, Франківський, Сихівський і частково Шевченківський райони), 11 % – за графіком 8–12 год на добу (Личаківський і частково Шевченківський райони).

Водопостачання міста характеризується такими особливостями:

- відсутність джерел водопостачання в межах міста або поблизу міста;
- висока енергозатратність виробничих процесів;
- складний рельєф міста, що ускладнює експлуатацію систем водопостачання й каналізації;
- незадовільний стан міських мереж, більшість яких перебуває в гостроаварійному стані (76 % міських мереж знаходяться в незадовільному технічному стані; щорічно на

водопровідних мережах міста ліквідується понад 5 тисяч випадків витоку води);

- подача води у багатьох районах міста здійснюється за графіком;
- наявність заборгованості населення за спожиті послуги, що впливає на техніко-економічні показники роботи міського водоканалу.

Питання цілодобового забезпечення міста питною водою можна вирішити зонуванням міської водопровідної мережі за тиском, що дасть змогу зменшити водні витрати й оптимізувати постачання води в різні мікрорайони міста.

Якісний склад підземних вод для водопостачання характеризується підвищеною твердістю, обумовленою наявністю солей кальцію та магнію, які не шкодять здоров'ю людини, однак створюють певні побутові незручності, оскільки на стінках труб, посуду утворюється значна кількості осаду.

Методами водопідготовки питної води є знезараження та очищення, а саме хлорування і знезалізнення. Способи очищення стоків – традиційні: механічний, бактеріологічний, хімічний.

Миколаїв

Основним джерелом водопостачання м. Миколаїв є поверхневі води р. Дніпро, вода з якої подається водоводом Дніпро–Миколаїв (продуктивність 280 тис. м³/доба) та з Жовтневого водосховища (30 тис. м³/доба) [18].

Водогін Дніпро–Миколаїв завдовжки близько 73 км проходить територією Херсонської області. Жовтневе водосховище заповнюється водами річок Інгулець і Дніпро по магістральному каналу Інгулецької зрошувальної системи, тому на якість питної води значно впливають шахтні та стічні води Кривбасу.

На території м. Миколаїв експлуатується також 71 артезіанська свердловина, воду яких використовують для побутово-питних цілей понад 15 тис. мешканців. Підземна вода за сухим залишком, твердістю, вмістом сульфатів, хлоридів у 2–3 рази перевищує вимоги нормативу до якості питної води.

Загальна протяжність водопровідних мереж міста – близько 1050 км, з них застарілими та в аварійному стані є близько 10 %, каналізаційних мереж – 640 км, з них в аварійному стані – близько 20 %. Система водопровідно-каналізаційних трубопроводів за рівнем зношеності і водних втрат потребує капітального ремонту, оскільки термін експлуатації деяких мереж перевищує 50 років.

Технологічна схема очищення води складається з таких стадій очищення та обробки: фільтрування, коагулювання, знезараження, відстоювання. Очищена на швидких фільтрах вода надходить у резервуари чистої води. За загальним станом очисних споруд водоканалу їх виробничий ресурс повністю вичерпаний – загальна зношеність становить близько 50 % [19].

Середньодобове споживання води містом – близько 170 тис. м³/доба, з яких 80 % споживає населення (централізованим водопостачанням користується близько 83 % населення м. Миколаїв).

Основними проблемами централізованого водопостачання населення міста є такі:

- моральна і фізична зношеність очисних споруд – з часу введення в експлуатацію (1979) вони не реконструювались і не модернізувались;
- зростання кількості локальних руйнувань водопровідних і каналізаційних мереж через їх зношеність, що призводить до збільшення кількості аварійних ситуацій, погіршення якості послуг, що надаються;
- втрати очищеної питної води в мережах досягають 35 % загального водоспоживання, внаслідок чого активізувались процеси корозії та підтоплення прилеглих територій;
- незадовільний стан (замулення) Жовтневого водосховища, що зумовлює погіршення якості води й необхідність її додаткового очищення.

Одеса

Централізоване водопостачання м. Одеса здійснюється розгалуженою водопровідною мережею й організоване Дністровським водоводом. Щодоби в систему водопостачання подається близь-

ко 850 тис. м³ води, з яких населення споживає близько 70 %. При цьому зберігається дефіцит води, що особливо відчутно в літній період.

Водозабірна станція «Дністер», на якій проводять водоочищення і водопідготовку, знаходиться на відстані близько 40 км від м. Одеса.

Крім поверхневих вод у місті також експлуатується верхньосарматський водоносний горизонт, що містить прісні і слабосолонуваті води з мінералізацією 0,5–1,5 г/дм³. Води цього горизонту в основному мають добру якість і достатньо захищені від різного роду техногенного забруднення. Їх використовують для децентралізованого водопостачання, розробляють приватні компанії з метою продажу як питно-столових [20].

Авторами праць [21–23] встановлено: 1) поверхневі і підземні води в м. Одеса за фізіологічною повноцінністю мінерального складу питної води за вмістом фтору ($\geq 0,2$ мг/дм³) не відповідають вимогам ДСанПіН 2.2.4-171–10 (0,7–1,2 мг/дм³); 2) дефіцит фторидів у поверхневих і підземних джерелах водопостачання промислово-міської агломерації потребує обґрунтування еколого-економічної та соціальної значущості фторування питних вод як засобу профілактики карієсу зубів серед широких верств населення; 3) збалансованість мінерального складу питних вод є важливим чинником формування здоров'я населення Одеської промислово-міської агломерації, а тому необхідне проведення спеціальних досліджень щодо його оптимізації.

Основними проблемами водопостачання й водозабезпечення міста є такі:

- підвищений і зростаючий у часі рівень забруднення вод р. Дністер, а також транскордонний характер його стоку (Республіка Молдова), що погіршує еколого-техногенну безпеку питно-господарського водопостачання;
- дефіцит водних ресурсів у регіоні;
- застарілі технології водоочищення (хлорування), необхідність оптимізації хімічного складу питних вод;
- необхідність модернізації методів знезараження води;

- вторинне забруднення водопровідної води каналізаційними стоками, що надходять у результаті витоків із водопровідних мереж;
- дослідження цього питання і впровадження систем водозабезпечення підземними водами.

Полтава

Полтава – одне з небагатьох міст України, де централізоване водозабезпечення на 100 % здійснюється підземними водами. Цільовим водоносним комплексом є альб-сеноманський, що експлуатується свердловинами завглибшки 600–800 м.

Видобуток підземних вод становить близько 250 дм³ на одного мешканця за добу, з яких раціонально використовується лише 150 дм³/доба (60 %).

Підземна вода, що видобувається для водозабезпечення міста, має добру якість [24] – водоносний комплекс надійно захищений від зовнішніх забруднень.

Основними проблемами водопостачання міста є такі:

- висока зношеність водопроводів і водопостачального обладнання;
- підвищені наднормативні показники сухого залишку, вмісту фтору, хлоридів, заліза [25], характерні для цільового водоносного горизонту в регіональному плані, потребують контролю та вжиття відповідних заходів із водопідготовки.

Рівне [26]

Водозабезпечення м. Рівне організоване підземними водами з верхньокрейдяного, валдайського та горбашівського водоносних горизонтів. Кількість свердловин, що використовуються для водопостачання – 107.

Загалом для водопостачання міста експлуатується 5 водозаборів потужністю від 10 до 50 тис. м³/доба. Основним водозабором, що забезпечує місто питною водою, є Горбаківський, який знаходиться у Гощанському районі Рівненської області в заплаві р. Горинь (дає ~ 80 % обсягу питної води міста) на відстані близько 30 км від міста. Його потужність – 50 тис. м³/доба.

Загальна протяжність водогонів та водопроводів розподільної мережі міста, що транспортують воду до місць споживання – відповідно 210 і 390 км. Питна вода очищується на станціях знезалізнення.

Близько 70 % стічних вод м. Рівне перекачують на очисні споруди ВАТ «Рівнеазот».

Особливістю гідрохімічного стану питних вод міста є дефіцит фтору. За інформацією Державної санітарно-епідеміологічної служби Рівненської області [27], вміст фтору в воді (до 0,2 мг/дм³) не відповідає вимогам ДСанПіН 2.2.4-171–10 до показника фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води за вмістом фтору (0,7–1,2 мг/дм³).

Основними проблемами й особливостями водопостачання та водовідведення міста є такі:

- недостатня потужність і аварійний стан каналізаційних очисних споруд;
- аварійний стан транзитних напірних колекторів загальною протяжністю 36 км, по яких дві третини стоків міста транспортується під високим тиском на очисні споруди ВАТ «Рівнеазот»;
- негативні зміни еколого-гідрологічних умов унаслідок надмірного водовідбору з горбашівського водоносного горизонту (зниження рівнів води у водоносних горизонтах, переосушення торфовищ у заплаві р. Горинь, зневоднення сільгоспугідь, поява просадних тріщин на поверхні ґрунту, часткове осушення ґрунтового горизонту, зникнення питної води в колодязях [28]);
- відсутність стаціонарних знезаражувальних та знезалізнювальних установок;
- незадовільна охорона санітарно-захисних зон суворого режиму;
- часті пориви водопровідної мережі в зв'язку з фізичним зношенням;
- необхідність фторування води.

Сімферополь [29]

Джерелами водопостачання різних районів м. Сімферополь є чотири наливні водосховища: Міжгірське, Аянське, Сімферопольське, Партизанське.

Вода в Аянське водосховище надходить з Аянського джерела, в Сімферопольське – з р. Салгір, в Партизанське – з р. Альма, в Міжгірське – з Північнокримського каналу.

Загальна протяжність водопровідних мереж у місті понад 700 км.

Основними еколого-ресурсними і техногенними проблемами водозабезпечення й водопостачання міста є такі:

- відсутність альтернативних джерел водопостачання (підземних вод);
- зношеність водопровідних мереж міста, що досягає 60 %;
- перебої у водопостачанні та забруднення води через зношеність водопроводів;
- забрудненість дніпровської води (вміст пестицидів, нафтопродуктів, поверхнево-активних речовин тощо), яка надходить з Північнокримського каналу в Міжгірське водосховище, що є наслідком впливу господарської діяльності у басейні р. Дніпро;
- незадовільний еколого-технологічний стан Північнокримського каналу через нестабільний режим експлуатації (погіршення гідравлічних параметрів, величезні втрати води при транспортуванні, підтоплення територій, засолення навколишніх ґрунтів);
- аварійний стан інженерно-гідрологічних споруд;
- побутові забруднення р. Салгір, ландшафтно-геохімічне забруднення водозахисної зони побутовим сміттям;
- погіршення органолептичних характеристик води в період паводків;
- недосконалість систем очищення питної води (хлорування), що застосовуються для очищення від природних забруднень;
- погодинне водопостачання в окремі райони через дефіцит водних ресурсів, що погіршує гідравлічний режим мереж,

пришвидшує їх корозійне зношення внаслідок внутрішнього надходження кисню.

Суми

Водопостачання м. Суми здійснюється виключно підземними водами. Із 76 артезіанських свердловин загальною потужністю 96 тис. м³/доба, що використовуються для водопостачання, у 37 свердловин (49 %) закінчився строк експлуатації. Із 51 свердловини, що залишились у стані експлуатації, 25 облаштовані на мергельно-крейдяний водоносний горизонт, 22 – на сеноман-нижньокрейдяний, 4 – на юрсько-тріасовий.

Постачається місто водою із 6 водозаборів. Лепехівський водозабір знаходиться на західній околиці м. Суми, у долині р. Сумка – правої притоки р. Псел. Його продуктивна потужність близько 20 тис. м³/доба. Пришибський водозабір побудований на південно-східній околиці міста на лівобережжі р. Псел, на першій заплаві і другій надзаплавній терасах. Продуктивна потужність водозабору близько 25 тис. м³/доба, проектна – 30 тис. м³/доба. Лучанський водозабір займає ділянку на північно-східній околиці міста на правому березі р. Псел, що обмежує його територію з трьох боків. Продуктивна потужність водозабору близько 22 тис. м³/доба, проектна – 30 тис. м³/доба. Новооболонський водозабір розташований на південно-західній околиці міста вздовж русла р. Стрілка – притоки р. Сумка. Потужність водозабору 20 тис. м³/доба, проектна – 24 тис. м³/доба. Тополянський водозабір наближений до північно-західної околиці міста у районі другої тераси правобережжя р. Псел. Продуктивна потужність водозабору близько 15 тис. м³/доба, проектна 29,6 тис. м³/доба. Токарівський водозабір знаходиться на східній околиці м. Суми між селами Василівка і Токарі, в районі другої надзаплавної тераси р. Псел. Продуктивна потужність водозабору на рівні проектної – 35 тис. м³/доба.

Близькість Курської магнітної аномалії зумовлює понаднормативний вміст заліза в підземній воді, що призводить до погіршення її смакових якостей, проблем при використанні води в побуті тощо. Однак головна проблема – високий вміст заліза у воді –

посилюється через незадовільний стан міської водопровідної мережі. Для ефективного вирішення проблеми якості води необхідно впровадити технологію знезалізнення та контроль якості води на всіх етапах водопостачання [30].

Протяжність водопровідної мережі в місті становить близько 520 км (у тому числі застарілої й аварійної – 190 км, або 36 %), серед них 300 км експлуатуються понад 25 років, що впливає на якість питної води (підвищений вміст заліза, збільшена каламутність).

Основними проблемами централізованого водопостачання та водовідведення міста є такі:

- незадовільний екологічний стан джерел питного водопостачання;
- незадовільний технічний стан основних фондів підприємства водопостачання;
- недостатнє фінансування розвитку та реконструкції централізованих систем водопостачання та водовідведення;
- високі питомі витрати матеріальних та енергетичних ресурсів під час виробництва і надання послуг;
- недосконалі технології очищення питної та стічних вод;
- низька якість обслуговування населення;
- недосконале ціноутворення у галузі.

Тернопіль [31]

Централізоване водопостачання в м. Тернопіль почали впроваджувати з 1947 р. На сьогодні джерелом питного водопостачання міста є виключно підземні води, які видобувають із верхньокрейдяного водоносного горизонту. Для потреб промислових підприємств частково використовують також поверхневі води (р. Сірет).

Підземні води видобувають два водозабори: «Тернопільський» (потужністю 27 тис. м³/доба), що розташований у с. Біла на відстані близько 2,5 км від міста, та «Верхньоівачівський» (проектною потужністю 85 тис. м³/доба) у с. Горішній Івачів, що знаходиться приблизно за 35 км від міста. Щодоби місто споживає

ває 87 тис. м³ води. Протяжність водопровідних мереж у межах міста становить ~ 340 км.

За даними праць [32–34] особливістю гідрогеохімічних умов підземних вод верхньокрейдяного водоносного горизонту є підвищений вміст заліза. Для очищення питної води і приведення її до нормативних вимог застосовують систему фільтрів, хлораторні для знезараження води, насосні станції для подачі води в місто та станцію знезалізнення води на водозаборі «Тернопільський» (на Верхньоівачівському водозаборі установки знезалізнення відсутні).

Основними еколого-техногенними проблемами водопостачання міста є такі:

- системно-аварійний стан водопровідних мереж, необхідність їх заміни;
- підвищений вміст заліза у воді цільового водоносного горизонту, що зумовлює необхідність її знезалізнення;
- розміщення в зоні Верхньоівачівського водозабору (на відстані близько 1 км) звалища побутових відходів міста.

Ужгород

Централізоване водопостачання м. Ужгород питною водою з підземних та поверхневих джерел забезпечують 2 водозабори. Загальна потужність системи водопроводу – 65 тис. м³/доба.

Поверхневий водозабір дериваційного каналу р. Уж розташований у межах міста, подає питну воду в правобережну його частину. Складається з комплексу трьох насосно-фільтрувальних станцій сумарною потужністю 37 тис. м³/доба.

Минайський водозабір підземних вод (потужністю 30 тис. м³/доба) знаходиться в районі сіл Холмок, Розівка, Коритняни Ужгородського району, забезпечує водою лівобережну частину міста, складається з 22 артезіанських свердловин.

Підземна вода має високі твердість і мінералізацію, що зумовлює відносне зростання серед населення рівня серцево-судинних захворювань, утворення каменів у нирках і жовчному міхурі [35].

Протяжність водопровідних мереж міста становить близько 285 км.

Основними еколого-ресурсними та технологічними проблемами міста щодо водозабезпечення та водопостачання є такі:

- забрудненість р. Уж як поверхневого джерела водопостачання;
- незадовільний стан розподільних мереж водопроводу, каналізаційних мереж, насосних станцій (основні фонди зношені більш як на 50 %);
- втрати питної води, вторинне забруднення питних вод;
- застарілість технологій водопідготовки як фізична, так і моральна (не розраховані на вилучення багатьох речовин техногенного походження);
- хлорування води, що не відповідає сучасним вимогам оскільки призводить до вторинного забруднення (утворення хлорофенольних та органохімічних сполук);
- необхідність реконструкції станцій очищення питної води;
- подача води в певні частини міста за погодинним графіком.

Харків [36]

Для водозабезпечення м. Харків та інших населених пунктів Харківської області використовують три незалежні джерела, два з яких знаходяться на значній відстані від міста (рис. 3.9):

- р. Сіверський Донець із Печенізьким водосховищем (383 млн м³) – на відстані 40 км від міста – 74,1 % загальної подачі води;
- канал Дніпро–Донбас із Краснопавлівським водосховищем (близько 410 млн м³) – на відстані 140 км від Харкова – 23,5 % загальної подачі води;
- підземні води з артезіанськими свердловинами завглибшки 80–800 м, розташовані в м. Харків та Харківській області – 2,4 % загальної подачі води.

Режим подачі та розподілу води підтримують 97 насосних станцій, середньодобова подача води споживачам становить близько 650 тис. м³/доба.

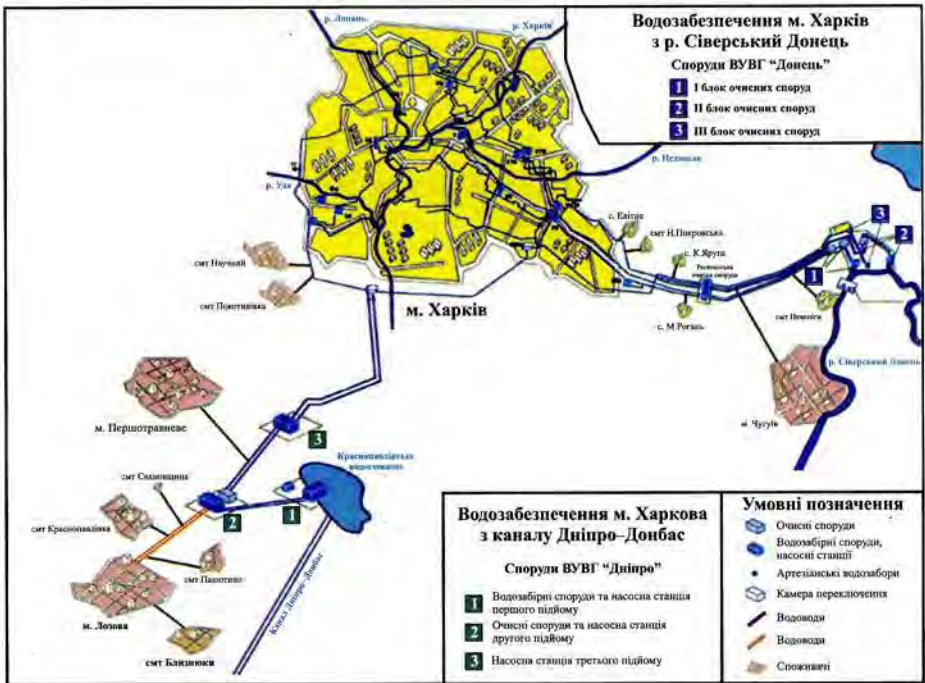


Рис. 3.9. Схема водозабезпечення м. Харків

Технологічна схема подачі води організована так, що водопостачання мешканців області здійснюється як безпосередньо від магістральних водоводів у м. Харків, так і через систему подачі й розподілу.

На випадок надзвичайних ситуацій передбачено взаємне резервування водопостачання суміжних зон.

Основними проблемами водопостачання міста є такі:

- незадовільна якість води у поверхневих джерелах водопостачання (зокрема у р. Сіверський Донець перевищені ГДК за вмістом нафтопродуктів, важких металів, у воді наявні отрутохімікати, пестициди, якість води не відповідає нормативу за мікробіологічними показниками тощо);
- незадовільна якість води, що надходить із комунальних водопроводів (наявність збудників паразитних захворювань, вірусу гепатиту А тощо), що пояснюється їх зношеністю до 60 %;

- незадовільна якість води у колодязях;
- застарілі технології очищення води, яку знезаражують хлоруванням (Харківщина – одна з трьох областей України, де виявлено найвищі рівні хлороформу в питній воді).

Нині в Харкові широко впроваджують у практику продаж фасованої питної води, видобутої з підземних водоносних горизонтів.

Херсон

Постачають м. Херсон водою з підземних джерел, основним з яких є водоносний горизонт у відкладах верхнього сармату.

Загальна кількість водозабірних свердловин – 151 (завглибки від 80 до 100 м), із них діючих – близько половини (реально працюють у кілька разів менше).

Загальна протяжність водопровідних мереж у місті становить близько 820 км, мереж каналізації – 284 км.

У місті комунальні служби та приватні компанії нерегульовано експлуатують водозабірні артезіанські свердловини: інтенсивний водовідбір зумовив перетікання некондиційних за мінералізацією вод із вищезалігаючого понтичного водоносного горизонту. В результаті погіршилась якість питної води експлуатаційного горизонту у відкладах сарматського ярусу неогену: в окремих свердловинах мінералізація досягає 4,2 г/дм³.

Слід зазначити, що понтичний водоносний горизонт до кінця 1960-х років використовувався для скидання побутових і господарсько-фекальних вод. Некондиційні води перетікають у водоносний горизонт верхнього сармату по позатрубному простору покинутих свердловин і свердловин, що вийшли з ладу. Внаслідок порушення гідродинамічних умов та зростання техногенної уразливості вод сарматського горизонту тип підземних вод змінився з гідрокарбонатно-хлоридного магнієво-натрієвого на хлоридно-сульфатний натрієво-магнієвий.

Характерною особливістю підземних вод, що використовуються для водопостачання м. Херсон, є підвищений вміст азотистих сполук – в окремих свердловинах вміст нітратів досягає 250 мг/дм³ (за норми – 45 мг/дм³).

Значне забруднення підземних вод азотовмісними сполуками пов'язане з діяльністю Херсонського морського порту.

Фактичний річний обсяг водовідбору по місту становить близько 42 млн м³ (115 тис. м³/доба), з яких 38 млн м³ (104 тис. м³/доба) – з підземних джерел, 4 млн м³ (11 тис. м³/доба) – з поверхневих.

Еколого-ресурсний стан водних об'єктів і технологічна база комунальної служби міста неспроможні забезпечити населення Херсона якісною питною водою. За класом вода, що використовується для водопостачання міста, через високий вміст у ній солей, належить до технічної, тобто непридатної до вживання як питна.

Основними проблемами водопостачання та водовідведення міста, а також причинами, що зумовлюють постачання води низької якості, є такі:

- порушення технології водопостачання;
- необхідність тампонажу певних водозабірних свердловин через подачу некондиційних вод або незадовільний санітарно-технічний стан;
- необхідність еколого-технологічної реконструкції діючих водозаборів (зміна схеми розміщення, конструкцій свердловин та ін.) або введення в експлуатацію нових;
- відсутність умов для ефективної обробки питної води та доведення її якісних показників до вимог чинних нормативів;
- відсутність лабораторій для належного контролю якості води;
- дефіцит питної води, що становить для міста близько 140 тис. м³/доба, у тому числі з урахуванням об'єму води, що не відповідає вимогам нормативів;
- порушення режиму господарювання в зонах санітарної охорони водозабірних свердловин, що знаходяться на ділянках слабкої захищеності підземних вод (вздовж русла р. Дніпро) у межах приватної забудови, з фільтрувальними вигребами, складуванням побутового сміття біля во-

дозабірних споруд, що зумовлює амонійне й нітратне забруднення;

- через зношеність водопровідної мережі (досягає 70 %) формуються підвищені витоки, у воду надходять шкідливі мікроорганізми і речовини – солі кальцію і магнію, пестициди, важкі метали, нафтопродукти.

Хмельницький

Централізоване водопостачання м. Хмельницький організоване в основному з підземних вод водоносного горизонту в протерозойських відкладах, що широко розвинені на Поділлі на глибині 60–100 м. Фактична продуктивність водозаборів становить близько 80 тис. м³/доба. Воду видобувають із п'яти міських та окремого Чернелівського водозабору (за 34 км від міста). Всього експлуатують 80 артезіанських свердловин. Загальна протяжність міських мереж водопостачання – понад 516 км. Чернелівський водозабір забезпечує питною водою 80 % населення міста.

Забір підземних вод для потреб населення та підприємств міста становить близько 24,5 млн м³ (68 тис. м³/доба), з поверхневих водойм видобувається близько 0,5 млн м³ (1,4 тис. м³/доба). На господарсько-питні потреби використовується близько 22 млн м³ (60 тис. м³/доба) водних ресурсів, на виробничі – 2,5 (6,8 тис. м³/доба), для риборозведення – 0,2 млн м³ (0,55 тис. м³/доба). У системах оборотного й повторного використання знаходиться близько 9 млн м³ води, серед них у системах оборотного водопостачання – 8,5, повторного – 0,3 млн м³, що не відповідає світовим гідроекологічним нормам.

За даними праці [37], якість питної води в місті за основними показниками відповідає чинним в Україні з дозволеними Мінохорони здоров'я відхиленнями за вмістом заліза загального, аміаку та загальної твердості, водночас потужності установок знезалізнення недостатні для їх ефективного функціонування.

Основними проблемами водопостачання міста є такі:

- зношеність водогонів, розподільних мереж, насосного обладнання;

- необхідність дотримання режиму господарської діяльності в зоні санітарної охорони свердловин;
- нагальна потреба добудови другої черги Чернелівського водозабору, що гальмується відсутністю фінансування;
- необхідність удосконалення та впровадження технологій підготовки води на водонасосних станціях другого підйому (знезалізнення та зменшення твердості).

Черкаси [38]

Водопостачання м. Черкаси здійснюється поверхневими і підземними водами.

Дніпровська водопровідна станція, що забезпечує місто питною водою (близько 115 тис. м³/доба) розташована на березі Дніпра неподалік села Сокирне на відстані близько 15 км вище за течією від м. Черкаси.

1986 р. з метою забезпечення міста водою на випадок надзвичайних ситуацій (аварія на ЧАЕС та ін.) було споруджено і введено в експлуатацію Вільшанський водозабір потужністю 86 тис. м³/доба. Водозабезпечення міста підземними водами в об'ємі 21 тис. м³/доба здійснюють 38 артезіанських свердловин.

Протяжність мережі водоводів у місті становить близько 460 км, каналізаційних мереж – понад 260 км.

Основними проблемами водопостачання та водовідведення міста є такі:

- високий рівень забруднення дніпровської води органічними сполуками як природного, так і антропогенного походження;
- велике енергоспоживання у водогосподарстві;
- зношеність водопровідних і каналізаційних мереж, що зумовлює значні витоки води, вторинне її забруднення в мережах і джерелах водопостачання;
- застарілі технології водоочищення (хлорування).

Чернівці

Питання забезпечення м. Чернівці питною водою завжди було складним.

Для централізованого водозабезпечення міста питною водою використовують поверхневі води річок Дністер і Прут, підземні води водоносних горизонтів у тортонських і сарматських відкладах. Вода з р. Дністер подається водогоном Дністер–Чернівці протяжністю 45 км з комплексом очисних споруд потужністю 90 тис. м³/доба [39].

Протяжність водопровідних мереж міста близько 400 км, каналізаційних – 255 км.

Щоденна потреба м. Чернівці у питній воді – близько 150 тис. м³. Реальне споживання становить – 50–70 % цього об'єму, що обумовлено проблемами водопостачання, пов'язаними з електропостачанням, матеріальною частиною водогонів, якістю води.

Основними техніко-економічними та еколого-ресурсними проблемами водопостачання міста є такі:

- висока кінцева вартість води внаслідок значних енергетичних та експлуатаційно-технологічних витрат на транспортування водогоном Дністер–Чернівці на відстань 45 км;
- значне антропогенне забруднення поверхневих вод р. Дністер через скидання неочищених стічних вод; надходження забруднювальних речовин із численних промислових об'єктів, сільгоспугідь, населених пунктів у межах його басейну;
- вторинне забруднення очищеної питної води через незадовільний стан водопроводів (зношеність понад 60 %), наявність ділянок їх підтоплення, корозії, регулярні періоди осушення;
- значні втрати води з водогонів, що перевищують 40 %;
- застарілі технології водоочищення та водопідготовки (хлорування);
- необхідність будівництва водозабору, незалежного від р. Дністер (наприклад, на р. Черемош), розширення мережі існуючих водозаборів;
- необхідність нових резервних електрогенерувальних потужностей з використанням місцевих відновлюваних ресурсів.

Чернігів

Джерелом водопостачання м. Чернігів є підземні води. Для їх видобутку в місті функціонує 97 артезіанських свердловин завглибшки 680–760 м, загальною потужністю 130 тис. м³/доба. Нині 34 свердловини видобувають воду з нижньокрейдяного горизонту (майже 70 % загального обсягу подачі води у місті); 63 свердловини виробили свій термін експлуатації.

Видобуток води в місті досягає 75 тис. м³/доба.

У міську водопровідну мережу вода надходить з чотирьох насосних станцій другого підйому – Ялівщина (19 тис. м³/доба), Подусівка (20 тис. м³/доба), Бобровиця (26 тис. м³/доба) та Полуботки (12 тис. м³/доба).

Протяжність каналізаційних мереж в місті становить 300 км.

Якісний склад питної води характеризується низьким вмістом фтору (0,25–0,69 мг/дм³ за норми 0,7–1,5 мг/дм³), що потребує спеціальних заходів водопідготовки.

Основними еколого-технологічними проблемами водозабезпечення міста є такі:

- необхідність фторування питної води;
- зменшення частки зношених каналізаційних мереж (115 км водопроводів експлуатуються понад 25 років);
- нагальна потреба реконструкції очисних споруд відповідно до сучасних екологічних вимог;
- вторинне забруднення через стан водогонів, що постійно підтоплюються і кородують.

Отже, водопостачання міст – головна складова охорони здоров'я населення, соціально-економічного розвитку та національної безпеки держави. Відставання України від розвинених держав за середньою тривалістю життя населення певною мірою пов'язане зі споживанням ним недоброякісної питної води.

Вибір джерела водопостачання багато в чому визначає характер самої системи, наявність у її складі тих чи інших споруд, й отже, вартість будівництва та експлуатаційні витрати. Розвиток систем водопостачання окремих великих міст України датується

ся початком ХХ ст., максимальної активності він набув у 1960–1970-ті роки, коли при виборі основного джерела водопостачання перевагу віддавали поверхневим водам.

Основними водогосподарськими проблемами є надмірне водоспоживання, значні втрати води у розподільних мережах, низька якість та ненадійне функціонування систем водопостачання і каналізації, незадовільні екологічні характеристики систем водозабезпечення і каналізації тощо.

3.3. Проблеми водокористування сільських населених пунктів

Ситуація в Україні з водопостачанням сільських населених пунктів є однією з найгірших у Європі – рівень водопостачання в цілому залишається низьким.

Із 15,7 млн мешканців сільських місцевостей лише 4,1 млн осіб (26 %) забезпечені системами централізованого водопостачання; серед них внутрішній водопровід з уведенням в будинок мають 7,4 %, водовідведення і каналізацію – 4,4, водяне опалення – 8,4, гаряче водопостачання – 0,3, розбірні вуличні колонки – 18,6 %.

Серед загальної кількості сільських населених пунктів (28,4 тис.) лише 6,4 тис. (22,5 %) мають побудовані за проектами системи питного водопостачання, з яких майже 50 % через недосконалу експлуатацію та тривалий термін служби працює з перебоями і не може забезпечити постачання води належної питної якості.

У 800 селах, забезпечених централізованим водопостачанням, через порушення правил експлуатації незадовільно працюють каналізаційні мережі і споруди для очищення господарсько-побутових стічних вод. Водночас забезпеченість підприємств сільськогосподарського виробництва і тваринництва централізованим водопостачанням досягає майже 98 %.

Такий стан водозабезпечення сільських населених пунктів загрожує біологічно-генетичною деградацією населення України, спричиненою погіршенням екологічного стану та якості поверхневих і підземних вод через забруднення їх відходами гос-

подарської діяльності, неочищеними промисловими, сільсько-господарськими та побутовими стічними водами, отрутохімікатами, мінеральними добривами, що містять небезпечні для здоров'я людини сполуки.

У 1228 сільських населених пунктах АР Крим, Дніпропетровської, Донецької, Закарпатської, Запорізької, Київської, Кіровоградської, Луганської, Миколаївської, Одеської, Полтавської, Рівненської, Харківської і Херсонської областей 814 тис. осіб частково або повністю використовують привізну воду та воду низької якості; серед них постійно – 383 тис. осіб 737 населених пунктів.

Для забезпечення населення сільських населених пунктів питною водою нормативної якості необхідно вжити таких заходів [40]:

- очищення поверхневих стоків із селітебних територій, будівництво систем водовідведення в містах і сільських населених пунктах, поліпшення стану зон санітарної охорони джерел водопостачання;
- відновлення систем питного водопостачання, які знаходяться в неробочому стані або постачають воду, що не відповідає нормативам якості питної води;
- реконструкція та будівництво в сільській місцевості систем питного водопостачання, які потребують значних капітальних вкладень (міжрегіональні групові водопроводи, станції з очищення води);
- забезпечення питною водою нормативної якості населення, яке живе на територіях, що зазнали радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи.

Стан водозабезпечення сільського населення найбільш «проблемних» областей України розглянуто нижче.

Автономна Республіка Крим [40, 41]

Автономна Республіка Крим (АРК) за кількістю місцевих водних ресурсів (поверхневі та підземні води) належить до найменш забезпечених регіонів України (водозабезпеченість АРК в 4,24 раза менша за середню по Україні).

Централізоване господарсько-питне водопостачання АРК на 70 % здійснюється з поверхневих вод, що накопичуються у водосховищах, на 30 % – з підземних вод. При цьому лише деякі адміністративні райони (Бахчисарайський, Джанкойський) повною мірою використовують розвідані запаси підземних вод.

Особливістю водокористування АРК є значна залежність від зовнішнього джерела водопостачання – Північнокримського каналу (ПКК), по якому до Криму з 1963 р. надходить вода з Дніпра. У водогосподарському балансі АРК води ПКК становлять близько 84 %, поверхневі – 9,5, підземні – 6, морські – 0,5 %.

У територіальній структурі водогосподарського комплексу Криму питома вага сумарного водоспоживання в містах Сімферополь, Севастополь, Алушта, Джанкой, Євпаторія, Керч, Краснопереконськ, Саки, Феодосія, Ялта близько 23 %. Тут зосереджено 92 % господарсько-побутового та 85 % виробничого водокористування Криму. Втрати води при транспортуванні – близько 50 %, що призводить до заболочування, підтоплення та засолення земель, погіршує екологічний стан північних регіонів АРК.

Джерелом водопостачання м. Сімферополь є поверхневі води з Айяньського (на р. Салгір), Сімферопольського, Партизанського (на р. Альма), Міжгірного (заповнюється водою з р. Дніпра) водосховищ.

Для водопостачання Севастополя збудоване також Чорноріченське водосховище на р. Чорна.

Для водопостачання Ялти беруть воду з комплексу водосховищ (Щасливе-1, Щасливе-2, Ключевське, Загорське), об'єднаних в єдиний комплекс з якого вода в місто надходить гідротунелем.

Джерелом водопостачання Алушти слугує вода з Ізобільненського (на р. Улу-Узень) та Кутузовського (на р. Демерджі) водосховищ.

Для водопостачання та зрошення в АРК використовуються 23 водосховища загальним об'ємом води 400 млн м³ і 1595 річок об'ємом води близько 200 млн м³. Із великих водосховищ 14 заповнюється стоком місцевих річок, 8 – водами ПКК й одне (Старокримське) – водою річок Дніпро та Чорох-Су. Об'єм водосхо-

вищ місцевого стоку в 1,7 раза більший за об'єм наливних водосховищ.

Після спорудження ПКК річки Рівнинного Криму використовують як колекторно-дренажну мережу для відведення в море та озера дренажних вод зі зрошуваних земель і підтоплених територій населених пунктів.

Однією з проблем водопостачання сільських населених пунктів АРК є використання для питних потреб вод із підвищеною мінералізацією.

Для водозабезпечення найбільш маловодних районів АРК побудовані групові системи водопостачання – Ленінський, Сокольський, Станційний, Старокримський, Фронтівий, Роздольненський водопроводи, що постачають питну воду в 78 населених пунктів (серед яких у 43 використовували привізну воду через відсутність джерел якісної питної води). Стан магістральних водогонів і розподільних мереж групових водопроводів катастрофічний і потребує реконструкції.

Особливості стану водозабезпечення та водопостачання АРК схарактеризовано нижче.

1. Недостатня кількість доступних джерел централізованого забезпечення питною водою.

2. Більшість адміністративних районів (Чорноморський, Роздольненський, Ленінський), а також Південний берег Криму і міста Євпаторія, Саки, Судак потерпають від дефіциту води.

3. У більшості міст воду подають за графіком, у багатьох селах, особливо в степових районах, вода виключно привозна.

4. Стан ПКК, що упродовж багатьох років був основою водопостачання районів, де катастрофічно не вистачає води, через нестабільний режим експлуатації є вкрай ненадійним. Технічний стан каналу також незадовільний (величезні втрати води при транспортуванні, підтоплення територій, засолення навколишніх ґрунтів).

5. Інженерні гідрологічні споруди (наприклад, водостік Загорського водосховища, ложе Межигірського водосховища, підводні канали Феодосійського й Фронтівого водосховищ) перебувають в аварійному стані.

6. Якість підземних вод не відповідає вимогам стандартів (надмірна солоність, підвищений вміст нітритів), що особливо характерно для Первомайського, Сакського районів, Красноперекопська.

7. Водоносні горизонти виснажені через невважене застосування зрошення в минулі роки.

8. Недостатність бюджетних коштів, що спрямовуються на буріння водозабірних свердловин для забезпечення чистою водою всіх міст і сільських населених пунктів півострова.

Для ефективного вирішення проблем питного водозабезпечення АРК необхідно розробити загальну систему водопостачання, особливо для сільських населених пунктів, для яких неможливо й нереально в найближчій перспективі забезпечити централизоване водопостачання. Проблеми водопостачання на місцях можна було б розв'язати за чіткої організації, системного підходу та реальної фінансової підтримки.

Заходами, необхідними для забезпечення водопостачання 161 населеного пункту АРК, є:

- завершення будівництва Роздольненського і Чорноморського групових водопроводів;
- спорудження Білогірського, Некрасовського, Керченського групових водопроводів;
- реконструкція водогонів Сокольського і Ленінського групових водопроводів.

Разом з тим, у 2005 р. розпорядженням Кабінету Міністрів України схвалено Концепцію Державної програми «Питна вода Криму» на 2006–2020 роки [40] у якій зазначені нагальні проблеми водопостачання АРК та сформульовані завдання, що необхідно розв'язати для підвищення ефективності та надійності функціонування систем водопровідно-каналізаційного господарства, удосконалення механізму водокористування. Положення програми увійшли до Державної програми соціально-економічного розвитку Автономної Республіки Крим на період до 2017 року [42].

Дніпропетровська область

Близько 130 тис. мешканців області (268 сільських населених пунктів) через відсутність джерел поверхневих і підземних вод належної якості повністю або частково користуються привізною водою. До цієї категорії потрапили села, водопостачання яких здійснювалося з групових або локальних водопроводів, що фізично зруйнувались через тривалий строк експлуатації.

Щоб забезпечити питною водою населені пункти 14 районів області (Апостолівський, Васильківський, Верхньодніпровський, Криворізький, Криничанський, Межівський, Нікопольський, Петропавлівський, Покровський, Синельниківський, Солонянський, Софіївський, Томаківський, Широківський), необхідно: завершити будівництво Нікопольського, Синельниківського і Солоняно-Томаківського групових водопроводів; спорудити Слов'янський, Великомихайлівський, Чаплинський, Юр'ївський, Петропавлівський і Широківський групові водопроводи.

Донецька область

Майже 38 тис. осіб 84 сіл Амвросіївського, Артемівського, Великоновоселківського, Волноваського, Володарського, Добропільського, Красноармійського, Мар'їнського, Новоазовського, Олександрівського, Першотравневого, Слов'янського, Старобешівського, Тельманівського, Ясинуватського районів області через дефіцит водних ресурсів користуються привізною водою.

Для водопостачання цих населених пунктів необхідно побудувати групові й локальні системи водопостачання: завершити будівництво Південного групового водопроводу; розпочати спорудження Старомлинівського, Добропільського, Мар'їнського, Тельманівського, Серебрянського групових водопроводів.

Закарпатська область

Понад 44 тис. мешканців Мукачівського та Ужгородського районів області (загалом 43 сільські населені пункти) споживають неякісну питну воду. На локальному рівні для вирішення питання водозабезпечення сіл Мукачівського району слід завершити будівництво Пістрівського групового водопроводу.

Запорізька область

Населення 219 сіл області (136 тис. осіб) через відсутність природних джерел питної води, виснаження запасів прісних підземних вод, техногенне навантаження на водні ресурси (низька якість) використовують привізну воду.

Для вирішення проблеми централізованого водопостачання в 10 районах області (Бердянський, Вільнянський, Гуляйпільський, Запорізький, Куйбишевський, Новомиколаївський, Оріхівський, Пологівський, Приморський, Приазовський) необхідно:

- реконструювати та спорудити значну кількість групових і локальних об'єктів водопостачання;
- завершити будівництво Західного, Новомлинівського і Щербаківського групових водопроводів;
- розпочати будівництво Вільнянського, Лозоватського, Осипенківського, Приморського, Пологівського, Центрального і Чернігівського групових водопроводів;
- реконструювати Запорізький груповий водопровід.

Київська область

Понад 24 тис. мешканців області через обмежену кількість джерел підземних вод, техногенне забруднення підземних водонесних горизонтів нафтопродуктами (район м. Узин Білоцерківського району) споживають воду низької якості.

Щоб вирішити ці проблеми для 21 села Білоцерківського, Кагарлицького і Рокитнянського районів області необхідно розпочати будівництво локальних систем питного водопостачання, завершити спорудження Білоцерківського групового водопроводу.

Кіровоградська область

Понад 81 тис. мешканців 67 сіл 10 районів області (Устинівський, Новоукраїнський, Новоархангельський, Бобринецький, Долинський, Петрівський, Кіровоградський, Олександрівський, Добровеличківський, Вільшанський) використовують привізну воду.

Поверхневі водні джерела на території області забруднені органічними речовинами, пестицидами, фенолами, нафтопродук-

тами і не відповідають нормативним вимогам до якості питної води.

Для забезпечення мешканців цих населених пунктів питною водою необхідно побудувати групові й локальні системи водопостачання, завершити будівництво Петрівського та розпочати будівництво Долинського і Бобринецького групових водопроводів.

Луганська область

Через наявність підземних вод із високими мінералізацією і твердістю (Марківський район) населення (4,2 тис. осіб, 14 сіл) змушене використовувати неякісну питну воду. У зв'язку з цим для водозабезпечення мешканців необхідно спорудити Марківський груповий водопровід.

Миколаївська область

Джерела підземних вод на території області розподілені вкрай нерівномірно; вода в них не задовільняє вимог до якості питної води (висока мінералізація).

Майже 41 тис. мешканців 96 сіл 18 районів області (Арбузинський, Братський, Березнегуватський, Баштанський, Березанський, Веселинівський, Врадіївський, Вознесенський, Доманівський, Сланецький, Жовтневий, Миколаївський, Новобузький, Новоодеський, Очаківський, Снігурівський, Казанківський, Первомайський) не забезпечені питною водою доброї якості, тому змушені використовувати привізну воду.

Для водозабезпечення сільських населених пунктів області необхідно побудувати локальні об'єкти централізованого водопостачання, забезпечити впровадження технологій з демінералізації води. Крім того, конче потрібно реконструювати Сланецький груповий водопровід, завершити будівництво Арбузинського групового водопроводу, розпочати будівництво Казанківського та Новоодеського групових водопроводів.

Одеська область

Понад 178 тис. мешканців 124 сіл 17 районів області (Ананіївський, Арцизький, Балтський, Березівський, Болградський, Іванівський, Ізмаїльський, Кодимський, Красноокнянський, Комін-

тернівський, Кілійський, Миколаївський, Овідіопольський, Ренійський, Савранський, Татарбунарський, Тарутинський) через дефіцит запасів прісних підземних вод та через незадовільну їх якість використовують привізну воду.

Для водозабезпечення цих населених пунктів області необхідно вжити відповідних заходів із будівництва групових і локальних систем водопостачання, завершити спорудження Кілійського, Дністровського, Суворовського і Татарбунарського групових водопроводів.

Полтавська область

Населення 11 сіл Кременчуцького району (3 тис. осіб) використовують для водозабезпечення привізну воду через забрудненість ґрунтових і підземних вод нафтопродуктами – результатами діяльності Кременчуцького нафтопереробного заводу. Для вирішення проблеми водозабезпечення цих сіл необхідно спорудити Кременчуцький груповий водопровід.

Рівненська область

Близько 66 тис. мешканців 59 сіл 5 районів області (Гощанський, Корецький, Млинівський, Рівненський, Рокитнівський) повністю або частково споживають питну воду низької якості. Для Гощанського району характерне зниження рівнів води у колодязях та неглибоких водозабірних свердловинах через будівництво водозабору підземних вод для водопостачання м. Рівне. Для вирішення проблеми водозабезпечення населення цих районів необхідно побудувати локальні системи водопостачання підземними водами глибоких водоносних горизонтів.

Харківська область

Населення 17 сільських населених пунктів Барвінківського, Великобурлуцького, Дворічанського, Дергачівського, Куп'янського, Сахновщинського, Чугуївського, Печенізького районів області (11 тис. мешканців) використовує для питних потреб привізну воду. Для вирішення питання водозабезпечення мешканців цих населених пунктів необхідно реконструювати локальні водопроводи, розпочати будівництво Дворічанського та Великобур-

луцького водопроводів, завершити будівництво Лозівського групового водопроводу.

Херсонська область

Близько 26 тис. мешканців з 44 сіл Великоолександрівського, Високопільського, Великорогачицького, Генічеського, Іванівського, Нижньосірогозького районів області через високу мінералізацію підземних вод використовують привізну воду. Для вирішення питання їх водозабезпечення необхідно розпочати будівництво локальних водозаборів (де це можливо), завершити спорудження Іванівського, розпочати будівництво Нижньосірогозького групових водопроводів.

Загалом слід зазначити, що в районах із привізною водою ресурси підземних вод дуже обмежені, за якісним складом вони мають високі мінералізацію, вміст заліза та інших компонентів і непридатні для питного водопостачання. Крім того, водоочисні споруди здебільшого матеріалоемні й малоефективні, застосовувані технології очищення поверхневих вод не відповідають сучасним вимогам забезпечення належної якості питної води.

З урахуванням катастрофічного стану водопостачання населення сільської місцевості, незадовільного стану якості питної води МОЗ України [43] запропоновано законодавчо врегулювати облік питної води, що реалізується населенню централізовано й не відповідає вимогам санітарних норм, як «технічної води» (!) для господарських потреб з обов'язковим відповідним інформуванням громадян.

Рівень водопостачання сільських населених пунктів в Україні є одним із найнижчих в Європі. Значна частина населення (74 %) для питних потреб використовує привізну воду і місцеві джерела – шахтні і трубні колодязі, індивідуальні свердловини, саморобні каптажі, прируслові копанки. Експлуатація незахищених ґрунтових водоносних горизонтів та незадовільний технічний стан водозабірних і водоносних комунікацій створюють ризик епідемічної небезпеки людей.

За даними МОЗ [43] близько 30 % проб питної води, відібраних із джерел нецентралізованого водопостачання в сільській

місцевості, не відповідає нормативам за санітарно-хімічними показниками і 20 % – за мікробіологічними.

Ситуація з водопостачанням у сільській місцевості ускладнена наслідками Чорнобильської катастрофи. Санітарний та екологічний стан джерел водопостачання, особливо в промислово насичених районах і на територіях із розвиненим сільськогосподарським виробництвом, є критичним або наближається до критичного. На сільських водопроводах немає очисних споруд і знезаражувальних установок, не проводиться виробничий лабораторний контроль якості питної води.

У кількісному аспекті ситуація з водозабезпеченням є напруженою в АР Крим, Одеській, Миколаївській, Запорізькій, Херсонській, Луганській областях, Бахчисарайському та Судацькому районах.

Необхідні докорінне поліпшення стану й забезпечення дотримання режимів зон санітарної охорони та водоохоронних зон джерел питного водопостачання.

Режим господарювання в зонах санітарної охорони джерел питного водопостачання сільських населених пунктів потребує посиленого контролю і поліпшення стану.

Висновки до розділу 3

Підземні води, найціннішими з яких є прісні – важливий резерв для водопостачання населення України. Резервом у забезпеченні водою можуть бути солонуваті й солоні підземні води за використання їх у суміші з прісними або після штучного їх опріснення. Оцінені у 1970-х роках прогнозні ресурси підземних вод в Україні становили близько 22,5 км³/рік (61,7 тис. м³/доба), з них із мінералізацією до 1,5 г/дм³ – близько 21,0 км³/рік (57,5 тис. м³/доба). Розподіл ресурсів підземних вод по території України вкрай нерівномірний.

За експлуатаційними запасами питних і підземних вод Україна є державою із високим рівнем вивченості родовищ підземних вод, однак ця вивченість нерівномірна. За абсолютними показни-

ками найбільші об'єми розвіданих експлуатаційних запасів підземних вод зосереджені в Київській, Луганській, Львівській, Донецькій, Харківській областях та АР Крим – від 1 млн 47 тис. 87 до 1 млн 894 тис. 74 м³/доба.

Кожен мешканець України в середньому забезпечений прогнозними ресурсами підземних вод в об'ємі 1,27 м³/доба, експлуатаційними запасами підземних вод – 0,33 м³/доба. Це один із найнижчих показників серед країн СНД, за ним Україні поступається лише Туркменія.

Загальний видобуток питних (і технічних) підземних вод із прогнозних ресурсів становить близько 8,9 % загальної їх кількості, з експлуатаційних запасів питних підземних вод – 14,4 % загальної кількості розвіданих їх запасів. Ці показники свідчать про значний резерв захищених водоносних горизонтів підземних вод на противагу уразливим і забрудненим поверхневим водам.

Прогнозні ресурси підземних вод, що є основою їх експлуатаційних запасів, оцінено у 1974–1980-ті роки за принципами і положеннями, що на сьогодні істотно змінились або втратили актуальність через неповне врахування (у зв'язку з недостатнім вивченням) джерел формування, експлуатаційних ресурсів підземних вод, різний рівень вірогідності показників гідрогеологічних параметрів, обґрунтування меж їх застосування, умовність прийнятих схем прогнозних водозаборів, недостатнє врахування екологічних питань, незадовільне вивчення якості підземних вод питного призначення та багато інших чинників. Тому питання переоцінювання прогнозних ресурсів підземних вод дуже гостре.

Головна складова охорони здоров'я людини, соціально-економічного розвитку та національної безпеки держави – водопостачання міст. Середня тривалість життя мешканців України значно менша ніж громадян розвинених держав, що тісно пов'язано з цим показником, у тому числі й із споживанням недоброякісної питної води.

Характер системи водопостачання, наявність у її складі тих чи інших споруд, а отже, вартість будівництва та величину експлуатаційних витрат значною мірою визначає вибір джерела водопостачання. Системи водопостачання окремих великих міст

України почали розвиватись на початку ХХ ст., максимальної активності цей процес набув у 1960–1970-ті роки. У той час при виборі основного джерела водопостачання перевагу віддавали поверхневим водам.

Головним джерелом водозабезпечення для 75 % мешканців України (близько 35 млн осіб) є р. Дніпро з численними притоками. Дніпровську воду використовують десятки промислових центрів, на річці споруджено каскад водосховищ (чим порушено екологічну рівновагу, докорінно змінено умови водообміну та взаємодії з підземною гідросферою), 6 гідроелектростанцій, 3 атомні електростанції. Через великий техногенний тиск на якісний стан річки та її басейну за рівнями хімічного й бактеріального забруднення поверхневі води характеризуються як забруднені й дуже забруднені. Поверхневі води, що знаходяться в умовах техногенного навантаження, стають непридатними для безпечного їх використання як джерела питного водопостачання.

Практично на всій території України у межах крупних міст ґрунтові води до глибини 15–20 м та приповерхневі водоносні горизонти до 100 м переважно надмірно забруднені і непридатні для питних цілей. Зафіксовано зміни макрокомпонентного складу і рівня мінералізації підземних вод. Альтернативою може бути водопостачання крупних міст підземними водами надійно захищених глибоких водоносних горизонтів у межах Дніпровсько-Донецького, Волино-Подільського, Причорноморського артезіанських басейнів.

Джерелом водопостачання значної частини середніх за розмірами та більшості малих міст переважно є підземні води.

У багатьох регіонах України не витримується нормативна якість питної води, оскільки відсутні сучасні технології водоочищення та водопідготовки. Незадовільний технічний стан водогінних і каналізаційних мереж призводить до вторинного забруднення очищеної питної води, її втрат, що досягають 50 %, підтоплення міських територій.

Для раціонального вирішення питань використання водних ресурсів для водопостачання міст і забезпечення потреб водоспоживачів їх потрібно розглядати як комплекс водогосподар-

ських проблем (екологічних, комунальних, енергетичних тощо). Основними з них є проблеми надмірного водоспоживання та значних втрат води у розподільних мережах, низької якості та ненадійного функціонування систем водопостачання й каналізації, незадовільні екологічні характеристики систем водозабезпечення і каналізації тощо.

Водопостачання сільських населених пунктів в Україні є одним з найгірших у Європі. Переважна більшість населення (74 %) для питних потреб використовує привізну воду й воду з місцевих джерел – шахтних і трубних колодязів, індивідуальних свердловин, саморобних каптажів, прируслових копанок. Експлуатація незахищених водоносних горизонтів та незадовільний технічний стан водозабірних і водогінних комунікацій створюють ризик для здоров'я населення. Серед проб питної води, відібраних із джерел нецентралізованого водопостачання в сільській місцевості, близько 30 % не відповідали нормативам за санітарно-хімічними показниками і 20 % – за мікробіологічними.

Ситуація з водопостачанням у сільській місцевості ускладнена наслідками Чорнобильської катастрофи. Санітарний та екологічний стан джерел водопостачання, особливо в промислово насичених районах і на територіях із розвиненим сільськогосподарським виробництвом, критичний або наближається до критичного. Сільські водопроводи не облаштовані очисними спорудами і знезаражувальними установками, не проводиться виробничий лабораторний контроль якості питної води через відсутність лабораторій.

Ситуація з водозабезпеченням напружена в АР Крим, Одеській, Миколаївській, Запорізькій, Херсонській, Луганській областях, Бахчисарайському та Судацькому районах.

Режим господарювання в зонах санітарної охорони джерел питного водопостачання сільських населених пунктів потребує посиленого контролю і поліпшення стану.

Список літератури до розділу 3

1. ДНВП «Геоінформ України». Стан підземних вод України. Щорічник. – К., 2010. – 118 с.
2. http://slk.kh.ua/view_post.php?id=6567
3. http://norvuz.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=327:2009-06-01-12-47-46&catid=57:2009-05-31-10-57-10&Itemid=106
4. <http://www.misto.vn.ua/ua/home/podii/2119>
5. <http://invivio.net/info/156730.htm>
6. http://www.gazeta.dp.ua/read/dneprvodokanal_sobiraetsya_obnovlyatsya_a_gde_brat_na_eto_de
7. http://ua.ukrvideo.com/ukraine/dnipropetrovtsi_skarzhatsya_na_nizku_yakist_pitnoyi_vodi/
8. «Про затвердження Програми реформування та розвитку водопровідно-каналізаційного господарства Донецької області на 2005–2009 роки і на період до 2015 року», *Постанова КМУ від 23.12.2004 №1731*
9. <http://www.zhitomir-region.gov.ua/index.php?mode=news&id=4468>
10. <http://www.vodokanal.zp.ua/vodosnabgenie>
11. <http://www.vodokanal.if.ua/index.html>
12. <http://vkg.kr.ua/index.php?p=history>
13. <http://vechirka.com.ua/index.php?id=2040>
14. <http://www.br.com.ua/referats/Chemistry/26210-3.html>
15. http://norvuz.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=327:2009-06-01-12-47-46&catid=57:2009-05-31-10-57-10&Itemid=106
16. <http://www.investigator.org.ua/ru/articles/show/257>
17. <http://www.city-adm.lviv.ua/adm/comunale-enterprise/lvivvodokanal/specifications>
18. *Ткачев А.А.* Водоснабжение и канализование // *Экология Николаева*. – 1997. – № 1. – С. 10–13.
19. *Лебідь С.Г., Голоднюк Н.А., Онищенко О.О.* Проблеми доочищення питної води міста Миколаєва // *Зб. наук. праць Ми-*

- колаїв. гуманітарн. ун-ту ім. Петра Могили. Сер. Екологія. – 2008. – Вип.74. – С. 89–96.
20. <http://berudom.com/1/sovremennoe-sostoyanie-podzemnyih-vod-verhne-sarmatskogo-vodonosnogo-gorizonta-i-perspektivy-i-spolzovaniya-dlya-detsentralizovannogo-vodosnabzheniya-godessyi.html>
21. *Гусєва К.Д.* Оцінка фізіологічної повноцінності мінерального складу питних вод Одеської промислово-міської агломерації / К.Д. Гусєва, А.І. Конькова, Т.А. Сафранов // Регіональні екологічні проблеми. Міжнар. наук. конф. студентів, магістрантів і аспірантів (5; 2012; Одеса). (21–23 березня 2012, Одеса); ред. Т.А. Сафранов; Одес. держ. екол. ун-т. – Одеса : ТЕС, 2012. – С. 83–85.
22. *Конькова А.І.* Проблема збалансованості мінерального складу питних вод Одеської агломерації / А.І. Конькова, К.Д. Гусєва, Т.А. Сафранов // Регіональні екологічні проблеми: науково-методичні і прикладні аспекти їх вирішення. VI Міжн. наук. конф. студентів, магістрантів і аспірантів (9–11 вересня 2013, Одеса); ред.: Т. А. Сафранов; Одес. держ. екол. ун-т. – Одеса: ТЕС, 2013. – С. 126–133.
23. *Сафранов Т.А.* Фізіологічна повноцінність мінерального складу підземних питних вод як чинник формування здоров'я населення (на прикладі Одеської агломерації) // Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування. Перший наук.-практ. семінар (10–14 листопада 2014, Трускавець); Державна комісія України по запасах корисних копалин (ДКЗ). – К.: ДКЗ, 2014. – С. 284–291.
24. <http://www.poltava.pl.ua/news/6711/>
25. <http://poltava.info/news/poltava/item/2010/12/13/08-43-08/Pitichi-ne-piti.htm>
26. http://vodarivne.com/tech_data/
27. <http://www.sesrivne.gov.ua/forum/viewtopic.php?t=34&f=10>
28. http://www.nature.org.ua/rovno/06_01.htm
29. <http://krymology.info>
30. *Гнаповський В.О.* Водозабезпечення міста Суми // Вода і водоочисні технології. – 2004. – № 2. – С. 32–44.

31. <http://vodokanal.te.ua/index.php?name=News&fle=article&sid=232>
32. [http://zz.te.ua/zhovta-voda-u-kranah-ternopolyan-vyklykala-zahvat-u-vodokanal/;](http://zz.te.ua/zhovta-voda-u-kranah-ternopolyan-vyklykala-zahvat-u-vodokanal/)
33. [http://lypa.com.ua/2013/04/06/u-ternopoli-pohirshytsya-yakistpytnoji-vody/;](http://lypa.com.ua/2013/04/06/u-ternopoli-pohirshytsya-yakistpytnoji-vody/)
34. http://ecocentr.edukit.te.ua/ekologichni_novini_m_ternopolya/pro_golovne/
35. <http://www.vodhosp.uzhgorod.ua/news.php?i=268>
36. <http://kpvoda.kharkov.ua/>
37. http://www.khmelnysky.com/index.php?option=com_content&view=article&id=3620%3A02-2007-2020-&catid=121%3A----26062007--&Itemid=251&limitstart=1
38. <http://www.ckrada.com/special/vodokanal/?page=tecnology>
39. <http://who-is-who.com.ua/bookmaket/vodogospkompl/2/30.html>
40. Закон України «Про Загальнодержавну програму «Питна вода України» на 2006–2020 роки».
41. *Концепція* Державної програми «Питна вода Криму на 2006–2020 роки». Схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 01.08.2005 № 297-р.
42. *Державна* програма соціально-економічного розвитку Автономної Республіки Крим на період до 2017 року. Затверджено Постановою Кабінету Міністрів України від 30.08.2007 № 1067.
43. http://moz.gov.ua/ua/portal/pre_20110602_5.html

РОЗДІЛ 4

ГІГІЄНІЧНА ОЦІНКА ВПЛИВУ МІНЕРАЛЬНОГО СКЛАДУ ПИТНИХ І МІНЕРАЛЬНИХ ВОД НА ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ

(А.В. Мокієнко, О.М. Нікіпелова, Л.Б. Солодова)

За даними ВООЗ, понад 2 млрд людей у світі мають хронічні захворювання, пов'язані зі споживанням води несприятливого сольового складу. Проблема питного водопостачання залишається актуальною і для України, яка є однією з найменш забезпечених водними ресурсами країн Європи [1]. Близько 814 тис. українських домогосподарств у 13 областях України та АР Крим досі не мають постійного доступу до якісної питної води і змушені споживати воду, потенційно небезпечну для здоров'я. Нині 28 міст і майже третина селищ міського типу не забезпечені централізованими системами водопостачання. У багатьох регіонах країни використовуються застарілі технологічні схеми водопідготовки, незадовільними є технічний стан водорозподільної мережі, що зумовлює вторинне забруднення питної води [2–4].

Забруднення водних об'єктів – джерел питного водопостачання через недостатню ефективність роботи водопровідних очисних споруд тягне за собою погіршення якості питної води, створює серйозну небезпеку для здоров'я населення в багатьох регіонах України. Відставання України від розвинених країн за середньою тривалістю життя й висока смертність певною мірою пов'язані зі споживанням недоброякісної питної води [1–4]. Втім досі недостатньо вивченими є закономірності впливу окремих компонентів сольового складу питних вод на стан здоров'я населення, у тому числі на фізичний розвиток дітей і підлітків, темпи біологічного старіння, стан адаптаційних резервів дорослого населення, захворюваність і смертність від найпоширеніших захворювань неінфекційного генезу тощо.

Однією з найактуальніших проблем у гігієні водопостачання є нагальна необхідність перегляду та вдосконалення нормативно-правових актів, державних санітарних норм і правил, стандартів та інших нормативних документів у сфері питного водопостачання, у тому числі розробка регіональних стандартів якості питної води [5, 6]. Державні санітарні правила і норми (ДСанПіН 2.2.4-171–10) передбачають контроль якості питної води, у тому числі її фізіологічної повноцінності, за 76 показниками, до яких належать загальна мінералізація, загальна твердість, загальна лужність, вміст йоду, калію, кальцію, магнію, натрію та фторидів [7].

Сьогодні в усьому світі зростає інтерес до проблем нормування мінерального складу питних вод і прогнозування їх впливу на здоров'я населення [8–12]. Фундаментальні праці українських (Р.Д. Габович, Є.Г. Гончарук, М.І. Омелянець) та російських (С.Н. Черкінський, Л.І. Ельпінер, І.С. Кандрор) учених заклали підвалини і створили передумови для широкого впровадження у практику методів профілактики захворювань, зумовлених несприятливим сольовим складом питних вод. Великий внесок у розвиток проблеми вивчення впливу сольового складу питних вод на здоров'я людини зробили Ю.А. Рахманін [13], F. Donato, S. Monarca, U. Gelatti [14], A. Kousa та співавт. [15], які узагальнили науковий досвід попередників і запропонували нові наукові й методологічні підходи до оцінювання ролі водного чинника у формуванні індивідуального та громадського здоров'я.

Виконання вимог чинного законодавства України та здобутки національної програми «Питна вода України» [16] передбачають подальший розвиток технологій водопідготовки для забезпечення населення питною водою оптимальної якості у належних обсягах. Перспективи інтеграції України у структури Європейського Союзу тісно пов'язані з уніфікацією системи гігієнічних та екологічних регламентів, втім водному чиннику, а саме особливостям впливу мінерального складу питних вод на здоров'я населення, досі приділялося недостатньо уваги.

Особливістю української національної системи санітарно-гігієнічного нормування якості питної води є виділення окремої

групи показників фізіологічної повноцінності питної води, що визначають адекватність її мінерального складу біологічним потребам організму. Вони ґрунтуються на доцільності для низки біогенних елементів обліку не тільки максимально допустимих, а й мінімально необхідних рівнів їх вмісту у воді. До показників фізіологічної адекватності, як уже зазначалось, віднесено загальну мінералізацію, загальну твердість, загальну лужність, вміст магнію, кальцію, калію, натрію, йоду та фтору [7].

Згідно з чинним нормативним документом [7] з урахуванням конкретної ситуації та досить різноманітного природного складу води в джерелах водопостачання різних регіонів України, допускаються зміни низки показників якості води (зокрема щодо загальної мінералізації, твердості, кольоровості, каламутності, вмісту сульфатів і хлоридів). Втім, незважаючи на доволі велику кількість даних на користь запровадження регіональних стандартів якості питної води, це питання досі залишається відкритим [17, 18]. Крім того, процедура встановлення прийнятних діапазонів вмісту в питній воді окремих сольових компонентів, для яких створюються подібні регіональні стандарти, не визначена.

Згідно з аналізом літературних даних, найбільша кількість публікацій за останні 10 років присвячена з'ясуванню ролі питних вод різної загальної мінералізації та твердості у розвитку патологій і значно менша – ролі окремих мікроелементів та їхніх сполук. Крім того, привертає увагу відносно мала загальна чисельність згаданих робіт, що не відповідає життєвій важливості такого чинника, як питна вода, та величезному різноманіттю її якісного складу [5, 6].

Очевидно, що гігієнічне й медико-біологічне дослідження питних і близьких до них за хімічним складом підземних мінеральних природних столових вод має вестися не узагальнено, а відповідно до конкретних регіонів з урахуванням їх природного формування та своєрідності мінеральних композицій. При цьому слід мати на увазі можливу залежність біологічних ефектів хімічних сполук від їх адитивного синергічного або антагоністичного впливу, що могло б допомогти пояснити суперечність результатів, отриманих різними дослідниками. Тому перспектив-

ним є науковий напрям, що ґрунтується на врахуванні балансу мінеральних компонентів питних вод та їх кількісного співвідношення [19–21].

На думку автора праць [5, 6], дослідження регіональних особливостей питного водопостачання та з'ясування ролі водного чинника у формуванні неінфекційної захворюваності є досить актуальними. Зокрема, необхідно встановити вплив різних комбінацій компонентів сольового складу питної води на здоров'я споживачів різних вікових груп. Потребує подальшої конкретизації роль водного чинника у постачанні в організм есенційних мінеральних речовин. Нарешті, доцільно визначити ступінь адаптації населення до різних концентрацій у питній воді мінеральних сполук, які нормуються за макрокомпонентним складом, установити прийнятні діапазони для створення регіональних стандартів якості питної води.

Існують різні погляди щодо впливу мінералізації води на здоров'я людини. Так, згідно з даними праці [21], знесолена (наприклад, дистильована) вода негативно впливає на життєдіяльність організмів різних трофічних рівнів (рослини, безхребетні і хребетні тварини), а також функціонування їхніх клітин. Водночас, не можна не враховувати той факт, що сьогодні населення багатьох великих міст, зокрема Санкт-Петербурга, Нью-Йорка, Сієтла, Бостона, Балтімора, Денвера, Сан-Франциско, більшості міст Сибіру, споживає воду з низьким або дуже низьким солевмістом (30–90 мг/дм³). Це підтверджено тим, що за найретельнішого медичного контролю не виявлено жодного несприятливого впливу на організм людини води навіть із дуже низьким солевмістом.

Результати експериментальних досліджень із нормування сольового складу питних вод показали, що оптимальним варіантом можна вважати води з мінералізацією 100 мг/дм³ [22].

Слід зазначити, що думки вчених стосовно мінімального рівня мінералізації питної води досить суперечливі. Наприклад, згідно з даними праці [23], тривале споживання розбавленої морської води із солевмістом 105 мг/дм³ і додатковим насиченням гідрокарбонатами кальцію, а також фторуванням не викликало помітних змін у стані фосфоліпідного обміну в організмі кроли-

ків, тоді як відомо, що вода з низькою концентрацією іонів кальцію (близько 40 мг/дм³) чинить більший несприятливий вплив, ніж дистильована [24].

Згідно з літературними даними, макроелементи питної води за тривалого її вживання впливають на здоров'я населення. Так, за незначної твердості (0,8–2,0 ммоль/дм³), малого вмісту кальцію (2–15 мг/дм³), магнію (2–10 мг/дм³), дефіциту фтору (0,2–0,3 мг/дм³) найбільш поширені сечокам'яна хвороба, хронічні пієлонефрит, холецистит, гастрит, коліт, ішемічна хвороба серця, гіпертонічна хвороба [25].

Найбільш залежними від гідрохімічного складу питної води є ендемічні хвороби, патологія серцево-судинної системи та шлунково-кишкового тракту. На думку автора праці [26], для вод гідрокарбонатного класу оптимальною слід вважати мінералізацію 400 мг/дм³, концентрацію кальцію – 60, магнію – 26 мг/дм³.

Загальна твердість питної води за вмісту кальцію 46,3–144,4 і магнію 43,1–131,1 мг/дм³ впливає на поширення злоякісних новоутворень: встановлено зворотну кореляційну залежність між частотою виникнення злоякісних новоутворень і вживанням питної води певної твердості з вірогідністю 99 % ($p < 0,01$) [27]. Подібні дані отримано в результаті проведення досліджень якості води джерел господарсько-побутового водопостачання Одеської області та її ролі у формуванні онкозахворюваності населення [28]. Зокрема встановлено залежність динаміки онкозахворюваності від річної забезпеченості вологою: у роки з підвищеними (порівняно з нормою) сумами атмосферних опадів захворюваність вища, ніж у посушливі роки.

Разом з тим, унаслідок аналізу гідрохімічних детермінант цереброваскулярної патології в Донецькій області за даними досліджень, виконаних у 1980–2000 рр. [29], визначено підвищені концентрації важких металів, високі рівні мінералізації та загальної твердості питної води щодо гігієнічних нормативів.

Слід зазначити, що при оцінюванні впливу мінерального складу питних вод на стан здоров'я населення необхідно пам'ятати, що цей вплив є чинником малої інтенсивності, який реалізується тільки за умови тривалості і ніколи не буває ізольова-

ним. Тому потрібно виключати вплив забруднень атмосферного повітря, кліматогеографічних, професійних та інших чинників. При цьому дослідження мають бути комплексними й поетапними [30].

У працях [5, 6] досліджено вплив сольового складу питних вод на здоров'я дорослого та дитячого населення. За допомогою сучасних методів аналізу і вивчення об'єктивного стану здоров'я осіб, які тривалий час споживали питну воду певного сольового складу, встановлено закономірності впливу сольових компонент на стан функціональних резервів організму дорослих, динаміку фізичного розвитку дітей та діапазони адаптації до мінеральних вод певного сольового складу. За отриманими результатами зроблено наведені нижче висновки.

1. Регіональними особливостями сольового складу питних вод Одеської області є високе різноманіття комбінацій мінеральних компонентів і часте перевищення нормативного вмісту компонентів сухого залишку, в тому числі катіонів натрію у 1,4–2,2 раза, фтору – у 1,8–2,1, загальної твердості – у 1,3–2,0, загальної мінералізації – у 1,1–1,6 раза за низького вмісту мікроелементів (хрому, нікелю, кобальту, міді, цинку, свинцю). До зони ризику за сольовим складом питних вод віднесено Болградський, Арцизький, Татарбунарський, Тарутинський, Саратський, Білгород-Дністровський, Ренійський, Ізмаїльський, Кілійський, Любашівський, Миколаївський, Комінтернівський, Красноокнянський і Савранський райони.

2. Квоти водного чинника у постачанні організму життєво важливими макро- і мікроелементами для населення Одеської області становлять відповідно: магнію – 3,7–26 %, кальцію – 1,1–21, натрію – 0,04–10,0, калію – 0,18–0,56, фтору – 92,7–99,9 %.

3. Роль впливу окремих компонентів сольового складу питних вод на здоров'я дитячого й дорослого населення різна, зокрема на здоров'я дітей більшою мірою впливають вміст катіонів кальцію та магнію (сила чинника відповідно +0,70 і –0,82), а також вміст нітратів (+0,73) і фтору (–0,71), тоді як для дорослих важливішим є вміст натрію (+0,69), твердість (–0,69) та вміст

стронцію (+0,70), які збільшують ризик виникнення кардіоваскулярної патології вдвічі.

4. Споживання питної води фізіологічно неадекватного сольового складу негативно позначається на здоров'ї дитячого населення. Виявлено вірогідний негативний кореляційний зв'язок середньої сили ($R = -0,35; -0,44, p < 0,05$) між окремими показниками якості питної води (загальна твердість, вміст фторидів, нітратів) та динамікою антропометричних показників.

5. Доросле населення, яке споживає питну воду з високим вмістом окремих нетоксичних мінеральних сполук, добре адаптується до її сольового складу із загальною мінералізацією до 1500 мг/дм^3 , загальною твердістю – до 12 мг-екв/дм^3 , вмістом натрію – 250 мг/дм^3 , кальцій-магнієвим співвідношенням – до 1,0, стронцій-кальцієвим співвідношенням – до 0,01. Для районів із несприятливими за сольовим складом питними водами доцільно розробити регіональні стандарти якості питної води, які мають відповідати цим діапазнам адаптації.

Автори літературного огляду [31] щодо впливу мінерального складу питної води на стан здоров'я населення дійшли наведених нижче висновків.

1. Аналіз даних наукової літератури свідчить, що питна вода в разі невідповідності показників її мінерального складу гігієнічним нормативам за довготривалого споживання може призводити до порушень функціонального стану організму та виникнення неінфекційних захворювань населення. Експериментальними дослідженнями на тваринах та епідеміологічними спостереженнями за людьми встановлено, що ефект дії сольового складу питної води на організм залежить від ступеня її мінералізації, поєднання солей, тривалості споживання, а також від стану організму в цілому.

2. Найбільшу кількість публікацій присвячено з'ясуванню ролі питних вод різної загальної мінералізації й твердості у розвитку патології та значно меншу – дії комбінацій макро- та мікроелементів на організм. Чисельність останніх праць не відповідає величезному різноманіттю варіантів мінерального складу питних

вод, що трапляються в природних умовах і впливають на стан здоров'я населення.

3. В Україні вплив некондиційних за мінеральним складом питних вод на стан здоров'я населення різних вікових груп практично не досліджувався, незважаючи на актуальність цього питання, що пов'язано з використанням населенням у багатьох регіонах країни питної води з відхиленнями за окремими показниками від гігієнічних нормативів. Гігієнічні й медико-біологічні дослідження впливу мінерального складу питних вод, що формуються в конкретних регіонах і містять притаманні їм комбінації мінеральних речовин, дадуть змогу обґрунтувати прогноз реальних наслідків впливу некондиційної питної води на стан здоров'я населення.

У результаті проведених еколого-гігієнічних, медико-біологічних та медико-соціальних досліджень отримано нові наукові дані щодо впливу постійного споживання мінеральних вод (МВ) різних типів як питної води на стан здоров'я населення Закарпаття в ареалах найбільшого зосередження однотипних МВ – кремнієвих слабомінералізованих (Ужгородський район), вуглекислих борних середньомінералізованих (Свалявський район), вуглекислих залізистих мало- та середньомінералізованих (Міжгірський район), вуглекислих маломінералізованих залізисто-арсенистих (Рахівський район), що дало змогу визначити можливі ризики від такого водопостачання для здоров'я населення та запропонувати заходи профілактики [32]. Отримані результати наведені нижче.

1. МВ у геохімічних провінціях (ГХП), в яких проводили спостереження, мають загальну мінералізацію від 1,5 до 5,0 мг/дм³ і вище (відповідно слабо-, мало- та середньомінералізовані води) характеризуються надмірною кількістю ключових елементів – кремнію (до $125,0 \pm 13,5$ мг/дм³), бору (до $212,8 \pm 25,5$), заліза (до $32,8 \pm 3,93$), арсену ($0,05 \pm 0,005$ мг/дм³) в окремих джерелах, що зумовлюють тип МВ, а також інших мікроелементів у біологічно активних концентраціях, зокрема заліза ($6,5 \pm 0,78$ мг/дм³) та інших в Ужгородському районі, літію ($12,0 \pm 1,56$), фтору ($3,2 \pm 0,32$) у Свалявському, літію ($11,85 \pm 1,4$), стронцію ($12,94 \pm 1,42$), манга-

ну ($2,05 \pm 0,22$) у Міжгірському, мангану ($1,65 \pm 0,18$ мг/дм³) та інших у Рахівському районі.

Стосовно чинного стандарту на питну воду, рівні окремих елементів МВ у кілька разів перевищують гігієнічні нормативи. За таких умов існує вірогідність до накопичення елементів в організмі з ризиком для здоров'я людей у результаті тривалого споживання МВ як питної.

2. Дослідженнями з використанням сучасних високочутливих мас-спектрометричних методів визначено вміст мікроелементів у волоссі місцевих жителів, що певною мірою віддзеркалює їх надходження та накопичення в організмі. Порівняно з контрольним районом, де відсутні водопрояви питних МВ, у дослідних районах у волоссі людей виявлено зміни вмісту 5 біомакроелементів та 10 біомікроелементів як у бік надлишку (кальцій, натрій, калій, манган, залізо, стронцій, сірка), так і нестачі (йод, мідь, цинк, нікель, селен, кремній, бор, магній) з тим чи іншим ступенем цих змін.

3. Встановлено, що зміни вмісту мікроелементів у волоссі місцевих жителів віддзеркалюють особливості елементного складу МВ у кожній ГХП: в Ужгородському районі – найбільший надлишок кальцію (+243 %), найбільша нестача цинку (-73 %), бору (-62 %), нікелю (-24 %), найменша нестача йоду (-38 %), кремнію (-53 %), міді (-5,4 %); у Свалявському районі – найбільший надлишок натрію (+107 %), найбільша нестача йоду (-59 %), кремнію (-71 %), магнію (-12,5 %), найменша нестача бору (-14 %), наявна тенденція до його накопичення з віком; у Міжгірському районі – найбільший надлишок кальцію (+210 %), стронцію (+102 %), мангану (+101 %), сірки (+81 %), заліза (+18 %), селену (+10 %), найбільша нестача йоду (-45 %), міді (-32 %), цинку (-23 %), найменша нестача нікелю (-12 %); у Рахівському районі – найбільший надлишок калію (+275 %), мангану (+122 %), сірки (+133 %), заліза (+22 %), селену (+15 %), арсену (+12 %), наявна тенденція до його накопичення з віком, найменша нестача нікелю (-7 %), цинку (-10 %).

4. За даними кореляційного аналізу в межах статистичної вірогідності ($p < 0,10 \dots 0,05$) виявлено високий ступінь тісноти зв'яз-

ку ($r = 0,72 \dots 0,60$) між вмістом кальцію, мангану, заліза, натрію у МВ та їх вмістом у волоссі людей, середній ($r = 0,51 \dots 0,30$) – між концентрацією йоду, кремнію, бору, арсену у воді та їх вмістом у досліджуваному біосубстраті. Отже, кальцій, манган, залізо та натрій можна вважати пріоритетними елементами, підвищений вміст яких у МВ призводить до найбільшого надходження й накопичення їх у волоссі людини, що створює передумови для їх можливого впливу на стан здоров'я населення.

5. Встановлено статистично вірогідні ($p < 0,05$) кореляційні зв'язки між вмістом макро- та мікроелементів у МВ та захворюваністю дорослого населення за окремими класами: хворобами органів травлення, ендокринної системи (ендемичний зоб), ротової порожнини (карієс) і вмістом у воді бору (відповідно $r = -0,80; 0,71; 0,64$); хворобами ендокринної системи, ротової порожнини та вмістом у воді фтору (відповідно $r = 0,72; 0,69$); хворобами органів травлення, системи кровообігу та вмістом у воді кальцію (відповідно $r = 0,85; 0,74$); хворобами кровообігу та вмістом у воді заліза й мангану (відповідно $r = 0,69; r = 0,69$); хворобами органів сечовиділення та вмістом у воді арсену ($r = 0,78$), мангану ($r = 0,65$), калію ($r = 0,63$); хворобами ендокринної системи і вмістом у воді натрію ($r = 0,65$); хворобами ротової порожнини і вмістом у воді йоду та стронцію (відповідно $r = 0,73; 0,66$). Отримані дані підтверджують, що за постійного вживання МВ з підвищеним вмістом макро- та мікроелементів вони можуть не тільки накопичуватися в біосубстраті (волоссі) місцевих жителів, а й впливати на захворюваність населення за окремими класами хвороб в такому порядку за частотою: хвороби органів сечовиділення (Mn, K, As), ротової порожнини (F, I, B, Sr), ендокринної системи (F, Na, B), органів травлення (B, Ca), системи кровообігу (Ca, Fe, Mn).

6. На основі епідеміологічних спостережень в ареалах найбільшого зосередження однотипних питних МВ (дослідні райони) порівняно з контрольним районом встановлено особливості захворюваності дорослого населення за класами хвороб. Виявлено вищі рівні захворюваності в усіх дослідних районах на хвороби ендокринної системи (зростання в 1,2–1,5 раза) на від-

міну від інших класів хвороб, рівні яких були переважно нижчими: хвороби органів травлення – в 1,2–2,1 раза; хвороби органів сечовиділення – в 1,1–1,8 раза (за винятком Рахівського району – збільшення в 1,3 раза), у тому числі сечокам'яна хвороба – в 1,4–2,6 раза; хвороби системи кровообігу – в 1,1–1,3 раза (за винятком Міжгірського району – збільшення в 1,5 раза); хвороби органів кровотворення – в 1,1–1,9 раза (за винятком Рахівського району – збільшення в 1,2 раза).

Така неоднозначна картина щодо показників захворюваності може свідчити, з одного боку, про адаптацію та пристосування місцевого населення до споживання МВ, що виключає або зменшує їх вплив на організм, а з іншого – має стати науковою основою для впровадження постійної системи регіонального соціально-гігієнічного моніторингу для об'єктивного оцінювання впливу МВ різних типів на показники здоров'я популяції.

7. Найчисленнішою групою щорічно реєстрованих у Закарпатті хвороб є хвороби ендокринної системи, зокрема різні форми зобу. Хоча у дослідних районах захворюваність на зоб була вищою в 1,2–1,5 раза порівняно з контрольним районом, в усіх районах спостереження вона щорічно зростала і знаходилась у межах середніх показників по області, які є вищими, ніж в Україні загалом. Згідно з отриманими результатами, нестача у питній воді окремих мікроелементів, зокрема йоду, більше позначається на стані здоров'я населення, ніж їх надлишок.

Така картина захворюваності на зоб є наслідком загального дефіциту йоду в ґрунті, воді, харчових продуктах Закарпаття, що потребує інтенсифікації життя в регіоні йодозабезпечувальних заходів, зокрема впровадження йодування продуктів харчування, води тощо.

8. Обґрунтовано доцільність виділення кремнієвого, борного та інших біогеохімічних субрегіонів у регіональній біогеохімічній провінції (БГП) з нестачею йоду та фтору, а також проведення комплексного еколого-біогеохімічного районування, що дасть змогу окреслити зону еколого-біогеохімічного оптимуму для кожного району як із правильним співвідношенням мікроелементів у добових водно-харчових раціонах, так і оптимальним

їх співвідношенням у біологічних середовищах організму людини, доцільність розробки диференційованих підходів до профілактичних заходів на рівні кожного району і навіть окремого населеного пункту Закарпаття.

Упродовж 2004–2014 рр. в Українському державному центрі стандартизації і контролю якості природних і преформованих засобів ДУ «Український НДІ медичної реабілітації та курортології МОЗ України» проведено гігієнічне оцінювання мінеральних природних столових вод різних регіонів України [33–40]. Це «Абсолют», «Регіна», «Барчанка» (Вінницька обл.); «Христинівська», «Тальнівська», «Гуляй поле», «Рейкарц» (Черкаська обл.); «Софія Київська», «Березанська», «Оболонська», «Біола» (Київська обл.); «Роксолана» (Івано-Франківська обл.); «Бакси» (АР Крим); «Романівська» (Донецька обл.); «Іволжанська» (Сумська обл.), «Трускавецька», «Підкамінська» (Львівська обл.), «Едель» (Закарпатська обл.), «Кривоозерська» (Миколаївська обл.), «Молочанська» (Запорізька обл.), «Іверська монастирська», «Балайчук», «Кардамичівська», «Іванівська джерельна», «Болеро» (Одеська обл.).

За результатами 5-річного (2000–2004) моніторингу відповідності фізико-хімічних показників якості 11 мінеральних природних столових вод нормативним вимогам [41–43] (табл. 4.1) зроблено висновок, що вивчені мінеральні природні столові води є доволі стабільними за хімічним складом: як мінералізація, так і основні показники макроскладу коливалися в межах, регламентованих ДСТУ 878–93 [43].

З погляду гігієни слід зазначити, що ці мінеральні природні столові води загалом відповідали чинному тоді нормативу [42] за основними показниками: мінералізацією (до $1,0 \text{ мг/дм}^3$), загальною твердістю (до $7,0 \text{ мг-екв/дм}^3$) (за винятком вод «Абсолют» і «Бакси», де цей усереднений показник становив відповідно $10,03$ і $8,52 \text{ мг-екв/дм}^3$), концентраціями хлоридів і сульфатів.

Що стосується кремнію, то тільки в одній із вивчених вод («Софія Київська») вміст цього елемента відповідав нормативним вимогам для питних вод (коливання в межах $6,95$ – $9,75 \text{ мг/дм}^3$). У воді «Березанська» констатовано вміст кремнію в діапа-

зоні 24,37–30,65 мг/дм³. Оскільки ця вода низької твердості (1,45 мг-екв/дм³) й відповідно містить малі концентрації кальцію (0,95 мг-екв/дм³), слід урахувати [44], що мінімальний рівень кальцію (2,5 мг-екв/дм³) гальмує дію кремнію. Деякою мірою це стосується й води «Романівська», вміст кремнію в якій перевищує гігієнічний норматив (11,49–16,72 мг/дм³) за мінімальної концентрації кальцію (0,4 мг-екв/дм³).

Слід також зазначити, що коливання концентрації фтору (1,03–2,30 мг/дм³) у воді «Березанська» ми розглядали як критичні щодо відповідності вмісту цього елемента гігієнічним нормативам. На той час на підприємстві використовувалось устаткування з вилучення фтору із води, режим експлуатації якого не змінював основного хімічного складу.

Вміст фтору в переважній більшості вивчених вод був нижчим за нормативний для нижньої межі фізіологічної норми (0,7 мг/дм³) за винятком води «Христинівська», де концентрація цього елемента коливалася на нижній межі (0,62–0,73 мг/дм³), вод «Роксолана» (усереднений показник 0,63 мг/дм³) і «Бакси» (0,64–1,36 мг/дм³).

Протягом 2 років (2004–2005) проведено моніторинг відповідності фізико-хімічних показників якості 5 мінеральних природних столових вод Одеської області вимогам ДСТУ 878–93 [43]. Це «Іверська монастирська», «Балайчук», «Кардамичівська», «Іванівська джерельна», «Болеро». Визначали рН, макросклад ($\text{Na}^+\text{+K}^+$, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} HCO_3^-), загальну мінералізацію, вміст F і Si. Встановлено, що за цей період часу основні показники вивчених вод коливались у межах, регламентованих ДСТУ 878–93 [34–36].

Вивчені води в цілому відповідали нормативним вимогам до питної води за макроелементним складом. Разом з тим, з урахуванням перевищення вмісту кремнію (11,14–28,56 мг/дм³), тобто > 10 мг/дм³, і низького вмісту фтору (< 0,7 мг/дм³) питний режим цих вод може бути необмеженим тільки в тих ситуаціях, коли питна водопровідна вода не відповідає нормативним вимогам за критеріями епідеміологічної безпеки та (або) хімічної нешкідливості.

Фізико-хімічні характеристики якості деяких мінеральних

Найменування води, адміністративна область	Мінералізація, г/дм ³	рН		
			Na ⁺ +K ⁺	Ca ²⁺
«Абсолют», Вінницька	0,79–0,84	5,30–5,45	4,6–27,6	152,0–166,0
ДСТУ 878–93	0,5–1,0	–	< 50	100–200
«Регіна», Вінницька	0,49–0,54	5,15–5,25	2,3–19,8	72,0–86,0
ДСТУ 878–93	0,4–1,0	–	< 100	< 150
«Трускавецька», Львівська	0,39–0,42	4,95–5,00	12,4–28,3	62,0–64,0
ДСТУ 878–93	0,3–0,6	–	< 50	< 100
«Христинівська», Черкаська	0,60–0,63	5,25–5,35	29,9–38,6	86,0
ДСТУ 878–93	0,4–0,9	–	< 100	50–120
«Тальнівська», Черкаська	0,60–0,63	5,10–5,15	38,6–54,5	64,0–70,0
ДСТУ 878–93	0,4–1,0	–	< 100	< 150
«Софія Київська», Київська	0,49–0,53	5,05–5,15	49,0–63,7	48,0–54,0
ДСТУ 878–93	0,4–0,7	–	40–80	40–80
«Березанська», Київська	0,74–0,79	5,3–5,4	197,7–211,7	16,0–22,0
ДСТУ 878–93	0,5–1,0	–	150–350	< 50
«Роксолана», Івано-Франківська	0,84–0,90	5,10–5,25	102,5–128,7	92,0–98,0
ДСТУ 878–93	0,7–1,2	–	50–250	< 150
«Бакси», АР Крим	0,97–0,99	5,20–5,25	121,8–148,3	42,0–94,0
ДСТУ 878–93	0,8–1,2	–	100–200	< 80
«Романівська», Донецька	0,29–0,34	4,8–4,9	69,0–86,5	7,0–9,0
ДСТУ 878–93	0,2–0,5	–	50–150	< 25
«Іволжанська», Сумська	0,56–0,58	5,1–5,3	5,1–12,0	102,0–112,0
ДСТУ 878–93	0,2–0,9	–	< 20	35–120

Таблиця 4.1

Мінеральних столових вод України за період 2000–2004 рр.

Макросклад, мг/дм ³				Елементи, що нормуються, мг/дм ³	
Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	F	Si
17,0–34,0	24,8–28,4	49,0–76,5	512,5–561,2	0,21–0,27	35,52–43,17
< 50	< 50	< 100	400–600	< 1,5	< 50,0
21,9–30,4	7,1–10,6	11,7–24,1	347,7–394,6	0,38–0,58	29,25–37,61
< 50	≤ 50	≤ 50	200–600	< 1,5	< 50,0
15,8–18,8	10,6–24,8	53,1–78,8	207,4–231,8	0,16–0,20	14,63–19,70
< 50	< 50	< 100	150–300	< 1,5	< 50,0
25,5	7,1–10,6	8,2–17,7	445,3–463,6	0,62–0,73	31,40–35,17
< 50	< 50	< 50	300–600	< 1,5	< 50,0
30,4–34,6	17,7–23,8	25,5–47,7	402,6–414,8	0,28–0,56	34,27–36,91
< 100	≤ 100	≤ 150	250–560	< 1,5	< 50,0
21,9–24,3	17,8–23,0	15,2–27,6	341,6–372,1	0,18–0,67	6,95–9,75
20–40	≤ 25	10–80	300–400	< 1,5	< 50,0
4,9–7,3	104,6–124,1	6,6–19,3	396,5–433,1	1,03–2,30	24,37–30,65
≤ 50	50–250	< 50	250–550	< 1,5	< 50,0
17,0–20,7	12,4–17,7	159,0–187,4	445,3–463,6	0,30–0,94	25,07–34,48
< 50	< 50	100–300	300–600	< 1,5	< 50,0
52,3–70,5	150,7–168,4	136,9–158,6	396,5–427,0	0,64–1,36	23,68–33,43
50–100	100–200	100–200	400–500	< 1,5	< 50,0
3,6–5,5	21,3–30,1	26,7–60,0	152,5–158,6	0,30–0,39	11,49–16,72
< 25	< 50	20–100	100–200	< 1,5	< 50,0
18,2–27,4	17,8–39,0	25,9–34,1	366,0–384,3	0,38–0,44	22,98–25,07
< 50	≤ 50	< 50	150–500	< 1,5	< 50,0

Слід зазначити, що якість мінеральної води, відповідність мікробіологічних показників та умов її зберігання нормативним вимогам і здоров'я споживачів тісно взаємопов'язані з проведенням ретельного стандартизованого контролю виробництва як гарантії якості готової продукції. В основу покладено систему НАССР (Hazard Analysis and Critical Control Point – аналіз ризиків і критичних контрольних точок), яка передбачає постійний контроль процесу виробництва, тобто забезпечується профілактичний підхід до безпеки води для споживача.

Узагальнені результати досліджень фізико-хімічних показників якості мінеральних вод Полтавської обл. наведено в табл. 4.2 [37–39]. Перш за все слід зазначити, що переважна більшість цих мінеральних вод є лікувально-столовими, склад яких відповідає ДСТУ 878–93 [43], медико-біологічне оцінювання їх якості та цінності здійснюють за певним порядком [45], а обробка, розлив та фасування чітко регламентовані відповідними документами [46, 47].

Як відомо, такі води застосовують як лікувальні за призначенням лікаря і як столові напої в разі несистематичного вживання впродовж не більш як 30 днів з інтервалом 3–6 міс, що зазначено у зміні № 29 до вказаного вище документа [43]. Це передбачає регламентацію етикетування з обов'язковим визначенням вживання та відповідних показань (протипоказань).

Винятком є такі мінеральні природні столові води:

- 1) води водоносного горизонту харківської світи (св. № 604/1; 604/2);
- 2) води Власівського родовища (св. № 1004-г);
- 3) води Гетьманівського родовища (св. № 1088-г).

Їх певною мірою можна розглядати як питні, тим більше що води 1) використовуються як джерело господарсько-питного водопостачання м. Миргород, води 2) – слугують джерелом водопостачання санаторію «Сосновий бір». Крім того, води 1) фасують у вигляді мінеральної природної столової води «Миргородська лагідна».

Складність гігієнічного оцінювання мінеральних природних столових вод полягає в істотних відмінностях національних методологічних підходів до нормування мінерального складу таких

вод порівняно з питними. Щодо останніх теж є певні розбіжності між трактуванням нормування в національних і міжнародних документах. За визначенням експертів ВООЗ [48], «Безопасная питьевая вода ... не представляет никакого значительного риска для здоровья в результате ее потребления в течение всей жизни, включая различную уязвимость, которая может возникать на разных этапах жизни».

За Директивою Євросоюзу 98/83/ЕС [49] «Вода, предназначенная для потребления человеком, означает: вода, природная или после обработки, предназначенная для питья, приготовления пищи или других домашних целей, независимо от ее происхождения и от того, поступает ли она из распределительной сети, цистерны, бутылок или контейнеров». Згідно з цим документом, макроелементний склад нормується тільки за вмістом натрію (200 мг/дм^3) і сульфатів (250 мг/дм^3).

У нормативно-методичному документі Державні санітарні норми і правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» [7] наведено таке визначення: «Вода питна, призначена для споживання людиною (питна вода) – вода, склад якої за органолептичними, фізико-хімічними, мікробіологічними, паразитологічними та радіаційними показниками відповідає вимогам санітарного законодавства (з водопроводу – водопровідна, фасована, з бюветів, пунктів розливу, шахтних колодязів та каптажів джерел) і призначена для забезпечення фізіологічних, санітарно-гігієнічних, побутових та господарських потреб населення, а також для виробництва продукції, що потребує використання питної води». При цьому чітко диференціюються вимоги до води: а) водопровідної; б) з колодязів та каптажів джерел; в) фасованої, з пунктів розливу та бюветів. Слід зазначити, для останньої ці вимоги дещо, а іноді й значно, жорсткіші порівняно з пунктами а) і б). Згідно з цим документом макроелементний склад питної води за пунктом в) нормується за сухим залишком ($\leq 1000 \text{ мг/дм}^3$); загальною твердістю ($\leq 7 \text{ ммоль/дм}^3$); загальною лужністю ($\leq 6,5 \text{ ммоль/дм}^3$); вмістом кальцію ($\leq 130 \text{ мг/дм}^3$), магнію ($\leq 80 \text{ мг/дм}^3$), натрію ($\leq 200 \text{ мг/дм}^3$), хлоридів ($\leq 250 \text{ мг/дм}^3$), сульфатів ($\leq 250 \text{ мг/дм}^3$).

Фізико-хімічні характеристики яко

Назва родовища, номер свердловини, місце її знаходження	Мінералізація, г/дм ³	рН		
			Na ⁺ +K ⁺	Ca ²⁺
1	2	3	4	5
Великобагачанське, 2е, санаторій «Псел» «Великобагачанська»	2,5–3,8	7,6–8,8	900–1200	< 7
Миргородське Водоносний горизонт харківської світи «Миргородська лагідна»	0,57	6,8–7,25	64,3	66,
604/1	0,59	6,7–7,35	69,4	64,
604/2	0,55	6,9–7,25	43,0	81,
Водоносний горизонт бучацької світи м. Миргород «Миргородська»	1,715	7,8	0,556	0,01
3578/2-Д	1,53	7,9	504,9	11,
3578/3	1,51	7,85	498,0	11,
3510, 3510Д, 3511	2,5–3,5	7,1–7,7	600–1200	30–2
3512	2,9–3,3	7,65	1047,4	40,
«Миргородська-2» 287-В	3,0–5,0	7,8–7,9	1100–2000	< 50
Санаторій ім. Гоголя				
1р	2,5–3,45	7,3–8,0	857,5	15,0
2р	3,2–3,95	7,3–7,7	1103,1	38,0
Курорт «Миргород»				
1	2,3–3,9	7,8	900–1250	< 60
9	3,72	7,65	1314,6	40
10	3,22	7,7	1123,5	44,0
16	3,08	7,7	1070,2	40,0
Санаторій «Слава»				
350-В	2,97	7,75	1028,8	30,0
МЦ ВВ МВС України *Новосанжарське-2 «Новосанжарська джерельна»	0,8–1,20	7,6–7,8	220–400	< 25

Таблиця 4.2

Мінеральних вод Полтавської області

Макросклад, мг/дм ³					Вміст специфічних компонентів, мг/дм ³	
Mg ²⁺	ЗТ	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	F	H ₂ SiO ₃ (Si)
6	7	8	9	10	11	12
< 25	5,58	800–2100	50–150	300–400	–	–
					–	–
17,0	4,72	31,9	19,4	378,2	0,64	46,20 (16,56)
17,0	4,62	21,3	30,0	390,4	0,84	40,04 (14,35)
12,2	5,05	7,1	15,6	390,4	0,62	37,54 (13,46)
0,010	1,58	0,531	0,100	0,477		
5,5	1,01	479,3	94,2	420,9	4,39	37,64 (13,49)
5,5	1,01	470,4	96,7	414,8	4,32	37,64 (13,49)
< 50	5,7–14,2	1000–2500	50–250	150–450	0,99	17,54 (6,29)
10,9	2,9	1349,0	185,5	402,6	0,99	17,54 (6,29)
< 50	5,0	1400–2200	200–300	300–450	1,05	16,55 (5,93)
11,5	1,71	1011,7	177,7	378,2	5,99	21,63 (7,75)
17,6	3,37	1366,7	292,2	387,4	1,20	18,14 (6,50)
< 20	4,67	1000–1700	150–350	300–450	–	–
7,3	2,61	1704,0	220,1	439,2	0,79	19,63 (7,04)
3,6	3,0	1420,0	219,7	414,8	0,80	17,73 (6,35)
7,3	2,61	1349,0	218,4	402,6	0,78	18,40 (6,59)
13,4	2,62	1304,6	201,6	390,4	1,19	17,04 (6,11)
< 15	2,5	150–320	50–110	250–400	1,77	24,60 (8,82)

1	2	3	4	5
Майбородівське 1164г «Ізумрудна»	2,5–4,0	7,2–7,9	800–1600	< 100
Кременчуцьке 1093г «Лайф»	1,0–2,0	7,15	200–450	< 100
1094г «Мінерал»	2,0–3,0	7,1	500–1000	50– 150
Шишацьке 1 «Гоголівська»	1,0–1,7	8,0	350–500	< 25
Власівське Санаторій «Сосновий бір» 1004г	0,98	8,7–9,0	306,7	6,0
«Ташань»	2,5–5,0	8,85	900–1800	< 100
Хорольське-III ВАТ «Хорольська мехпекарня» 191г	2,0–3,0	7,9	750–950	< 50
Гетьманівське				
1088г	0,96	7,05	111,3	135,0
1087г	2,97	7,3–7,4	968,8	80,0

Примітка. ЗТ – загальна твердість.

* $C_{\text{орг}} = 4,7...11,4 \text{ мг/дм}^3$

Нарешті, природна мінеральна вода, у тому числі мінеральна природна столова, за міжнародним документом [50] «безумовно відрізняється від звичайної питтєвої води, оскільки вона характеризується вмістом певних мінеральних солей в певних відносних пропорціях і наявністю слідових елементів або інших складових», «вона не підлягає жодній додатковій обробці, крім передбаченої даним стандартом». Тут регламентуються тільки хімічні та мікробіологічні параметри безпеки без певних вимог до макрокомпонентного складу та мінералізації. Такий самий підхід відобра-

Закінчення табл. 4.2

6	7	8	9	10	11	12
< 50	9,17	1200–2000	50–250	350–650	0,82	34,87 (12,5)
< 50	9,17	130–350	100–250	450–900	0,28	64,56 (23,14)
< 100	9,17–16,67	500–1300	100–300	350–650	0,23	43,93 (15,75)
< 25	3,35	200–400	100–200	350–500	4,79	34,64 (12,42)
9,7	1,1	255,6	6,9	359,9	0,95	18,43 (6,61)
< 50	9,17	1000–2400	250–500	200–400	2,07	14,19 (5,1)
< 25	5,42	900–1200	80–130	300–450	1,77	39,77 (14,25)
23,7	15,5	67,5	302,0	326,4	0,20	49,56 (17,76)
20,7	9,7	1384,5	138,4	359,9	1,35	51,18 (18,34)

жено у гігієнічному нормативі «Параметри безпечності природної мінеральної води» [51].

Що стосується компонентів і сполук, які нормуються, на думку експертів ВООЗ [48], не всі ці хімічні речовини містяться у всіх водах або фактично у всіх країнах. Якщо вони навіть є, то, як правило, не виявляються на рівнях, що викликають занепокоєння. Навпаки, деякі хімічні речовини, для яких не встановлено ГДК, за певних обставин можуть викликати законне занепокоєння на місцевому рівні.

У стратегіях керування ризиками (відображених у національних стандартах та діяльності з моніторингу) і при виділенні

ресурсів пріоритет слід надавати тим хімічним речовинам, які становлять загрозу для здоров'я людей або істотно впливають на прийнятність води.

З'ясувалося, що лише невелика кількість хімічних речовин, що містяться в надмірній кількості, викликає серйозні наслідки для здоров'я людей у результаті їх впливу через питну воду. Це фтор, арсен і нітрати. В деяких областях також було встановлено вплив на здоров'я людини свинцю (від домашньої водопровідної системи), непокоять потенційні масштаби впливу селену й урану за їх концентрацій у воді, небезпечних для здоров'я людини. Залізо й манган мають велике значення через їх вплив на прийнятність води. Ці елементи слід враховувати як частину будь-якого процесу щодо встановлення пріоритетів. У деяких випадках оцінка показуватиме відсутність ризику значного впливу на національному, регіональному або системному рівнях.

Стосовно впливу на здоров'я людини відомо [48, 52], наприклад, що арсен чинить канцерогенну й ембріотоксичну дію, впливає на процеси клітинного поділу, нефротоксичний; свинець впливає на органи кровотворення; селен – на активність ферментів у контексті третинної структури білків; фтор викликає захворювання зубів.

З огляду на вищезазначене можна дійти висновку щодо неможливості ототожнення гігієнічних вимог до вод питних фасованих і вод природних мінеральних насамперед через принципову відмінність у нормуванні їх фізико-хімічного складу. На нашу думку, це пояснюється істотними відмінностями трактування питних режимів: якщо для води питної фасованої, з пунктів розливу та бюветів мається на увазі певне тривале її споживання, то для води фасованої мінеральної природної столової це споживання спорадичне, час від часу і не обов'язково однієї й тієї ж самої.

Однак слід брати до уваги поодинокі випадки, коли такі вимоги майже збігаються. Прикладом може слугувати мінеральна природна столова вода «Миргородська лагідна», яка відповідає нормативам як для мінеральних [43, 51] (повністю), так і для питних [7] (частково) вод. Води водоносного горизонту харківської світи, що використовуються як джерело господарсько-пит-

ного водопостачання м. Миргород, майже повністю відповідають нормативу для питних вод. Вміст фтору ($0,62\text{--}0,84\text{ мг/дм}^3$) у мінеральній природній столовій воді «Миргородська лагідна» та воді св. № 604/1, 604/2 відповідає обом нормативам для води питної: фасованої ($\leq 1,5$) та питної води з пунктів розливу й бюветів ($\leq 1,2$ та $\leq 0,7\text{ мг/дм}^3$ відповідно для III і IV кліматичних зон) за ДСанПіН [7]; води питної за Директивою ($1,5\text{ мг/дм}^3$) [49]. Для мінеральної природної столової води вміст фтору теж оптимальний, оскільки, згідно з п. 6.3.2 вищезазначеного документа [50], етикетування щодо вмісту фтору передбачається за умови перевищення 1 мг/л ; якщо фтору $> 2\text{ мг/л}$ обов'язковою є позначка «Продукт не призначений для малюків і дітей до 7 років».

Деяке перевищення вмісту кремнію ($13,46\text{--}16,56\text{ мг/дм}^3$) у цих водах компенсується їх твердістю на рівнях ($4,62\text{--}5,05\text{ ммоль/дм}^3$) унаслідок гальмування іонами кальцію біологічної дії кремнію [44].

Води Власівського й Гетьманівського родовищ відповідають чинним нормативам [43, 51], але нині їх не фасують як мінеральні природні столові. Можливість споживання таких вод як питних, зважаючи на невідповідність нормативам за деякими показниками (значна лужність (рН 9,0), перевищення вмісту натрію ($250\text{--}270\text{ мг/дм}^3$) для Власівського, твердість ($15,5\text{ ммоль/дм}^3$) для Гетьманівського родовища) має вирішуватися місцевою санітарно-епідеміологічною службою в кожному окремому випадку.

Компоненти та сполуки, дози яких нормуються [7, 51] (стронцій, хром, цинк, свинець, мідь, ванадій, кадмій, арсен), містяться у вищезазначених мінеральних водах у концентраціях, нижчих за гранично допустимі. Нітрити, нітрати, селен, ртуть, уран, радій, феноли або не виявлено, або їх вміст нижчий за чутливість методик визначення.

Для профілактики і відновлювального лікування населення ефективно використовувати мінеральні природні води, які за допомогою своїх різноманітних макро- і мікрокомпонентів залучають у дію різні центральні та місцеві рецепторні системи, впливають на структуру й проникність гістогематичних бар'єрів, підвищують адаптаційні можливості організму. Встановлено, що кремнієвмісні мінеральні води чинять радіозахисну дію, сприя-

ють виживанню тварин, зниженню хромосомних аберацій, виявляють цитопротекторну дію на клітини печінки, тонкої кишки, червоного кісткового мозку [53].

Відповідно до класифікації В.В. Іванова, Г.О. Невраєва [54] та основних критеріїв оцінки хімічного складу мінеральних вод [55], кремнієвими вважають мінеральні води з вмістом метакремнієвої кислоти не менш як 50 мг/дм³.

Згідно з даними праці [7] нормативний вміст кремнію в питній воді становить 10 мг/дм³. Разом з тим фахівці вважають, що в разі використання води з твердістю понад 2,5 мг-екв/дм³ вміст кремнію може бути збільшений до 25 мг/дм³, оскільки солі кальцію гальмують біологічну дію кремнію [44].

Результати повних досліджень 5 кремнієвих слабомінералізованих вод України показали їх безпечність для організму з істотним підвищенням добового діурезу внаслідок збільшення швидкості фільтрації первинної сечі [56].

Дослідженням впливу кремнієвої слабомінералізованої гідрокарбонатної води «Акваліта Плюс» на стан водно-електролітного обміну при експериментальному предіабеті встановлено, що найбільш вираженого ефекту нормалізації цих змін добиваються під впливом курсових навантажень мінеральною водою в профілактичному режимі. При цьому не знижується маса тіла, нормалізуються процеси в нирках, стабілізується добовий діурез. У тканинах нирок не розвивається гіпогідратація, збільшується вміст натрію, зменшується вміст калію [57].

Разом з тим, хоча є дані [56–58] щодо біогенної ролі і токсикодинаміки кремнію, необхідно продовжити дослідження специфіки біологічної дії розчинених у воді неорганічних сполук цього елемента залежно від мінерального складу вод, з якими він надходить до організму.

За даними російських бальнеологів, вміст кремнію в мінеральних водах оцінюють за його терапевтичним впливом на організм [59]. Верхня межа лікувальної концентрації кремнієвих кислот у деяких водах для внутрішнього використання (пиття, зрошення) становить 120–130, зовнішнього – 250–300 мг/дм³ [59].

Окремого обговорення заслуговує проблема вмісту в питних і мінеральних природних столових водах фтору. Як відомо, в питних водах фтор підлягає жорсткому нормуванню за нижньою (0,7 мг/дм³) та верхньою (1,5 мг/дм³) межею вмісту [7], тоді як у мінеральних природних столових водах нормується тільки верхня ідентична межа – 1,5 мг/дм³ [43]. За тривалого вживання питної води з низьким або високим рівнями фтору в біогеохімічних провінціях розвиваються відповідно карієс або флюороз [48, 52]. Це, у свою чергу, потребує впровадження відповідних технологій фторування або дефторування в кожному конкретному випадку.

Отже, на підставі аналізу літературних даних та результатів гігієнічного оцінювання слабо- й маломінералізованих мінеральних вод Полтавської обл. зроблено висновок щодо їх відповідності чинному нормативу як мінеральних лікувально-столових вод [43] та гігієнічним вимогам як природних столових вод [51]. Стосовно необмеженості питних режимів найпридатнішими для споживання населенням є води водоносного горизонту харківської світи. Разом із цим співвідношення вітчизняних і міжнародних методологічних підходів до нормування хімічного складу питних та природних мінеральних вод свідчить, що при гігієнічному оцінюванні мінеральних природних столових вод як питних доцільно враховувати ступінь адаптації населення до різних концентрацій компонентів, які визначають їх мінеральний склад.

Узагальнені результати досліджень фізико-хімічних показників якості мінеральних природних столових вод наведено в табл. 4.3.

Незначне перевищення вмісту кремнію понад норматив для питних вод в окремих водах («Молочанська», «Кривоозерська», «Рейкарц», «Біола») компенсується кальцієм, який гальмує біологічну дію кремнію [44].

Відповідність фізико-хімічних показників якості деяких мінеральних

Найменування води, адміністративна область	ЗМ, г/дм ³	рН			
			Na ⁺ +K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
«Оболонська», Київська	0,52	7,5	70,1	50,0	15,8
ДСТУ 878-93	0,30–0,80	–	30–100	20–80	< 40
ДСанПіН 2.2.4-171–10	0,2–0,5 ⁵ (сухий залишок)	6,5–8,5	2–20	≤ 130 (25–75) [*]	≤ 80 (10–50) [*]
«Гуляй поле», Черкаська	0,55	7,0	39	80	16
ДСТУ 878–93	0,45–0,70	–	35–70	50–100	< 40
«Біола», Київська	0,54	6,85	35	97	4
ДСТУ 878–93	0,40–0,70	–	< 50	70–130	< 25
«Підкамінська», Львівська	0,61	6,9	8,0	136,0	14,6
ДСТУ 878-93	0,40–0,80	6,5–8,5	< 50	80–200	< 50
«Рейкарц», Черкаська	0,64	7,2	39	94	26
ДСТУ 878–93	0,60–1,00	–	< 100	60–150	< 70
«Едель», Закарпатська	0,2655	4,9	25,3	36,0	8,5
ДСТУ 878–93	0,20–0,60		10–100	20–100	< 30
«Молочанська», Запорізька	0,8039	4,85	150,6	60	25,5
ДСТУ 878–93	0,60–0,90	–	80–180	30–100	10–70
«Барчанка», Вінницька	0,4809	5,15	6,7	80,0	24,3
ДСТУ 878–93	0,4–0,8	–	< 40	50–100	20–50
«Кривоозерська», Миколаївська	1,0344	7,65	212,2	52	37,7
ДСТУ 878–93	0,7–1,2	–	150–250	< 100	< 100

Примітки. ЗМ – загальна мінералізація; ЗТ – загальна твердість, ммоль/дм³;

* Норматив фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води.

Таблиця 4.3

Природних столових вод України вимогам нормативних документів

Вміст, мг/дм ³								
ЗТ	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	ЗЛ	F	Si	B	As
3,8	39,0	26,3	317,2	5,2	0,44	4,3	2,02	0,0106
—	< 60	< 60	200–450	—	≤ 1,5	—	—	—
≤ 7,0 1,5– 7,0)*	≤ 250	≤ 500	—	≤ 6,5 (0,5–6,5)*	0,7–1,2	≤ 10	≤ 0,5	≤ 0,01
5,3	12	7	397	6,5	0,43	9,0	—	—
—	< 20	< 30	300–500	—	≤ 1,5	—	—	—
3,1	7	16	378	6,2	0,25	12,8	0,72	0,0058
—	< 25	< 25	300–500	—	≤ 1,5	—	—	—
8,0	28,4	64,6	353,8	5,8	0,43	5,4	—	—
—	< 50	< 100	250–550	—	≤ 1,5	—	—	—
6,9	32	57	390	6,4	0,8	14,3	0,21	0,0056
—	< 70	< 100	350–600	—	≤ 1,5	—	—	—
	23,1	26,2	146,4		0,13	7,09	—	—
	< 50	< 100	100–250	—	≤ 1,5	—	—	—
	131,4	180,2	256,2		0,37	14,23	—	—
—	80–180	80–220	170–300	—	≤ 1,5	—	—	—
	17,7	4,5	347,7		0,25	6,31	—	—
—	< 20	< 20	300–600	—	≤ 1,5	—	—	—
	188,1	160,1	384,3		0,5	13,02	0,89	0,0098
	70–250	150– 250	250–400		≤ 1,5	—	—	—

П – загальна лужність, ммоль/дм³.

Стосовно біологічної ролі бору та арсену як основи гігієнічної оцінки вод, слід зауважити таке.

Бор є біологічно активним елементом і відповідно до прийнятої класифікації його вважають доволі токсичною речовиною. За тривалого споживання питної води з підвищеним вмістом бору підвищується вміст загального цукру в крові, активуються гальмівні процеси в корі головного мозку, знижується кислотність шлункового соку, порушується обмін мінеральних речовин в організмі тощо. На початку 1990-х років на підставі експериментальних даних і результатів натурних спостережень за гігієнічний норматив прийнято концентрацію бору в питній воді $< 0,5 \text{ мг/дм}^3$ за санітарно-токсикологічною ознакою шкідливості другого класу небезпеки. Це відповідає чинному державному нормативу на бор у питній воді. З урахуванням токсичності сполук бору в країнах Європейського співтовариства за гранично допустиму прийнято концентрацію бору в питній воді до $0,3 \text{ мг/дм}^3$. У низці регіонів Російської Федерації (Південний Урал, Західний Сибір, Центральний район та ін.) підземні води містять бор у концентраціях, що перевищують гранично допустиму в 60 разів. У результаті проведених досліджень з'ясовано, що людина може переносити добову дозу бору до 88 мкг/кг маси тіла або $6,16 \text{ мг}$ на прийом за маси тіла 70 кг . Токсичною для людини вважається доза бору 4 г .

Арсен як біологічно активний елемент за умови обмеженого його надходження в організм (до $0,05 \text{ мг/кг}$ маси тіла або $3,5 \text{ мг}$ на прийом за маси тіла 70 кг), а саме в таких кількостях він надходить з арсенистими мінеральними водами, поліпшує процеси кровотворення, пришвидшує засвоєння азоту та фосфору, органічне розщеплення білків, гальмує окисні процеси. Внаслідок високої біологічної активності арсен бере участь у реакціях тканинного дихання, знижує їх інтенсивність та рівень вільнорадикального окиснення. В результаті зростає енергетичний потенціал клітин і тканин, що супроводжується підвищенням резистентності організму та активуванням адаптаційно-трофічних систем.

Бор та арсен виявлено у мінеральних природних столових водах «Оболонська», «Біола», «Рейкарц» та «Кривоозерська». Од-

нак більш-менш значуще перевищення вмісту бору для питних вод визначено тільки у воді «Оболонська» (2,02 мг/дм³), тоді як вміст арсену в мінеральних водах збігається з нормативним для питних вод.

Висновки до розділу 4

На підставі аналізу літературних даних та за результатами гігієнічного оцінювання деяких мінеральних вод зроблено висновок щодо їх відповідності чинним нормативним вимогам саме для мінеральних вод [43]. Стосовно необмеженості питних режимів слід враховувати ступінь адаптації населення до різних концентрацій компонентів у водах, які визначають їх мінеральний склад, а також дискретність і випадковість питних режимів для мінеральних вод. Однак це передбачає також необхідність дотримання чинних нормативних вимог до питних вод [7], що унеможливає споживання мінеральних вод із відхиленнями від нормативів для питних, тобто вони не придатні для щоденного вживання впродовж усього життя.

Список літератури до розділу 4

1. *Ковбасенко О.* Недоліки організації забезпечення населення якісною питною водою, причини їх виникнення: [Погіршення якості питної води в багатьох регіонах України] / О. Ковбасенко // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2004. – № 3. – С. 39–43
2. *Яцик А.* Горизонти водного господарства України: [Водні ресурси. Щодо якості питної води] / А. Яцик // Урядовий кур'єр. – 2003, 16 жовт. – № 194. – С. 9.
3. *Минков И.П.* Водноэкологический фактор и мониторинг некоторых показателей репродуктивного здоровья / И.П. Минков, И.В. Юрченко, З.Н. Живац [и др.] // Материалы Междунар. конф. «Вода и здоровье-99». – Одесса. – 1999. – С. 267–270.
4. *Засыпка Л.И.* Оценка санитарных условий проживания населения в зоне Западного Причерноморья и обоснование гигиенических рекомендаций по их оздоровлению: Автореф.

- дис. ... канд. мед. наук: 14.02.01 / Л.И. Засыпка. – Одесса, 1994. – 21 с.
5. *Ворохта Ю.М.* Гігієнічна оцінка впливу мінерального складу питних вод на здоров'я населення: Автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.02.01 / Ю.М. Ворохта. – Київ, 2007. – 22 с.
 6. *Ворохта Ю.М.* Гігієнічна оцінка впливу мінерального складу питних вод на здоров'я населення: Дис. ... канд. мед. наук: 14.02.01 / Ю.М. Ворохта. – Київ, 2007. – 125 с.
 7. *Про затвердження Державних санітарних норм і правил «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» 2.2.4-171–10.* – Наказ Міністерства охорони здоров'я України № 400 від 12 травня 2010 року. – Зареєстровано в Міністерстві юстиції України за № 452/17747 1 липня 2010 р.
 8. *Гончарук Е.Г.* Очистка питьевых и сточных вод от ядохимикатов / Е.Г. Гончарук. – Киев: Здоров'я, 1975. – 186 с.
 9. *Омельянец Н.И.* Гигиена применения ионообменных смол в водоснабжении / Н.И. Омельянец. – Киев: Здоров'я, 1979. – 102 с.
 10. *Черкинский С.Н.* Особенности принципов и методов гигиенического нормирования химических веществ в гигиене воды и санитарной охране водоемов / С.Н. Черкинский // Научные основы современных методов гигиенического нормирования химических веществ в окружающей среде. – М.: Медицина, 1971. – С. 17.
 11. *Эльпинер Л.И., Чупис А.В., Панасовский Ю.В.* Социально-экологические вопросы использования водных ресурсов. – М.: Наука, 1992. – С. 19–55.
 12. *Кандрор И.С.* Влияние питьевых вод на здоровье / И.С. Кандрор, Г.И. Бокина. – М., 1963. – 364 с.
 13. *Рахманин Ю.А.* Метод изучения влияния химического состава питьевых вод на состояние здоровья населения / Ю.А. Рахманин, Г.И. Сидоренко, Р.И. Михайлова // Гигиена и санитария. – 1998. – № 4. – С. 13–19.
 14. *Donato F.* Durezza dell'acqua potabile e malattie cronicodegenerative. Parte III. Patologietumorali, urolitiasi, malformazioni fetali, deterioramento delle funzionicognitive nell'anziano, diabete

- mellito ed eczema atopic / F. Donato, S. Monarca, S. Premi, U. Gelatti // *Ann Ig.* – 2003. – V. 15(1). – P. 57–70.
15. *Kousa A.* Geochemistry of ground water and the incidence of acute myocardial infarction in Finland / A. Kousa, E. Moltchanova, M. Viik-Kajander [et al.] // *J. Epidemiol. Community Health.* – 2004. – V. 58(2). – P. 136–139.
16. Закон України «Про Загальнодержавну програму «Питна вода України на 2006–2020 роки»» № 2455-IV від 03.03.2005 // Урядовий кур'єр. – 13.04.2005. – № 68.
17. *Гринзовський А.М.* Гігієнічне нормування фтору як провідний напрямок наукової діяльності професора Р.Д. Габовича / А.М. Гринзовський, Г.П. Степаненко, В.Г. Бардов [та ін.] // *Гігієна населених місць.* – 2009. – № 54. – С. 82–86.
18. *Красовский Г.Н.* Методологическая база для разработки региональных показателей качества питьевой воды / Г.Н. Красовский, Н.А. Егорова // *Гигиена и санитария.* – 1998. – № 4. – С. 76–78.
19. *Голубев И.М.* Нормирование общей жесткости питьевой воды / И.М. Голубев, В.П. Зимин // *Гигиена и санитария.* – 1994. – № 3. – С. 22–23.
20. *Архипчук В.В.* Влияние обессоленной воды на жизнедеятельность организмов животных и растений и функционирование их клеток / В.В. Архипчук, В.В. Гончарук // *Химия и технология воды.* – 2003. – Т. 25, № 2. – С. 191–101.
21. *Прокопов В.А.* О влиянии качества питьевой воды на здоровье населения / В.А. Прокопов, С.П. Высоцкий, В.В. Требелев [и др.] // *Вода и здоровье-98: Сб. науч. ст.* – Одесса: Астропринт, 1998. – С. 26–28.
22. *Эльпинер Л.И.* Экспериментальные исследования по нормированию оптимального солевого состава питьевых вод / Л.И. Эльпинер, О.И. Балашов // *Космическая биология и авиакосмическая медицина.* – 1980. – № 4. – С. 71–76.
23. *Рахманин Ю.А.* Влияние опресненной и разведенной морской воды на некоторые показатели липидного обмена / Ю.А. Рахманин, Р.В. Меркурьева, Н.Ф. Кушнерова [и др.] // *Гигиена и санитария.* – 1982. – № 10. – С. 12–15.

24. Кондратюк В.А. Санитарно-гигиеническая характеристика питьевых вод с разным минеральным составом / В.А. Кондратюк, С.А. Козюра // Гигиена населенных мест. – 1982. – Вып. 21. – С. 77–80.
25. Новиков Ю.В. Состояние здоровья населения в связи с использованием мягких маломинерализованных вод для питья / Ю.В. Новиков, С.И. Плитман, А.И. Левин [и др.] // Гигиена и санитария. – 1980. – № 12. – С. 3–6.
26. Лутай Г.Ф. Химический состав питьевой воды и здоровье населения / Г.Ф. Лутай // Гигиена и санитария. – 1982. – № 1. – С. 13–15.
27. Ананьев Н.И. Влияние макроэлементного состава, жесткости и нитритов питьевой воды на заболеваемость населения злокачественными новообразованиями / Н.И. Ананьев, Н.А. Волобоев, Б.В. Подшибалов // Здравоохранение Казахстана. – 1983. – № 1 (441). – С. 15–17.
28. Ротарь М.Ф. Источники хозяйственно-бытового водоснабжения Одесской области, качество воды и ее роль в формировании онкозаболеваемости населения / М.Ф. Ротарь, О.Г. Лиходедова, Е.М. Ротарь // Вода и здоровье-98: Сб. науч. ст. – Одесса: Астропринт, 1998. – С. 38–40.
29. Грищенко С.В. Влияние химического состава питьевой воды на формирование цереброваскулярной патологии населения экокризисного региона Украины / С.В. Грищенко, А.Г. Джоджуа // Довкілля та здоров'я. – 2003. – № 3. – С. 18–21.
30. Новиков Ю.В. О методических подходах к изучению влияния минеральных компонентов питьевой воды на здоровье населения / Ю.В. Новиков, А.И. Левин, С.И. Плитман [и др.] // Гигиена и санитария. – 1983. – № 1. – С. 43–47.
31. Прокопов В.О. Вплив мінерального складу питної води на стан здоров'я населення (огляд літератури) // В.О. Прокопов, О.Б. Липовецька // Гігієна населених місць. – 2012. – № 59. – С. 63–73.
32. Дичка Л.В. Вплив мінеральної води різних типів при використанні як питної на стан здоров'я населення: Автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.02.01 / Л.В. Дичка. – Київ, 2008. – 20 с.

33. *Бабов К.Д.* Мониторинг качества минеральных природных столовых вод как важная гигиеническая проблема / К.Д. Бабов, Е.М. Никипелова, А.В. Мокиенко [и др.] // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2005. – № 2. – С. 52–57.
34. *Мокиенко А.В.* Гигиенические аспекты мониторинга качества природных столовых вод / А.В. Мокиенко, Е.М. Коева, Г.К. Бицилли // Матеріали VI наук.-практ. конф. з міжнар. участю «Кліматолікування, лікувальна фізкультура, механотерапія, фітотерапія, бальнеотерапія в комплексному санаторно-курортному лікуванні». – Євпаторія, 27–29 вересня 2005. – С. 202–203.
35. *Мокиенко А.В.* Гигиенические аспекты мониторинга качества природных столовых вод Одесской области / А.В. Мокиенко, Л.Б. Солодова, Е.М. Коева [и др.] // Мед. реабилитация, курортология, физиотерапия. – 2006. – № 2 (46). – С. 31–32.
36. *Мокиенко А.В.* Минеральные природные столовые воды: гигиенические проблемы мониторинга / А.В. Мокиенко, Л.Б. Солодова, Г.К. Бицилли [и др.] // Тези доп. IV Міжнар. наук.-практ. конф. «Актуальні питання гігієни харчування та безпечності харчових продуктів. Круглий стіл «Питна вода – харчовий продукт № 1»», Київ, 25–26 жовтня 2006. – С. 57–58.
37. *Мінеральні води Полтавщини* / За ред. К.Д. Бабова, О.М. Нікіпелової, О.Д. Гавловського. – Київ: КІМ, 2010. – 220 с.
38. *Мокієнко А.В.* Гігієнічна оцінка мінеральних вод Полтавської області / А.В. Мокієнко, О.М. Нікіпелова, Ю.М. Ворхта [та ін.] // Матеріали наук.-практ. конф. ЗАТ «Миргород-курорт» «Стратегія та тактика санаторно-курортної реабілітації хворих після радикального лікування онкопатології. Роль природних лікувальних чинників у санаторно-курортній реабілітації», Миргород, 4–5 жовтня 2010. – Миргород, 2010. – С. 74–75.
39. *Мокієнко А.В.* Гігієнічна оцінка слабко- та маломінералізованих мінеральних вод Полтавської області / А.В. Мокієнко, О.М. Нікіпелова, Л.Б. Солодова [та ін.] // Гигиена населенных мест. – 2010. – Вып. 56. – С. 70–77.

40. Мокієнко А.В. Гігієнічна оцінка мінеральних природних столових вод / А.В. Мокієнко, О.М. Нікіпелова, Л.Б. Солодова [та ін.] // Медицинская реабилитация, курортология, физиотерапия. – 2014. – № 1. – С. 54–57.
41. Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством: ГОСТ 2874–82: [Введ. 01.01.85]. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1998. – 9 с.
42. ДСанПіН № 383 «Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання». – Київ: МОЗ України, 1996. – 21 с.
43. Води мінеральні фасовані. Технічні умови. ДСТУ 878–93. – Київ: Держстандарт України, 1993. – 88 с.
44. Метельская Г.Н. О нормировании кремния в питьевой воде / Г.Н. Метельская, Ю.В. Новиков, С.И. Плитман [и др.] // Гигиена и санитария. – 1987. – № 8. – С. 19–20.
45. Порядок здійснення медико-біологічної оцінки якості та цінності природних лікувальних ресурсів, визначення методів їх використання. Наказ Міністерства охорони здоров'я України № 243 від 02.06.2003 року. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України за № 752/8073 29 серпня 2003 року.
46. Технологическая инструкция по обработке и розливу питьевых минеральных вод ТИ 18-6-57–84. – Срок введения с 01.07.1986. – М., 1986. – 64 с.
47. ДСанПіН 4.4.4.-065–2000 Державні санітарні правила та норми для підприємств щодо виробництва і розливу мінеральних та штучно-мінералізованих вод. Затверджено Постановою Головного державного санітарного лікаря України за № 65 від 18.04.2000 року. – Київ, 2001. – 31 с.
48. Guidelines for drinking water quality. – The 4nd ed. – Vol. 1. Recommendations. – World Health Organisation. – Geneva, 2011. – 501 p.
49. Директива Совета Европейского Союза от 3 ноября 1998 г. по качеству воды, предназначенной для потребления человеком / 98/83/ЕС/. – С. 59–91. Цит. по Зуев Е.Т. Питьевая и минеральная вода. Требования мировых и европейских стандартов к качеству и безопасности / Е.Т. Зуев, Г.С. Фомин. – М.: Протектор, 2003. – 320 с.

50. *Стандарт* Кодекса на природные минеральные воды CODEX STAN 108–1981 с изм. 1997, 2001, 2008 гг. – С. 29–35. Цит. по Зуев Е.Т. Питьевая и минеральная вода. Требования мировых и европейских стандартов к качеству и безопасности / Е.Т. Зуев, Г.С. Фомин. – М.: Протектор, 2003. – 320 с.
51. *Гігієнічний* норматив «Параметри безпечності природної мінеральної води» / Постанова Головного державного санітарного лікаря України № 4 від 30.01.2010. – Київ, 2010. – 4 с.
52. *Руководство* по гигиене водоснабжения / Под ред. С.Н. Черкинского. – М.: Медицина, 1975. – 328 с.
53. *Танько О.П.* Влияние минеральной воды «Березовская» на процессы перекисного окисления липидов и показатели антиоксидантной защиты у беременных с хроническими заболеваниями гепатобиллиарной системы / О.П. Танько // Вестн. физиотерапии и курортологии. – 2000. – № 2. – С. 48–50.
54. *Иванов В.В.* Классификация подземных минеральных вод / В.В. Иванов, Г.А. Невраев. – М.: Недра, 1964. – 168 с.
55. *Иванов В.В.* Основные критерии оценки химического состава минеральных вод / В.В. Иванов. – М.: Недра, 1982. – 93 с.
56. *Никипелова Е.М.* Возможности практического применения слабоминерализованных кремниевых вод Украины / Е.М. Никипелова, Н.А. Алексеенко, С.Г. Гуца [и др.] // Вода и здоровье-2003: Сб. науч. ст. – Одесса: ОЦНТЭИ, 2003. – С. 85–87.
57. *Алексеенко Н.А.* Влияние слабоминерализованной гидрокарбонатной кремниевой воды «Аквавита Плюс» на состояние водно-электролитного обмена при экспериментальном предиабете / Н.А. Алексеенко, С.Г. Гуца // Матеріали V наук.-практ. конф. з міжнарод. участю «Рання медична реабілітація: здобутки, проблеми, перспективи». – Ужгород, 25–28 жовтня 2004. – С. 127–128.
58. *Скальный А.В.* Биоэлементы в медицине / А.В. Скальный, И.А. Рудаков. – М.: Изд. дом «ОНИКС 21 век», 2004. – 272 с.
59. *Захаренко Л.П.* Эффекты воды курорта Белокуриха, полученные на биологических объектах / Л.П. Захаренко, В.В. Бунков, Н.Г. Сыпченко [и др.] // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебн. физ. культуры. – 1998. – № 5. – С. 48–50.

РОЗДІЛ 5

ФІЗІОЛОГІЧНА ПОВНОЦІННІСТЬ МІНЕРАЛЬНОГО СКЛАДУ ПИТНИХ ВОД ЯК ЧИННИК ФОРМУВАННЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ (на прикладі Одеської промислово-міської агломерації)

(Т.А. Сафранов)

Стабільність хімічного складу організму людини – одна з найважливіших і обов'язкових умов його нормального функціонування. Відхилення вмісту хімічного елемента в організмі від норми, зумовлене фізико-географічними, антропогенними та іншими чинниками, призводить до порушення здоров'я людини. Це підтверджено фундаментальними дослідженнями В.І. Вернадського, О.П. Виногорова, В.В. Ковальського та їхніх послідовників. Із 92 хімічних елементів, що трапляються в природних середовищах, 81 виявлено в організмі людини. За біологічною (фізіологічною) значущістю серед хімічних елементів виділяють: структурні (С, О, Н, N, Са, Mg, Na, К, S, P, F, Cl), які на 99 % формують елементний склад організму; есенціальні (Fe, I, Cu, Zn, Co, Cr, Mo, Ni, V, Se, Mn, As, F, Si, Li); умовно есенціальні; елементи, роль яких маловивчена або нез'ясована. Есенціальні мінеральні речовини надходять в організм людини з продуктами харчування і питною водою.

Якість питних вод та їх вплив на здоров'я населення схарактеризовано в численних виданнях. А.І. Іванов та співавт. [1], проаналізувавши праці, опубліковані у провідних наукових виданнях за останні 10 років, виявили певні закономірності між якістю питних вод і захворюваністю населення. У цій оглядовій праці зазначено, що найбільш залежними від гідрохімічного складу питних вод є ендемічні хвороби, патології серцево-судинної системи (ССС) та шлунково-кишкового тракту. В населення, що споживає високомінералізовану сульфатно-кальцієву воду, частіше

трапляються захворювання органів травлення. Хімічний склад питних вод впливає на мінеральний гомеостаз організму людини. Відхилення вмісту Na^+ , K^+ , Ca^{2+} і Mg^{2+} від норми може визначати поширеність артеріальної гіпертензії. Дефіцит і дисбаланс іонів Ca^{2+} і Mg^{2+} можуть слугувати потенційними чинниками ризику виникнення у населення сечокам'яної хвороби, захворювань шкіри, ССС та органів травлення. Водночас в останні роки опубліковано низку праць, у яких йдеться про відсутність впливу таких показників питних вод, як твердість, вміст іонів Ca^{2+} і Mg^{2+} на захворюваність ССС людей. Зокрема у дослідженні нідерландських учених значущого зв'язку між твердістю, вмістом Ca^{2+} і Mg^{2+} у питних водах і смертністю населення від ішемічної хвороби серця та інсульту не виявлено. В аналітичному огляді англійських учених також йдеться про результати досліджень, присвячених впливу твердості питних вод і вмісту іонів Ca^{2+} на частоту виникнення захворювань ССС. Більшість авторів при виконанні подібних досліджень наголошують на наявності зворотного зв'язку між рівнем магнію у воді і хворобами ССС. Одним із найважливіших критеріїв оцінювання якості питних вод, здатним впливати на стан і розвиток людського організму як на клітинному, так і макрорівні, є їх фізіологічна повноцінність, тобто можлива міра забезпечення організму людини необхідними біогенними мікро- і макроелементами. З питною водою людина може отримати до 20 % добової дози кальцію, до 25 – магнію, до 50–80 – фтору, до 50 % – йоду.

Ю.М. Ворохта [2] встановив, що особливостями питних вод Одеської обл. є велике різноманіття комбінацій мінеральних компонентів і часте перевищення нормативного вмісту компонентів сухого залишку, в тому числі Na^+ – в 1,4–2,2 раза, загальної твердості – в 1,3–2,0 раза, загальної мінералізації – в 1,1–1,6 раза за низького вмісту мікроелементів (Cr, Ni, Co, Cu, Zn, Pb). Квоти водного чинника щодо постачання в організм життєво важливих макро- і мікроелементів для населення Одеської обл. становлять за Mg^{2+} – 3,7–26 %, за Ca^{2+} – 1,1–21, за Na^+ – 0,04–10,0 %. Вплив окремих компонентів мінерального складу питних вод на здоров'я дитячого й дорослого населення різний. Зокрема, на здо-

ров'я дітей більшою мірою впливає вміст Ca^{2+} і Mg^{2+} , а також наявність NO_3^- , тоді як для дорослих важливішими є вміст Na^+ , твердість води, які підвищують ризик виникнення кардіоваскулярної патології вдвічі. Встановлено, що споживання питної води фізіологічно неадекватного мінерального складу негативно впливає на здоров'я дитячого населення. Доросле населення, яке споживає питну воду з високим вмістом окремих нетоксичних мінеральних сполук, добре адаптується до складу питних вод із загальною мінералізацією – до 1500 мг/дм^3 , загальною твердістю – до 6 ммоль/дм^3 , вмістом Na^+ – 250 мг/дм^3 , співвідношенням $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ – до 1,0; $\text{Sr}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$ – до 0,01. У зв'язку з цим для районів із несприятливими за мінеральним складом питними водами доцільно розробляти регіональні стандарти якості питної води, які мають відповідати цим діапазнам адаптації.

В оглядовій праці В.О. Прокопова, О.Б. Липовецької [3] зазначено, що питна вода в разі невідповідності показників її мінерального складу гігієнічним нормативам за довготривалого споживання може приводити до порушення функціонального стану організму й виникнення неінфекційних захворювань населення. Експериментальними дослідженнями доведено, що ефект дії сольового складу питних вод на організм залежить від ступеня їх мінералізації, поєднання катіонів та аніонів, тривалості вживання, а також стану організму в цілому. Найбільша кількість публікацій присвячена ролі питних вод різних ступеня мінералізації та загальної твердості в розвитку патології і значно менше – дії комбінацій макро- та мікроелементів на стан здоров'я населення.

Огляд цих та інших літературних джерел підтвердив, що збалансованість мінерального складу питних вод є чинником, який істотно впливає на формування здоров'я населення.

Гігієнічну безпечність та якість питної води оцінюють за показниками епідемічної безпеки (мікробіологічні, паразитологічні), санітарно-хімічними (органолептичні, фізико-хімічні, санітарно-токсикологічні) та радіаційними. Під час вибору водного джерела та технології водопідготовки у разі будівництва чи реконструкції підприємства питного водопостачання населення слід віддавати перевагу джерелам і технологіям, що забезпечать

виробництво питної води з оптимальним вмістом мінеральних речовин за показниками фізіологічної повноцінності мінерального складу (ФПМС) питної води. Показники ФПМС питної води визначають адекватність її мінерального складу біологічним потребам організму. Вони ґрунтуються на доцільності для низки біогенних елементів обліку не тільки максимально допустимих, а й мінімально необхідних рівнів їх вмісту у воді.

Показники ФПМС питної води вперше у світі були використані в ДСанПіН України № 383–96 [4]: мінералізація загальна – 100–1000 мг/дм³; твердість загальна – 1,5–7,0 мг-екв/дм³; лужність загальна – 0,5–6,5 мг-екв/дм³; вміст магнію – 10–80, фтору – 0,7–1,5 мг/дм³. Дещо пізніше окремі показники ФПМС були використані в Росії для фасованої питної води: твердість загальна – 1,5–7,0 мг-екв/дм³; лужність загальна – 0,5–6,5 мг-екв/дм³; вміст кальцію – 25–130, магнію – 5–65, гідрокарбонатів – 30–400, фторид-іонів – 0,5–1,5 мг/дм³; йодид-іонів – 10–120 мкг/дм³.

Перелік показників ФПМС питної води розширений у ДСанПіН 2.2.4-171–10 [5] (див. ст. 517).

Вимоги щодо окремих показників ФПМС питної води наведено і в інших нормативно-законодавчих документах [6–8].

Слід зазначити, що про показники ФПМС питної води можна судити також за групою санітарно-хімічних показників безпечності та якості питної води [5]: сухий залишок (≤ 1000 – 1500 мг/дм³ – водопровідна вода, 1500 мг/дм³ – колодязі та каптажі джерел, ≤ 1000 мг/дм³ – фасована, пункти розливу і бювети); загальна лужність ($\leq 6,5$ ммоль/дм³ – фасована, пункти розливу і бювети); вміст кальцію (≤ 130 мг/дм³ – фасована, пункти розливу і бювети); вміст магнію (≤ 80 мг/дм³ – фасована, пункти розливу і бювети); загальна твердість (≤ 7 – 10 ммоль/дм³ – водопровідна вода, ≤ 10 ммоль/дм³ – колодязі та каптажі джерел, ≤ 7 ммоль/дм³ – фасована, пункти розливу і бювети); вміст йоду (≤ 50 мкг/дм³ – фасована, пункти розливу і бювети), вміст натрію (≤ 200 мг/дм³ – водопровідна вода, ≤ 200 мг/дм³ – фасована, пункти розливу і бювети); вміст фторидів (для кліматичних зон: IV $\leq 0,7$, III $\leq 1,2$ мг/дм³, II $\leq 1,5$ мг/дм³ – водопровідна вода; I $\leq 1,5$ мг/дм³ – колодязі та каптажі джерел, $\leq 1,2$ мг/дм³ – фасована, пункти розливу і бювети).

Згідно з даними [5], до безпечності та якості питної води, призначеної для споживання людиною, ставляться такі гігієнічні вимоги: питна вода, призначена для споживання людиною, має бути безпечною в епідеміологічному та радіаційному відношенні, мати сприятливі органолептичні властивості та нешкідливий хімічний склад; для виробництва питної води слід віддавати перевагу підземним водам (ПВ), надійно захищеним від біологічного, хімічного та радіаційного забруднення.

Характеристики якості питних вод та їх вплив на здоров'я населення розглянуто в численних публікаціях і фондових джерелах інформації. Дослідження впливу мінерального складу питних вод на здоров'я людини дають змогу обґрунтувати внесок цього чинника у формування здоров'я населення окремих міст і регіонів України. Нижче наведено стисло характеристику окремих показників ФПМС із поверхневих і підземних джерел водопостачання як можливого чинника формування здоров'я населення Одеської промислово-міської агломерації (ПМА), що має важливе науково-методичне й практичне значення.

Оцінку фізіологічної повноцінності мінерального складу питних вод із поверхневих і підземних джерел водопостачання Одеської ПМА наведено за результатами досліджень хіміко-бактеріологічної лабораторії філії «Інфоксводоканал» за 2006–2007 і 2010–2011 рр. Результати досліджень узагальнено у вигляді таблиць і графіків, побудованих із використанням програми Excel, а також методів статистичного, порівняльно-географічного та картографічного аналізів інформації.

Господарсько-питне водопостачання Одеської ПМА базується переважно на поверхневих водах (р. Дністер). На водоочисній станції (ВОС) «Дністер» діє традиційна класична схема очищення, заснована на відстійниках і швидких фільтрах. Вода з річки, що пройшла рибозахисні споруди, надходить у канал-відстійник, де попередньо відстоюється й осаджуються завислі часточки, що містяться у воді. З каналу-відстійника через поперечний канал частково освітлена вода забирається насосними станціями першого підйому і подається на швидкі фільтри блоків № 1–4. Вода на швидких фільтрах очищується за одноступінчастою схемою –

контактна коагуляція домішок води (коагулянт – сульфат алюмінію) в товщі фільтрувального завантаження. Блок № 5, споруджений у 1983–1986 рр., включає відстійники та швидкі фільтри, що забезпечують якісне очищення води незалежно від якості вхідної води в річці. Після фільтрів вода надходить у резервуари чистої води, де піддається знезараженню рідким хлором (рідкий хлор перед контактом з водою переводять у газоподібний стан у спеціальних випарниках) у дозах, що забезпечують її бактеріальну чистоту і концентрацію залишкового хлору на виході з резервуара чистої води 0,8–1,2 мг/дм³. Після цього по п'яти водоводах вода подається до міста, де розподіляється між споживачами. ВОС «Дністер» будували в міру розвитку міського водопроводу з 1873 р., поступово її розширювали, об'єми води збільшували. Основна її реконструкція припала на 1960–1980 рр., коли було розпочато будівництво нових блоків швидких фільтрів і почала діяти нова підвищувальна електронасосна станція на Дністрі. Споруди постійно реконструюють, старе обладнання замінюють на нове [9].

Альтернативним джерелом водопостачання є міжпластові підземні води (ПВ) верхньосарматського водоносного горизонту (ВГ) міоцену, який залягає на глибині близько 120–130 м. Підземні питні води подаються споживачам через 15 бюветних комплексів, розміщених у різних частинах території Одеської ПМА (рис. 5.1). У бюветних комплексах застосовують технологію підготовки ПВ, яка складається з таких стадій очищення: 1) механо-каталітичне фільтрування (окиснення Fe^{2+} , видалення дрібнодисперсних завислих часточок); 2) очищення половини об'єму води методом зворотного осмосу (видалення іонів Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , SO_4^{2-} , Cl^- , HCO_3^- , мікроорганізмів); 3) змішування води, очищеної методом зворотного осмосу, з водою, що пройшла механічне фільтрування, у співвідношенні 1:1, в результаті чого її загальна твердість, мінералізація, вміст Na^+ , SO_4^{2-} , Cl^- значно зменшуються; 4) озонування відносно збалансованої за мінеральним складом води, що забезпечує знезараження, дезодорацію, окиснення органічних і неорганічних речовин, дегазацію води і насичення її киснем; 5) адсорбційне очищення озонованої води на фільтрах з

активованим вугіллям (у процесі цього видаляються озон, окиснені органічні та деякі інші речовини); б) вторинне озонування води, що пройшла стадію адсорбційного очищення, перед подачею споживачам [10].

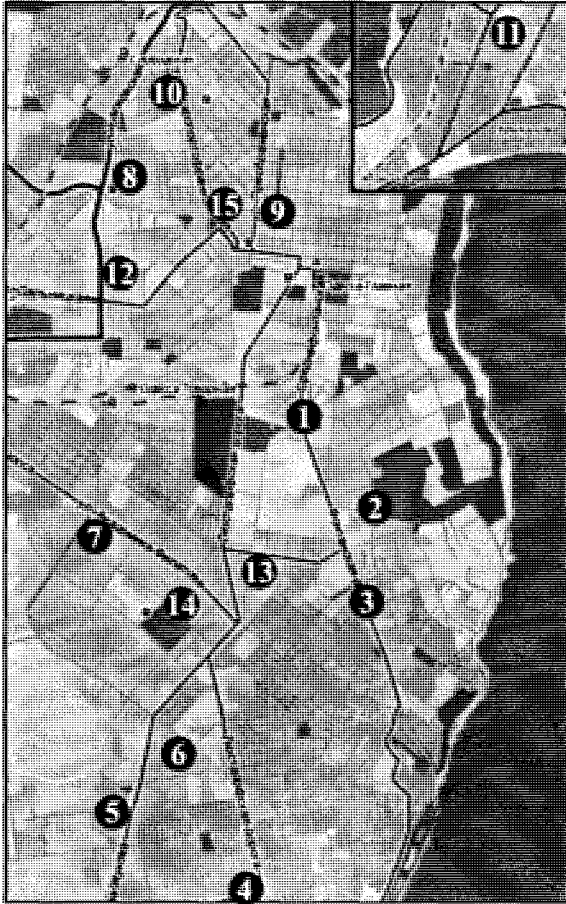


Рис. 5.1. Схема розміщення бюветних комплексів у Одеській агломерації

Номери бюветних комплексів: 1 – Середньофонтанська, сквер Космонавтів (пр. Гагаріна); 2 – парк Перемоги (вул. Піонерська, 11); 3 – 6-та станція Великого Фонтана (Фонтанська дор., 16); 4 – вул. акад. Глушка, 1; 5 – вул. марш. Жукова, 14; 6 – вул. 25-ї Чапаєвської дивізії, 1; 7 – вул. Рабина, 1; 8 – вул. Дальницька, 25 (вул. Раскидайлівська, 31); 9 – сквер Старобазарний (вул. Старобазарна, 3); 10 – сквер Мечнікова (вул. Ольгіївська, 37);

11 – сквер Заболотного (вул. Кримська, 71); 12 – сквер Михайлівський (Михайлівська пл., 19); 13 – кінотеатр «Вимпел» (пр. Адміральський, 31); 14 – парк М. Горького (вул. Космонавтів, 15); 15 – вул. Прохоровська (вул. Старопортофранківська, 105).

Згідно з даними, наведеними в табл. 5.1, показники ФПМС вихідної води з р. Дністер та водопровідної води в основному відповідають нормативним вимогам.

Таблиця 5.1

Показники фізіологічної повноцінності мінерального складу води із р. Дністер і водопровідної води (2010–2011)

Показник	Діапазон фактичних значень		Діапазон нормативних значень
	Вода із р. Дністер	Водопровідна вода	
Загальна твердість, ммоль/дм ³	3,70–5,40	3,5–5,4	1,5–7,0
Загальна лужність, ммоль/дм ³	2,75–3,90	2,9–4,1	0,5–6,5
Калій, мг/дм ³	1,60 ↓–8,45	3,9–8,2	2–20
Кальцій, мг/дм ³	30,06–74,15	46,1–74,15	25–75
Магній, мг/дм ³	12,16–40,74	11,55–20,67	10–50
Натрій, мг/дм ³	6,40– 33,80 ↑	15,8– 33,00 ↑	2–20
Сухий залишок, мг/дм ³	300,0–440,0	301,0–441,5	200–500
Фториди, мг/дм ³	0,19 ↓– 0,42 ↓	0,132 ↓– 0,32 ↓	0,7–1,2

Примітка. Тут і в табл. 5.2, 5.3 півжирним курсивним шрифтом виділено показники, значення яких вищі (↑) і нижчі (↓) за нормативні.

Лише в одному випадку вміст калію в річковій воді був нижчий від мінімального нормативного значення. Однак концентрації натрію вищі (↑) за максимальну норму (max N), а фторидів – нижчі (↓) мінімальної норми (min N). Якщо натрій і фториди (другий клас небезпеки) розглядати як санітарно-хімічні показники безпечності та якості питної води [5], то діапазон встановлених концентрацій натрію відповідає нормативним вимогам (≤ 200 мг/дм³), а фторидів – не відповідає їм ($\leq 0,7$ мг/дм³).

Як видно з рис. 5.2, вміст натрію лише в травні–вересні 2010 р. був нижчий за максимальну норму (max N), а інші місяці 2010–2011 рр. – перевищував її. Слід зазначити, що збільшення мінералізації природних вод супроводжувалось відповідними змінами вмісту низки основних катіонів: $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+$ [12]. Отже, такий низький діапазон нормативних значень натрію (2–20 мг/дм³) може асоціюватися з ультрапрісними водами, але в цьому випадку навряд чи витримуватиметься норматив питної води за сухим залишком (мінералізацією). Крім того, за дуже низької мінералізації (< 100 мг/дм³) істотно погіршується якість питної води у фізіологічному відношенні [13], демінералізована вода негативно впливає на процеси кровотворення [1].

Що стосується фторидів, то протягом усіх місяців 2010–2011 рр. їх вміст зазвичай не перевищував 0,2 мг/дм³, це набагато менше від нормативного діапазону (0,7–1,2 мг/дм³) і є типовим для поверхневих вод практично всіх регіонів України.

Якість річкової води залежить від природних чинників і рівня антропогенного навантаження на басейн р. Дністер, у нижній частині якого розміщений водозабір. У зв'язку зі збільшенням антропогенного навантаження на річковий басейн екологічний стан поверхневих питних вод істотно погіршився, тому альтернативним джерелом питного водопостачання населення Одеської ПМА можуть стати міжпластові напірні води, які захищені від прямих надходжень забруднювальних речовин, мають стабільний у часі хімічний склад, фізико-хімічні та мікробіологічні показники [13].

Якщо у поверхневих (річкових) водах відхилення від нормативних значень характерні лише для натрію і фторидів, то в ПВ верхньосарматського ВГ, що експлуатується бюветними комплексами у різних частинах Одеської ПМА (див. рис. 5.1), в діапазон нормативних значень не вписується практично жоден із визначуваних показників ФПМС (табл. 5.2).

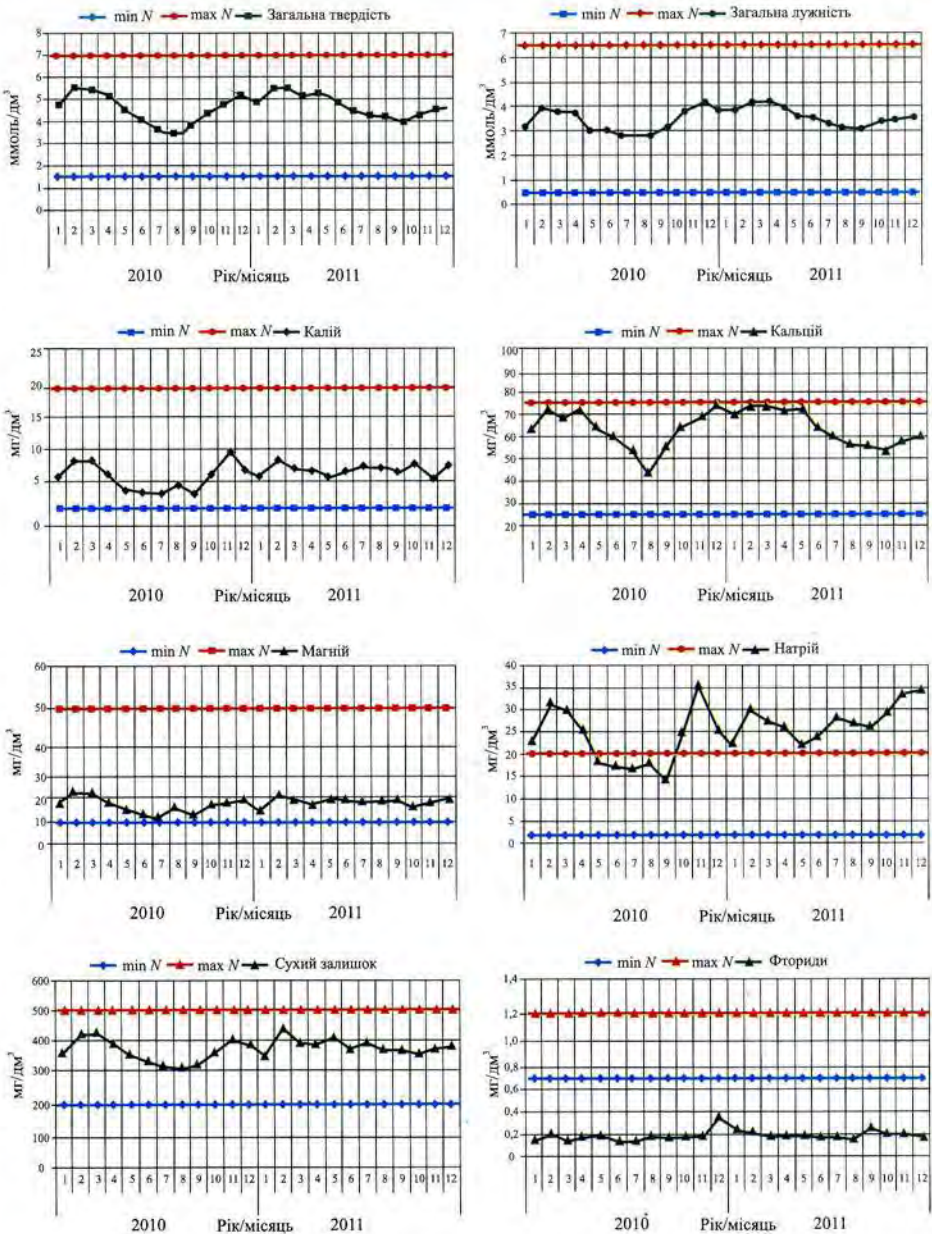


Рис. 5.2. Середньомісячні показники фізіологічної повноцінності мінерального складу водопровідної води Одеської промислово-міської агломерації

Таблиця 5.2

**Діапазон значень показників фізіологічної повноцінності
мінерального складу підземних вод бюветних комплексів
Одеської промислово-міської агломерації**

Показник	Діапазон фактичних значень		Діапазон
	2006–2007	2010–2011	
Загальна твердість, ммоль/дм ³	$\frac{1,80-9,20}{0,10\downarrow-3,60}$	$\frac{1,90-7,50\uparrow}{0,50\downarrow-3,20}$	1,5–7,0
Загальна лужність, ммоль/дм ³	$\frac{3,20-8,50\uparrow}{0,10\downarrow-4,00}$	$\frac{3,00-5,00}{0,80-4,50}$	0,5–6,5
Калій, мг/дм ³	$\frac{-}{0,30\downarrow-42,23\uparrow}$	$\frac{4,60-10,00}{1,00\downarrow-7,10}$	2–20
Кальцій, мг/дм ³	$\frac{-}{1,00\downarrow-24,24\downarrow}$	$\frac{13,0\downarrow-48,0}{3,00\downarrow-30,00}$	25–75
Магній, мг/дм ³	$\frac{-}{0,61\downarrow-29,19}$	$\frac{13,4-69,0\uparrow}{4,30\downarrow-26,10}$	10–50
Натрій, мг/дм ³	$\frac{-}{0,50\downarrow-198,76\uparrow}$	$\frac{125,0\uparrow-300,0\uparrow}{49,80\uparrow-175,00\uparrow}$	2–20
Сухий залишок, мг/дм ³	$\frac{363,60-4096,60\uparrow}{21,80\downarrow-742,00\uparrow}$	$\frac{652,3\uparrow-1203\uparrow}{141,0\downarrow-858,0\uparrow}$	200–500
Фториди, мг/дм ³	$\frac{-}{0,03\downarrow-0,61\downarrow}$	$\frac{-}{0,05\downarrow-0,64\downarrow}$	0,7–1,2

Примітка. Тут і в табл. 5.3: над ризикою – дані щодо підземних вод до очищення, під ризикою – після додаткового очищення у водоочисному комплексі.

Як видно з даних із табл. 5.2, всі показники ФПМС води верхньосарматського ВГ після очищення помітно знижуються. У разі додаткового очищення води з артезіанських свердловин у водоочисних комплексах проблема збалансованості фізіологічно важливих мінеральних компонентів ПВ вирішується лише частково, а в деяких випадках навіть поглиблюється.

Графіки середньомісячних значень показників ФПМС питних вод із бюветних комплексів Одеси (рис. 5.3), побудовані за даними досліджень 2006–2007 рр., ілюструють складніший характер розподілу порівняно з аналогічними графіками для водопровідної води [14]. Можливо, характер розподілу значень показників ФПМС питних ПВ багато в чому залежить від складових масиву інформації, тобто від даних конкретного показника з різних бюветних комплексів. При цьому необхідно враховувати природну гідродинамічну і гідрогеохімічну зональність ПВ, режимні умови та інші чинники.

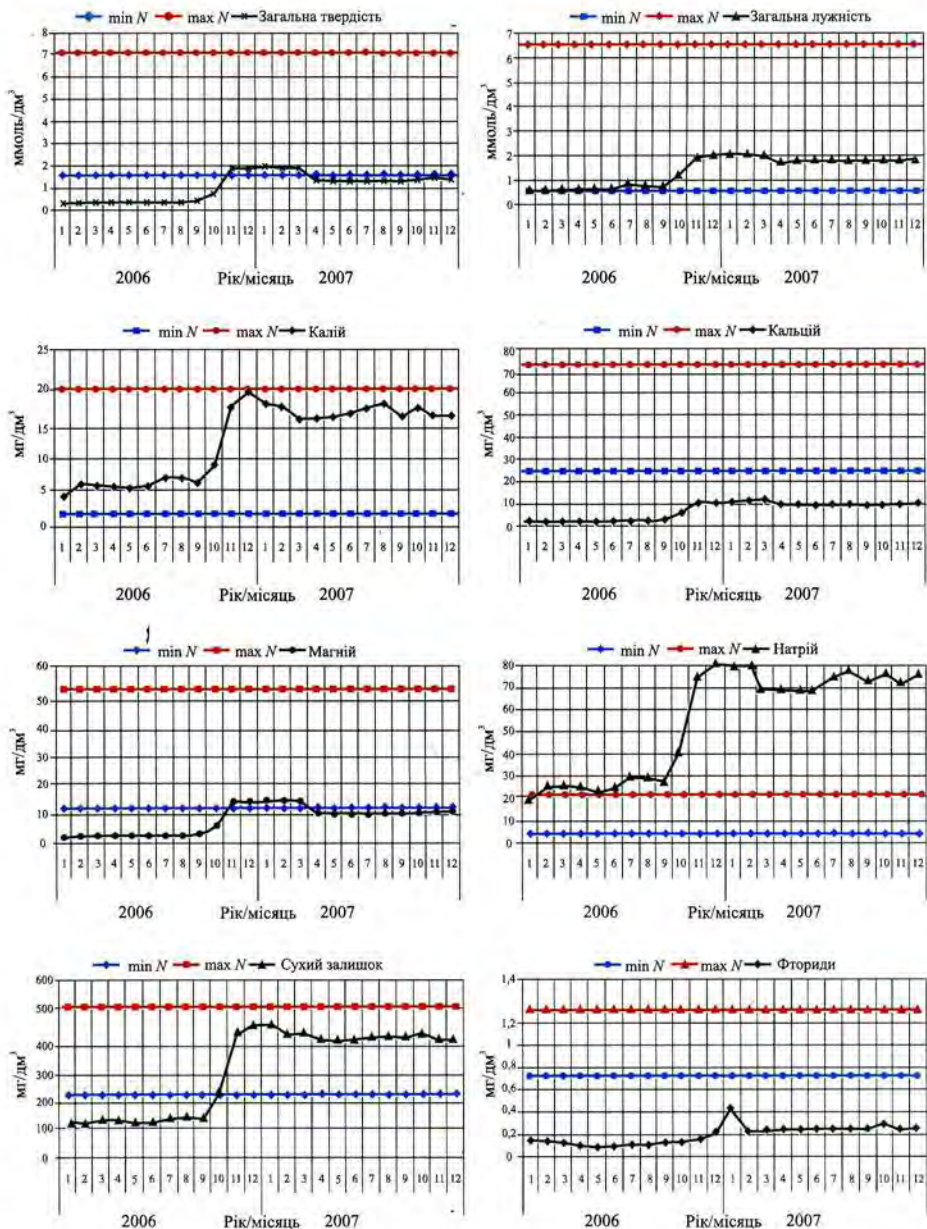


Рис. 5.3. Середньомісячні показники фізіологічної повноцінності мінерального складу питних вод із біюетних комплексів Одеської промислово-міської агломерації

У цьому зв'язку цікавими є дані щодо середніх значень деяких показників ФПМС бюветних вод (усереднено за 2006–2007 рр.) до і після очищення в окремих бюветних комплексах (табл. 5.3) [5].

Таблиця 5.3

Середні значення деяких показників фізіологічної повноцінності мінерального складу підземних вод з окремих бюветних комплексів Одеської промислово-міської агломерації

Номер бювета (<i>n</i> – кількість проб)	Загальна твердість, ммоль/дм ³	Загальна лужність, ммоль/дм ³	Сухий залишок, мг/дм ³
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
1 (<i>n</i> = 52)	$4,37 \pm 0,06$ $0,84(\downarrow) \pm 0,22$	$4,27 \pm 0,06$ $1,40 \pm 0,12$	$961,49(\uparrow) \pm 8,10$ $344,36 \pm 8,60$
2 (<i>n</i> = 52)	$3,51 \pm 0,04$ $0,71(\downarrow) \pm 0,12$	$5,34 \pm 0,05$ $1,09 \pm 0,10$	$1115,76(\uparrow) \pm 7,44$ $252,54 \pm 9,60$
3 (<i>n</i> = 52)	$3,75 \pm 0,02$ $1,08(\downarrow) \pm 0,14$	$4,68 \pm 0,05$ $1,70 \pm 0,18$	$910,22(\uparrow) \pm 3,20$ $386,85 \pm 26,44$
4 (<i>n</i> = 51)	$2,01 \pm 0,05$ $1,01(\downarrow) \pm 0,10$	$5,24 \pm 0,05$ $3,29 \pm 0,22$	$811,26(\uparrow) \pm 7,89$ $511,29 \pm 28,83(\uparrow)$
5 (<i>n</i> = 51)	$3,81 \pm 0,07$ $0,98(\downarrow) \pm 0,18$	$4,37 \pm 0,04$ $1,20 \pm 0,19$	$825,30(\uparrow) \pm 8,95$ $249,98 \pm 37,12$
6 (<i>n</i> = 44)	$4,47 \pm 0,09$ $1,00(\downarrow) \pm 0,19$	$4,33 \pm 0,06$ $0,98 \pm 0,18$	$903,04(\uparrow) \pm 13,60$ $237,87 \pm 41,13$
7 (<i>n</i> = 51)	$3,18 \pm 0,06$ $0,77(\downarrow) \pm 0,12$	$5,03 \pm 0,06$ $1,29 \pm 0,20$	$957,90(\uparrow) \pm 5,02$ $284,57 \pm 22,33$
8 (<i>n</i> = 49)	$4,58 \pm 0,04$ $1,14(\downarrow) \pm 0,22$	$4,42 \pm 0,06$ $1,52 \pm 0,19$	$1071,49(\uparrow) \pm 9,64$ $391,86 \pm 27,33$
9 (<i>n</i> = 52)	$7,65 \pm 0,05$ $1,80 \pm 0,30$	$3,89 \pm 0,05$ $1,42 \pm 0,20$	$1136,51(\uparrow) \pm 6,49$ $417,28 \pm 23,87$
10 (<i>n</i> = 52)	$4,78 \pm 0,04$ $1,01(\downarrow) \pm 0,20$	$4,28 \pm 0,05$ $1,04 \pm 0,17$	$1118,50(\uparrow) \pm 6,14$ $285,09 \pm 19,28$
11 (<i>n</i> = 51)	$8,88 \pm 0,07(\uparrow)$ $0,37(\downarrow) \pm 0,11$	$8,08(\uparrow) \pm 0,08$ $0,50 \pm 0,09$	$4069,92(\uparrow) \pm 6,35$ $263,73 \pm 48,37$
12 (<i>n</i> = 51)	$4,87 \pm 0,03$ $0,99(\downarrow) \pm 0,21$	$4,26 \pm 0,05$ $0,99 \pm 0,19$	$1094,05(\uparrow) \pm 7,60$ $253,45 \pm 29,04$
13 (<i>n</i> = 51)	$4,18 \pm 0,05$ $1,19(\downarrow) \pm 0,25$	$4,65 \pm 0,05$ $1,38 \pm 0,26$	$911,17(\uparrow) \pm 2,95$ $299,88 \pm 38,43$

Закінчення табл. 5.3

1	2	3	4
14 ($n = 48$)	$2,88 \pm 0,09$ $0,66(\downarrow) \pm 0,14$	$4,66 \pm 0,05$ $1,08 \pm 0,21$	$909,32(\uparrow) \pm 5,29$ $230,30 \pm 23,78$
15 ($n = 26$)	$7,60 \pm 0,02$ $1,46(\downarrow) \pm 0,54$	$3,80 \pm 0,06$ $0,78 \pm 0,24$	$1208,29(\uparrow) \pm 4,95$ $208,04 \pm 28,90$

На жаль, не за всіма показниками ФПМС питної ПВ є потрібна кількість даних для того, щоб судити про їх концентрації до і після очищення ПВ, тому середні значення та довірчий інтервал наведено лише для загальної твердості, загальної лужності та сухого залишку.

Як видно з даних табл. 5.3, в усіх бюветах ПВ до очищення характеризувалися середніми значеннями загальної твердості в межах нормативного діапазону, за винятком бюветного комплексу № 11 (сквер Заболотного), де вона дещо перевищувала нормативний максимум ($\max N$). Після очищення ПВ середнє значення загальної твердості практично в усіх бюветах було нижчим за мінімальну норму ($\min N$), окрім бювету № 9 (сквер Старобазарний), де воно дещо перевищувало мінімальну норму. Ці дані опосередковано вказують на дефіцит іонів Ca^{2+} і Mg^{2+} (але не на їх співвідношення) в ПВ, які використовують у питних цілях у більшості бюветних комплексів. При споживанні твердих питних вод порушується процес всмоктування жирів у кишечнику, що обумовлено утворенням Са-Mg-нерозчинних миль при омиленні жирів. У районах із жарким кліматом перебіг сечокам'яної хвороби погіршується за твердості води > 10 ммоль/дм³. Тверді води є причиною появи дерматитів, бо Са-Mg-мила чинять подразливу дію. Для пиття найпридатніша вода середньої твердості з невисоким вмістом Mg^{2+} , оскільки сульфати останнього порушують процеси всмоктування і моторну діяльність кишечника. Тому, за вмісту SO_4^{2-} у воді до 250 мг/дм³ вміст Mg^{2+} має бути не вищим за 30–50 мг/дм³, бажаний вміст Ca^{2+} – 75–100, максимальний – до 150 мг/дм³. Для м'яких питних вод іноді характерний високий природний вміст Na^+ , однак його надлишок слугує додатковим чинником розвитку деяких форм гіпертонічної хвороби. Підвищена твердість питних вод збільшує небезпеку розвитку захворювань ССС [15]. За мате-

ріалами Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), епідеміологічні дослідження, що проводилися в різних країнах протягом останніх 50 років, підтвердили зв'язок між зростанням кількості захворювань ССС з наступним летальним кінцем і споживанням м'якої ПВ [16]. Однак, як зазначалось вище, є низка праць, в яких йдеться, що такі показники ПВ, як твердість, вміст Ca^{2+} і Mg^{2+} не впливають на захворюваність ССС [1].

Концентрація кальцію протягом 2006–2007 рр. знаходилася в межах нормативних значень, тобто не досягала рівня мінімальної норми ($\text{min } N$). Доволі поширена думка, що наявність Ca^{2+} у ПВ призводить до затвердіння артерій, утворення каменів у нирках і захворювань печінки, фактичними даними не підтверджено. Кальцій, що має високу фізіологічну активність, виконує в організмі різноманітні функції, такі як формування кісткової тканини, мінералізація зубів, регуляція внутрішньоклітинних процесів, процесів нервової провідності та м'язових скорочень, підтримання стабільної серцевої діяльності. Надмірна кількість кальцію в організмі може спричинити артрит, остеодистрофію, остеопороз, м'язову слабкість та ін. Дефіцит кальцію є причиною 147 захворювань (остеопороз, тахікардія, аритмія, побіління рук і ніг, ниркова й печінкова коліки, підвищена дратівливість тощо). Наприклад, остеопороз – захворювання, що посідає 10-те місце за смертністю серед дорослого населення, обумовлене нестачею в організмі кальцію [16].

Вміст магнію (аналогічно загальній твердості) в листопаді–грудні 2006 р. і січні–березні 2007 р. незначно перевищував мінімальну норму ($\text{min } N$). Магній – найважливіший внутрішньоклітинний елемент, нормальний його рівень в організмі необхідний для забезпечення багатьох життєво важливих процесів, він зміцнює імунну систему. Надмірна кількість Mg чинить проносний ефект. За зниження концентрації Mg у крові розвиваються симптоми надмірного збудження нервової системи аж до судом. Зменшення вмісту Mg в організмі призводить до збільшення вмісту Ca, надмірна кількість Mg – до дефіциту Ca і P. Оскільки основна маса Mg надходить до організму людини з продуктами харчування, то питання щодо його вмісту в питних водах є дискусійним, але така форма магнію має вищий ступінь біонакопичення, ніж магній

у продуктах харчування. Припускають, що вміст Mg^{2+} у питних водах може бути вирішальним для людей, які споживають його в незначних кількостях із продуктами харчування, але п'ють воду з високим вмістом Mg^{2+} . Виявлено зв'язок між вмістом магнію у воді та серцевому, скелетному м'язах, коронарних артеріях [16].

Середня загальна лужність ПВ усіх бюветних комплексів як до, так і після очищення знаходяться в межах нормативних значень, що є позитивним чинником формування здоров'я населення. Незначне перевищення нормативної загальної лужності виявлено лише в ПВ бювету № 11 до очищення. Відомо, що лужні питні води сприяють подовженню тривалості життя населення на 20–30 %.

Згідно з даними табл. 5.2, на переважній частині території Одеської ПМА води верхньосарматського ВГ прісні й слабосолонуваті. Прісні води південної частини території – сульфатно-гідрокарбонатного натрієвого типу, прісні і слабосолонуваті центральної частини – сульфатно-хлоридного натрієвого типу, солонуваті й солоні північної частини – хлоридного натрієвого типу. Найбільш мінералізовані води приурочені до ділянок, розміщених на північ від Пересипу, що підтверджує найвищий вміст сухого залишку (понад 4000 мг/дм^3) у воді зі свердловини бюветного комплексу № 11 (сквер Заболотного), а також наявність Куяльницької мінеральної води ($3400\text{--}4200 \text{ мг/дм}^3$) сульфатно-гідрокарбонатно-хлоридного магнієво-натрієвого складу без специфічних компонентів і властивостей. Крім підвищеної мінералізації для ПВ такого типу характерні високі твердість, лужність, вміст калію і натрію, тому в питних цілях їх можна використовувати лише після додаткового очищення. Очищені ПВ з усіх досліджених бюветних комплексів характеризувались середнім вмістом сухого залишку в межах норми. Питна вода з підвищеною мінералізацією впливає на секреторну діяльність шлунка, порушує водно-сольовий баланс, що призводить до різних несприятливих фізіологічних відхилень в організмі (перегрів у спекотну погоду, порушення відчуття втамування спраги, збільшення гідрофільності тканин, зміна секреції шлунка, посилення його моторної функції, перистальтики кишечника тощо). Однак тривале споживання маломінералізованої води теж може

спричинити деякі несприятливі фізіологічні порушення в організмі (зокрема, зменшення вмісту хлоридів у тканинах) [15]. Споживання вкрай маломінералізованої ПВ негативно позначається на механізмах гомеостазу, обміні мінеральних речовин і води в організмі (посилнюється виділення рідини – розвивається діурез), що пов'язано з вимиванням внутрішньо- і позаклітинних іонів із біологічних рідин, їх негативним балансом. Де-мінералізована ПВ не тільки має незадовільні органолептичні характеристики, а й негативно впливає на організм людини. Можливі наслідки споживання ПВ, збідненої на мінеральні речовини, поділяються на такі категорії: прямий вплив на слизову оболонку шлунка, метаболізм і гомеостаз мінеральних речовин, інші функції організму; незначне надходження іонів Ca^{2+} і Mg^{2+} в організм; недостатнє надходження інших макро- і мікроелементів; втрати Ca^{2+} , Mg^{2+} та інших макроелементів у процесі приготування їжі; можливе збільшення надходження в організм токсичних металів.

Що стосується натрію, зафіксовано явне перевищення його максимальної норми (max N) протягом усього періоду спостережень. Відомо, що натрій – життєво важливий міжклітинний та внутрішньоклітинний елемент, який бере участь у створенні необхідної буферності крові, регулюванні кров'яного тиску, водного обміну, активуванні травних ферментів, регулюванні функціонування нервової та м'язової тканин. Із вмістом іонів Na^+ пов'язують також здатність тканин утримувати воду. За високої концентрації Na^+ (за одночасного дефіциту Ca^{2+}) утворюється специфічна лужна фосфатаза, що є біохімічним маркером таких захворювань, як остеопороз, остеомаліяція [17].

Концентрація калію протягом 2006–2007 рр. змінювалась у межах нормативних значень. Калій підтримує кислотно-лужний баланс крові, бере участь у передачі нервових імпульсів, активує роботу низки ферментів, м'язову роботу серця, сприятливо впливає на стан шкіри і функціонування нирок, чинить захисну дію проти небажаного впливу надлишку натрію, нормалізує тиск крові.

На жаль, майже немає даних щодо вмісту йоду в ПВ, але слід нагадати, що практично все населення України потерпає від його дефіциту [16]. Йод належить до життєво важливих мікроелемен-

тів. Основну його кількість людина отримує з добовим харчовим раціоном: з рослинною їжею – близько 70 мкг, з їжею тваринного походження – 40 мкг, з питною водою й атмосферним повітрям – 10 мкг [18]. Дефіцитною на йод вважають місцевість, де у питній воді міститься менш як 10 мкг/дм³, а щитоподібна залоза змінена більш як у 10 % населення. За хронічної нестачі йоду розвивається ендемічний зоб, затримується фізичний і розумовий розвиток дітей.

Концентрація фторидів у бюветних водах, як і у водопровідній воді [9, 14], не досягає рівня мінімальної норми (min *N*). У деяких працях, присвячених якості питних вод для дітей першого року життя, наведено такі дані: вміст фтору має бути не вищим за 0,3 мг/дм³, щоб запобігти розвитку флюорозу. Питні води розглядають як джерело кальцію (24–56 % добової потреби), вміст якого має становити 50–100 мг/дм³, а також як основне джерело надходження в організм фтору, з якої він засвоюється на 90–97 %. У доповіді ВООЗ «Фтор у питній воді», присвяченій цій проблемі, наведено останні наукові дані про поширеність фтору та наслідки його впливу на здоров'я. За недостатнього надходження фтору в організм знижується стійкість емалі зубів до кислих харчових продуктів та продуктів, що розкладаються бактеріями, що призводить до карієсу. Надмірне ж надходження фтору спричинює флюороз. Для клінічного флюорозу зубів характерні зміна забарвлення й ерозія зубної емалі. У складніших випадках можливе пошкодження всієї зубної емалі. При флюорозі скелета фтор протягом багатьох років поступово накопичується в кістках, що призводить до погіршення рухливості й болю в суглобах [2, 5]. Оскільки фтор є мікроелементом, для якого характерний відносно різкий перехід від фізіологічно корисних концентрацій до концентрацій, що спричинюють токсикоз, у вітчизняній і зарубіжній літературі наведені переконливі аргументи як прихильників, так і супротивників фторування питної води [16, 19]. У багатьох країнах світу прийнято регіональний принцип нормування вмісту фтору в питній воді, за яким його оптимальну концентрацію визначають за максимальною денною температурою повітря, оскільки вона залежить від кількості спожитої людиною води. Середньомісячні температури повітря (°C) наприклад в Одесі у 2008 р. (о 12 год) становили: січень –

0,39; лютий – 3,40; березень – 7,89; квітень – 11,83; травень – 17,40; червень – 24,20; липень – 25,50; серпень – 27,69; вересень – 19,52; жовтень – 15,65; листопад – 8,87; грудень – 3,45 (рис. 5.4).

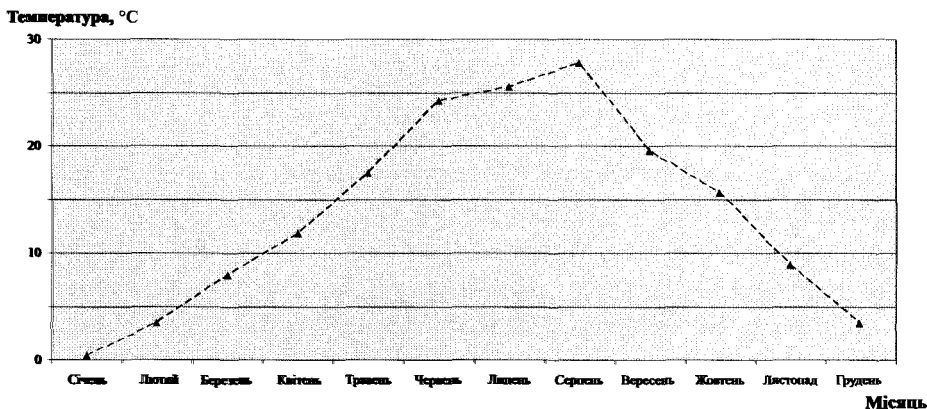


Рис. 5.4. Середньомісячна температура повітря в м. Одеса за даними спостережень 2008 р. (о 12 год)

Отже на підставі цих даних, концентрація фтору в питній воді протягом січня–квітня, листопада–грудня має становити 1,2 мг/дм³, у травні та вересні – 0,9, у червні–липні – 0,8, у серпні – 0,7 мг/дм³.

Висновки до розділу 5

Показники фізіологічної повноцінності мінерального складу питних вод, підготовлених з води р. Дністер, в основному відповідають нормативним вимогам, однак концентрації натрію в них вищі за максимальну норму, а фторидів – істотно нижчі.

Відхилення від нормативних значень характерні практично для всіх визначених показників фізіологічної повноцінності мінерального складу вод верхньосарматського водоносного горизонту.

Після очищення підземних вод у них на 40–50 % знижуються концентрації іонів Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, що ще більше провокує розвиток захворювань, зумовлених дефіцитом цих есенціальних елементів, тобто додатковим очищенням води з артезіанських сверд-

ловин у водоочисних комплексах проблему збалансованості фізіологічно важливих мінеральних компонентів у підземних водах вирішують лише частково, а в деяких випадках вона навіть загострюється.

Дефіцит фторидів у питних водах потребує обґрунтування значущості їх фторування як засобу профілактики карієсу зубів серед широких верств населення.

Довготривале споживання питних вод із незбалансованим мінеральним складом може бути одним із негативних чинників впливу на здоров'я населення Одеської ПМА, тому необхідні подальші спеціальні дослідження цієї проблеми.

Список літератури до розділу 5

1. *Иванов А.В.* Современные представления о влиянии питьевой воды на состояние здоровья населения / А.В. Иванов, Е.А. Тафеева, Н.Х. Давлетова, К.В. Вавашкин // *Вода: химия и экология.* – 2012. – № 3. – С. 48–53.
2. *Ворохта Ю.М.* Гігієнічна оцінка впливу мінерального складу питних вод на здоров'я населення: Автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.02.01 / Ю.М. Ворохта. – Київ, 2007. – 22 с.
3. *Прокопов В.О.* Вплив мінерального складу питної води на стан здоров'я населення (огляд літератури) / В.О. Прокопов, О.Б. Липовецька // *Гігієна населених місць.* – 2012. – № 59. – С. 63–73.
4. *Державні санітарні правила і норми «Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання»* (ДСанПіН № 383–96). – Київ, 1996.
5. *Державні санітарні норми і правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною»* (ДСанПіН 2.2.4-171–10). – Київ, 2010.
6. *Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора* (ГОСТ 2761–84). – М., 1986.
7. *Санитарные нормы и правила охраны поверхностных вод от загрязнения* (СанПиН № 4630–88). – М., 1988.

8. Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні і екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання (ДСТУ 4808:2007). – Київ, 2007.
9. Сафранов Т.А. Якість джерела централізованого водопостачання Одеської промислово-міської агломерації / Т.А. Сафранов, К.Д. Гусєва, А.А. Поліщук [та ін.] // Вісн. ОДЕКУ. – 2011. – № 11. – С. 3–16.
10. Войтенко А.М. Подземная вода как источник воды бытовых комплексов г. Одессы / А.М. Войтенко, Н.Ф. Петренко [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ecologylife.ru/odesski-region/podzemnaya>.
11. Самарина В.С. Гидрогеохимия / В.С. Самарина. – Л., 1977. – 359 с.
12. Хільчевський В.К. Про деякі сучасні напрямки гідрохімічних та гідроекологічних досліджень / В.К. Хільчевський, М.І. Ромась, В.М. Савицький // Наук. праці УкрНДГМІ. – 2003. – Вип. 251. – С. 84–94.
13. Рудько Г.І. Стратегія використання ресурсів питних підземних вод для водопостачання населення України / Г.І. Рудько // Матеріали І наук.-практ. семінару «Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування», Трускавець, 10–14 листопада 2014 р. – ДКЗ України. – Київ: ДКЗ, 2014. – С. 341–346.
14. Сафранов Т.А. Физиологическая полноценность минерального состава питьевых вод Одесской агломерации / Т.А. Сафранов, А.А. Поліщук, А.І. Волков [та ін.] // Вісн. ОДЕКУ. – 2013. – № 15. – С. 5–16.
15. Акулов К.И. Коммунальная гигиена / К.И. Акулов, К.А. Буштуева, Е.И. Гончарук [и др.] / Под ред. К. И. Акулова, К. А. Буштуевой. – М.: Медицина, 1986. – 608 с.
16. Вступ до медичної геології. У 2 т. / За ред. Г.І. Рудька, О.М. Адаменка. – К.: Академпрес, 2010. – Т. 1 – 736 с.; Т. 2 – 448 с.
17. Рудько Г.И. Научные и методологические основы медицинской геологии. / Г.И. Рудько, А.В. Нецкий // Матеріали І наук.-практ. семінару «Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування», Трускавець, 10–14 листопада 2014 р. – ДКЗ України. – Київ: ДКЗ, 2014. – С. 276–279.

18. *Розен Б.Я.* Геохимия брома и йода / Б.Я. Розен – М.: Недра, 1970. – 142 с.
19. *Кузубова Л.И.* Химические методы подготовки воды (хлорирование, озонирование, фторирование): Аналит. обзор / Л.И. Кузубова, В.Н. Кобрина. – Новосибирск: СО РАН, ГННТБ, НИОХ, 1996. – Сер. Экология. – Вып. 2. – 132 с.

РОЗДІЛ 6

МІНЕРАЛЬНІ ЙОДО-БРОМНІ ВОДИ – БІОЛОГІЧНА ДІЯ ТА ПРАКТИЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ НА КУРОРТІ БЕРДЯНСЬК

*(К.Д. Бабов, О.М. Нікіпелова, А.Л. Погребний,
Б.А. Насібуллін, С.Г. Гуца)*

Курорт «Бердянськ» розташований на узбережжі Азовського моря в межах Запорізької області, на прилеглій території Бердянської коси. Тут функціонує кілька санаторно-курортних закладів ЗАТ «Укрпрофоздоровниця» – санаторії «Бердянськ», «Лазурний», «Азов-3», приватний санаторій «Нива».

У геоструктурному відношенні територія курорту знаходиться в зоні зчленування південно-східної частини Українського щита (Приазовський кристалічний масив) і північного борту Причорноморської западини. Загальне падіння водовмісних порід – у південному й південно-східному напрямках у бік Чорного моря. Серією глибинних розломів територія розділена на низку піднятих та опущених структур (горстів і грабенів), які розділені між собою серією порушень скидового характеру.

Умови формування мінеральних вод ділянки курорту «Бердянськ» (поширення, живлення, розвантаження) обумовлені геолого-структурними особливостями Бердянського грабена. В межах структури формуються мінеральні води різноманітних хімічного складу та мінералізації, які використовуються у лікувальній практиці санаторно-курортними закладами. Води пов'язані з різними стратиграфічними підрозділами й літологічними відмінностями порід неогенової, палеогенової та крейдяної систем.

Дані щодо підземних мінеральних вод, які використовуються на курорті «Бердянськ», та їх запаси наведено в табл. 6.1.

Експлуатаційні запаси мінеральних вод курорту «Бердянськ»

Санаторій	Номер свердловини	Водоносний горизонт	Тип води	Запаси за категоріями, м ³ /доба			Дата та номер протоколу затвердження запасів
		Інтервал залягання, м		А	В	С ₁	
1	2	3	4	5	6	7	8
«Бердянськ»	1602-г	$\frac{N_1 s_2}{105,0-124,5}$	Хлоридні натрієві високомінералізовані (11,0–16,0 г/дм ³)	672	–	–	ДКЗ СРСР від 30.08.1988 № 10508
	1605-г	$\frac{N_1 t-s_1}{223,0-241,5}$	Йодо-бромні, борні хлоридні натрієві розсоли (35,0–45,0 г/дм ³)	484	–	–	
«Лазурний»	1, 2	$\frac{N_1 s_2}{121,0-123,4}$	Хлоридні натрієві високомінералізовані (12,0–14,0 г/дм ³)	–	–	–	Не затверджено
	746-г, 748-г	$\frac{K_2}{554,0-582,0}$	Бромні хлоридні натрієві розсоли (57,1–60,0 г/дм ³)	1788	–	588	ДКЗ СРСР від 10.08.1980 № 8582

Закінчення табл. 6.1

1	2	3	4	5	6	7	8
«Азов-3»	1-А	$\frac{N_1 s_2}{131,2-144,0}$	Хлоридні натрієві високомінералізовані (11,5–14,5 г/дм ³)	–	120	–	ДКЗ України від 24.04.2008 № 1493
«Нива»	1359	$\frac{N_1 t-s_1}{220,0-233,5}$	Йодо-бромні, борні хлоридні натрієві розсоли (35,0–45,0 г/дм ³)	250	250	–	УТКЗ від 28.10.1986 № 4587

У зазначеній частині басейну всі водоносні горизонти утворюють єдину водонапірну систему з регіональною зоною живлення, якою є Приазовський кристалічний масив. Для підземних вод характерна вертикальна й горизонтальна гідрохімічна зональність, обумовлена геологічною будовою району. В міру занурення порід у південному напрямку збільшується мінералізація і змінюється хімічний склад вод (рис. 6.1). На території курорту в гідрохімічному розрізі переважають води хлоридного натрієвого складу, загальна мінералізація яких збільшується з глибиною до 60–70 г/дм³.

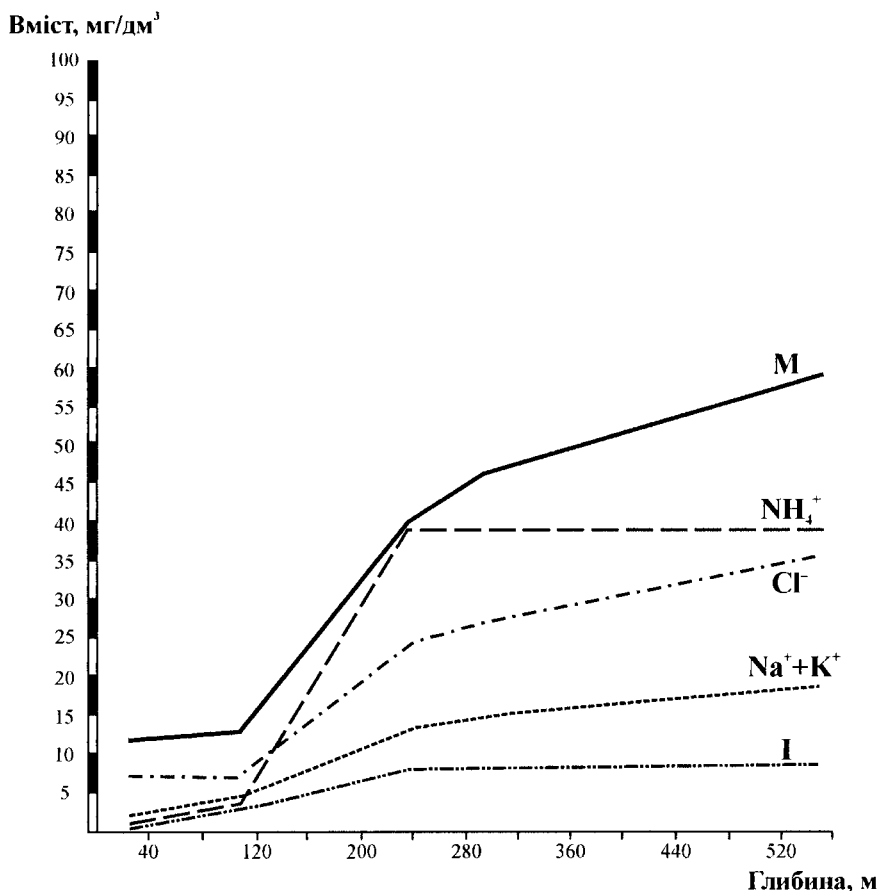


Рис. 6.1. Залежність загальної мінералізації (М) мінеральних вод та вмісту в них біологічно активних компонентів і сполук від глибини залягання

Води, в яких концентрація йоду та бромю досягає бальнеологічних норм, формуються у відкладах середнього сармату, у водовмісних породах глибшого залягання тортон–нижньосарматських відкладах неогенової системи та відкладах верхньої крейди.

6.1. Мінеральні води середньосарматських відкладів неогенової системи

На території курорту мінеральні води середньосарматських відкладів експлуатуються на трьох ділянках: санаторії «Азов-3» (св. № 1-А), «Лазурний» (св. № 1, 2), «Бердянськ» (св. № 1602-г, 4). Продуктивний водоносний горизонт розкрито свердловинами на глибині 100–138 м (табл. 6.2). Водовмісні породи представлені дрібнозернистими пісками, вапняками. В підошві й покрівлі водоносного горизонту залягають глини неогенового віку.

Напір вод горизонту перевищує 100 м. Величина напору підземних вод збільшується у південному напрямку, в бік занурення водовмісних порід. Статичний рівень вод встановлюється практично на рівні поверхні землі. Дебіти свердловин змінюються від 120,0 до 648,0 м³/доба за зниження рівня на 2,6–10,0 м.

На ділянках санаторіїв «Азов-3» і «Бердянськ» затверджено експлуатаційні запаси мінеральних вод середньосарматського горизонту у кількості 792 м³/доба.

Мінеральні води у відкладах середнього сармату формуються у зоні ускладненого водообміну, що обумовлює специфіку їх хімічного складу – води високомінералізовані хлоридні натрієві з підвищеним вмістом йоду, бромю, бору. Загальна мінералізація вод 12,2–14,0 г/дм³, вміст йоду – до 7,0, бромю – 14,0–40,0, ортоборної кислоти – 10,0–57,0 мг/дм³ (табл. 6.3). Основний фізико-хімічний склад високомінералізованих вод стабільний, що підтверджено результатами сучасних досліджень.

Геолого-гідрологічні параметри свердловин курорту «Бердянськ»

Санаторій	Номер свердловини	Глибина свердловини, м	Водовмісні породи	Інтервал глибин залягання, м	Статичний рівень, м	Зниження, м	Дебіт, м ³ /доба
Водоносний горизонт у відкладах середньосарматського ярусу неогенової системи							
«Азов-3»	1-А	160,0	Піски, вапняки	138,0–150,0	0,30	10,0	120,0
«Лазурний»	1	125,0		121,0–123,4	1,70	5,2	648,0
	2	125,0		100,4–117,0	0,40	3,5	600,0
«Бердянськ»	1602-г	126,0		105,0–124,5	+0,3	2,6	244,8
	4	130,0		100,0–116,8	+0,4	2,9	446,4
Водоносний горизонт тортон–нижньосарматських відкладів неогенової системи							
«Бердянськ»	1605-г 5	250,0	Піски	223,0–241,5 223,0–241,5	+1,0	5,9	648,0 576,0
«Нива»	1359-г	250,0	Піски	220,0–233,0	+5,4	5,9	199,2
Водоносний горизонт у відкладах верхньої крейди							
«Лазурний»	746-г	628,8	Піски	554,0–582,0	+2,5	31,0	576,0
	748-г	598,2		529,1–580,0	+1,4	21,1	916,8

Основний фізико-хімічний склад мінеральних

Санаторій Номер свердловини	Період досліджень, рік	Компоненти, г/дм ³				
		Na ⁺ +K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
Мінеральні води середньосарматських						
<u>«Азов-3»</u> 1-А	1997–2007	4,2–5,0	0,1–0,3	0,1–0,3	7,0–8,3	< 0,1
<u>«Лазурний»</u> 1, 2	2007–2011	4,2–4,7	0,2–0,3	0,1–0,4	7,2–8,2	< 0,1
<u>«Бердянськ»</u> 1602-г, 4	2010–2012	4,4–4,6	0,2–0,3	0,1–0,3	7,8–8,0	< 0,1
Мінеральні води тортон–нижньосарматських						
<u>«Бердянськ»</u> 1605-г, 5	2008–2011	12,0–13,3	0,9–1,1	0,6–0,8	22,7–24,9	< 0,1
<u>«Нива»</u> 1359-г	2006–2011	12,9–13,5	1,0–1,1	0,6–0,7	23,4–24,2	< 0,1
Мінеральні води						
<u>«Лазурний»</u> 746-г, 748-г	2007–2011	17,9–20,0	1,6–1,8	1,2–1,5	34,2–37,3	< 0,1

Таблиця 6.3

ікувальних вод курорту «Бердянськ»

HCO ₃ ⁻	Мінералізація, г/дм ³	Формула	Вміст, мг/дм ³		
			I	Br	H ₃ BO ₃
Відкладів неогену (N ₁ s ₂)					
0,4–0,6	12,2–14,0	$\frac{Cl^- 95-97}{(Na^++K^+) 88-90}$	2,0–7,0	15,0–40,0	10,0–50,0
0,4–0,5	12,4–14,0	$\frac{Cl^- 96-97}{(Na^++K^+) 86-88}$	1,0–5,0	14,0–33,0	17,0–57,0
0,4–0,5	13,3–13,6	$\frac{Cl^- 96-97}{(Na^++K^+) 88-89}$	1,9–4,1	22,0–24,0	43,0–50,2
Відкладів неогену (N ₁ t-s ₁)					
0,4–0,5	37,2–41,1	$\frac{Cl^- 96-99}{(Na^++K^+) 82-88}$	6,0–8,0	70,0–84,0	58,0–62,0
0,4–0,5	38,5–39,7	$\frac{Cl^- 99 HCO_3^-}{(Na^++K^+) 82-88}$	3,8–6,3	79,0–99,0	22,3–45,6
Бердянських відкладів (K ₂)					
0,3–0,4	56,0–60,5	$\frac{Cl^- 99-100}{(Na^++K^+) 80-82}$	5,0–9,0	51,0–88,0	26,0–58,0

За органолептичними показниками води прозорі, безбарвні, солоні на смак, зі слабким запахом сірководню. Для них характерна нейтральна–слаболужна реакція – рН 6,8–8,3. Температура води – 13,0–16,0 °С.

До складу мінеральних вод входять різноманітні компоненти та сполуки, вміст яких задовольняє вимоги чинних нормативних документів щодо мінеральних природних лікувальних вод (табл. 6.4).

Таблиця 6.4

Компоненти і сполуки, що входять до складу мінеральних лікувальних вод курорту «Бердянськ»

Компонент, сполука	Вміст, мг/дм ³			Компонент і сполука, що нормується ДСТУ 42.10-02-96, не більш як
	Середній сармат, св. № 1-А, 1, 2, 4, 1604-г	Тортон-нижній сармат, св. № 5, 1605-г, 1359-г	Верхня крейда, св. № 746-г, 748-г	
1	2	3	4	5
Йод	1,0–7,0	3,8–8,0	5,0–9,0	–
Бром	14,0–40,0	70,0–99,0	51,0–88,0	–
Метакремнієва кислота	16,8–27,8	20,2–30,7	38,0–48,9	–
Ортоборна кислота	10,0–57,0	22,3–62,0	26,0–58,0	–
Арсен	0,01–0,1	0,02–0,1	0,02–0,08	–
Залізо загальне	1,1–5,0	8,5–10,5	1,9–2,2	–
Радон, Бк/дм ³	2,0–3,0	1,2–8,7	< 1,0	–
Діоксид вуглецю	17,9–139,0	82,6–233,7	152,1–200,0	–
Сірководень	0,1–1,1	0,1–1,2	0,3–1,0	–
Вуглець органічний	3,2–4,3	3,2–3,5	2,2–2,9	30,0
Амоній	1,3–16,3	26,1–43,6	31,2–37,9	–
Нітрити	< 0,008	< 0,008	< 0,008	2,0

Закінчення табл. 6.4

1	2	3	4	5
Нітрати	< 0,34	< 0,34	< 0,34	50,0
Кадмій	0,001–0,005	0,001–0,003	< 0,002	0,01
Ртуть	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,02
Селен	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,05
Свинець	0,001–0,04	0,001–0,08	0,01–0,06	0,1
Ванадій	0,001–0,3	0,001–0,3	0,03–0,07	0,4
Хром	0,001–0,2	0,001–0,2	0,01–0,03	0,5
Мідь	0,001–0,04	0,003–0,07	0,03–0,07	1,0
Уран	< $7,0 \cdot 10^{-3}$	< $2,0 \cdot 10^{-3}$	< $2,0 \cdot 10^{-3}$	1,8
Радій	< $1,0 \cdot 10^{-9}$	< $5,0 \cdot 10^{-8}$	< $1,0 \cdot 10^{-9}$	$5,0 \cdot 10^{-7}$
Цинк	0,0005–0,2	0,002–0,2	0,1–0,6	5,0
Фтор	0,1–0,6	0,1–0,2	0,1–0,6	10,0
Стронцій	5,8–25,0	6,3–18,8	19,7–23,2	25,0
Феноли	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	0,001

У мікробному ценозі вод виявлено життєздатні мікроорганізми різних еколого-фізіологічних груп, характерні для природних високомінералізованих підземних вод (табл. 6.5, 6.6), які можуть бути продуцентами біологічно активних речовин (каталази, протеази тощо), непатогенні для організму людини.

Експериментальними дослідженнями на тваринах за зовнішнього застосування високомінералізованих вод верхньосарматських відкладів встановлено:

- МВ за курсового зовнішнього застосування безпечні для організму, характеризуються односпрямованою біологічною активністю;
- МВ чинять виражену заспокійливу дію на ЦНС, майже не впливають на емоційну сферу;
- МВ не впливають на інтенсивність сечоутворення, стимулюють іонорегульовальну функцію нирок;
- МВ дещо підвищують функціональну активність печінки; порушень секреторної активності підшлункової залози не виявлено;

- МВ не впливають на показники периферичної крові; можливі тенденції до стимулювання захисно-приспосувальних процесів;
- МВ не викликають змін в органах-цілях.

Таблиця 6.5

Висіюваність мікроорганізмів різних таксономічних груп із мінеральних вод курорту «Бердянськ», КУО*/см³

Мікроорганізм	Кількість		
	Середній сармат, св. № 1-А, 1, 2, 4, 1604-г	Тортон-нижній сармат, св. № 5, 1605-г, 1359-г	Крейда, св. № 746-г, 748-г
Сапрофіти-продуценти каталази	10 ² -10 ³	0	1-10 ²
Мікроорганізми, які засвоюють органічний азот	10 ² -10 ³	0	0-10
Олігокарботрофні	10-10 ³	0-10 ³	0
Гетеротрофні бактерії – продуценти амінокислот	0-10 ²	0	0-1
Амілолітичні	0-10 ²	0	0
Залізоокиснювальні	0-10 ²	0	0
Манган-окиснювальні	0	0	0
Міксобактерії	0	0	0
Спороутворювальні	0	0	0
Актиноміцети	0	0	0
Стрептоміцети	0	0	0
Дріжджі	0	0	0
Мікроміцети	0	0	0

* Колонієутворювальні одиниці

Таблиця 6.6

Кількість мікроорганізмів різних еколого-фізіологічних груп, виділених із мінеральних вод курорту «Бердянськ», КУО/см³

Мікроорганізм	Кількість		
	Середній сармат	Тортон–нижній сармат	Крейда
Маслянокислі	10 ² –10 ⁴	1	0–10 ²
Жиророзщеплювальні	0–10	0	0
Вуглеводнеокиснювальні	0	0	0
Сульфатвідновлювальні (<i>Desulfovibrio desulfuricans</i>)	0–10	0	0
Тіонові (<i>Thiobacillus thioparus</i>)	10–10 ²	1	0–1
Амоніфікувальні аероби	10 ⁴ –10 ⁵	1–10	10–10 ³
продуценти H ₂ S	10 ⁴ –10 ⁵	0	0
продуценти NH ₃	10 ³ –10 ⁵	1–10	0–10 ³
Амоніфікувальні анаероби	10 ³ –10 ⁵	10	1–10 ⁴
продуценти H ₂ S	10–10 ⁵	10–10 ⁴	0–10 ⁴
продуценти NH ₃	0–10	0	0
Денітрифікувальні	0	0	0
Целюлозоруйнівні аероби	0	0	0
Целюлозоруйнівні анаероби	0	0	0
Метаноутворювальні	10–10 ³	10–10 ²	0

Отримані експериментальні дані дали підставу рекомендувати МВ для проведення клінічних випробувань. При клінічних випробуваннях було враховано заспокійливий вплив МВ на ЦНС, стимулювання іонорегулювальної функції нирок, підвищення функціональної активності печінки та тенденції до стимулювання захисно-приспосувальних процесів.

За результатами доклінічних досліджень і клінічних випробувань щодо мінеральних вод у відкладах середнього сармату ді-

лянок курорту «Бердянськ» складено Медичні (бальнеологічні) висновки, розроблено інструкції щодо їх практичного використання у лікувальній практиці за зовнішнього застосування.

У медичному (бальнеологічному) висновку наведено медичні показання й протипоказання до використання МВ у лікувальній практиці, вимоги ДСТУ 42.10-02-96 «Води мінеральні лікувальні. Технічні умови» щодо безпечності для здоров'я людини.

Медичний (бальнеологічний) висновок від 28.05.2013 р. № 399 щодо мінеральних природних лікувальних вод свердловин № 1602-г та № 4 санаторію «Бердянськ» містить такі дані

Медичні показання:

- G 54.0, G 90.9 захворювання нервової системи (нервових корінців, розлади вегетативної нервової системи);
- I 10, I 15, I 20.9 захворювання системи кровообігу (ішемічна хвороба серця, гіпертонічна хвороба);
- M 15.0–M 19.0 захворювання кістково-м'язової системи (посттравматичні артрози, деформуючі поліостеоартрози);
- I 41.0, I 42.0, I 44, 0 I 44.8, I 44.9 захворювання органів дихання (хронічний катаральний бронхіт, хронічне обструктивне захворювання легенів);
- E 11 захворювання ендокринної системи (сахарний діабет II типу легкого та середнього ступенів тяжкості у стані компенсації й субкомпенсації);
- N 70.1, N 73.1 захворювання жіночої статеві сфери (хронічний сальпінгіт, оофорит, параметрит);
- N 41.1 захворювання чоловічої статеві сфери (запальні хвороби передміхурової залози в стадії ремісії).

Протипоказання:

- A 00–B 99 гострі інфекційні захворювання;
- A 15–A 19 усі форми туберкульозу;
- C 00–C 97 злякисні новоутворення;
- D 25.9 фіброміома матки;
- G 40–41 епілепсія;
- N 93.9 патологічні маткові й піхвові кровотечі.

Усі захворювання в гострій стадії, хронічні захворювання в стадії загострення.

Медичний (бальнеологічний) висновок від 06.09.2011 р. № 335 щодо мінеральних природних лікувальних вод свердловин № 1 і 2 санаторію «Лазурний» містить такі дані

Медичні показання:

I. За захворювання кістково-м'язової системи та сполучної тканини

- М 02 реактивні артропатії, фази нестійкої та стійкої ремісії;
- М 03 післяінфекційні та реактивні артропатії при хворобах, класифікованих в інших рубриках, фази нестійкої та стійкої ремісії;
- М 05 серопозитивний ревматоїдний артрит повільно прогресуючий перебіг, не вищий від I ступеня активності, рентгенологічні стадії I–III;
- М 06 інший ревматоїдний артрит не вищий від I ступеня активності;
- М 15–19 артрози великих і малих суглобів I–III стадій без вираженого синовіту;
- М 42, 43 деформуючі дорсопатії (остеохондроз хребта та інші), фази нестійкої та стійкої ремісії;
- М 45 анкілозуючий спондилілоартрит (хвороба Бехтерева) не вище від I ступеня активності;
- М 16.4, 16.5 післятравматичний коксартроз двосторонній, інші післятравматичні коксартрози, фаза стійкої ремісії, рентгенологічні стадії I–III;
- М 54 дорсалгія (М 54.1–54.6, М 54.8 та інші), фази нестійкої та стійкої ремісії.

II. За захворювання серцево-судинної системи

- I 20 стенокардія (I–II функціональний клас) з серцевою недостатністю (СН) не вищою від I стадії, без порушень серцевого ритму і провідності, за стабільного перебігу захворювання;
- I 25 хронічна ішемічна хвороба серця із СН не вищою від I стадії, без порушень серцевого ритму і провідності, за недостатності кровообігу не вищої від I стадії);

- I 10 гіпертонічна хвороба I, II стадії за недостатності кровообігу не вища від I стадії;
- I 95 есенціальна гіпотензія.

III. Захворювання центральної нервової системи

- F 48.9 неврози;
- C 90, F 45.3 нейроциркуляторна дистонія;
- I 69 астеноневротичні розлади;
- I 67.2 церебральний атеросклероз;
- I 67.8 інші уточнені ураження судин мозку.

IV. Захворювання периферичних судин

- I 70 облітеруючий атеросклероз судин кінцівок у стані компенсації та субкомпенсації кровообігу кінцівок;
- I 73.1 облітеруючий ендартеріїт у стані компенсації та субкомпенсації кровообігу кінцівок, період стійкої ремісії;
- I 83 варикозне розширення вен нижніх кінцівок.

V. Гінекологічні захворювання

- N 70 сальпінгіт та оофорит, хронічна стадія в період ремісії, не раніше ніж через 2 міс після останнього загострення за нормальної температури, відсутності порушень у лейкоцитарній формулі та швидкості осадження еритроцитів (ШОЕ);
- N 71 (71.1, 71.9) запальна хвороба матки, за винятком шийки матки (хронічний метрит та ендометрит); після закінчення гострого періоду не раніше, ніж через 2 міс, за нормальної температури, відсутності порушень у лейкоцитарній формулі та ШОЕ;
- N 73 (73.1, 73.2, 73.6) хронічний параметрит, тазові спайки очеревини; після закінчення гострого періоду не раніше, ніж через 2 міс, за нормальної температури, відсутності порушень у лейкоцитарній формулі та ШОЕ; після перенесеного запального процесу в малому тазу, після операції позаматкової вагітності, апоплексії яєчника, запальних тубооваріальних утворень, реконструктивних операцій; тазові гангліоневрити; за наявності відомостей про результати гістологічного дослідження та об'єм оперативного втручання;

- N 97 безплідність жіноча; первинна, вторинна, спричинена перенесеним запальним захворюванням із непрохідністю маткових труб, гіпофункцією яєчників, гіпоплазією матки.

VI. Захворювання органів чоловічої статеві системи

- N 41 (41.1) запальні хвороби передміхурової залози (хронічний простатит), неускладнені форми хронічного неспецифічного простатиту з репродуктивною та (або) еректильною дисфункцією, больовим синдромом чи без нього, з тенденцією до частих загострень; поза фазою загострення.

VII. Захворювання біліарної системи

- K 81.1 хронічні захворювання жовчного міхура, у фази нестійкої та стійкої ремісії;
- K 83 інші хвороби жовчних шляхів різного походження у фази нестійкої та стійкої ремісії.

VIII. Захворювання органів дихальної системи

- J 41.0 простий хронічний бронхіт.

IX. Захворювання ендокринної системи

- E 11 цукровий діабет.

Протипоказання:

Загальні

- усі захворювання в запальній стадії, хронічні захворювання у стадії загострення та ускладнені гострогнійними процесами;
- гострі інфекційні захворювання до завершення терміну ізоляції;
- усі венеричні захворювання в гострій або заразній стадії;
- психічні захворювання; всі форми наркоманії і хронічного алкоголізму, епілепсія;
- усі хвороби крові в запальній стадії і стадії загострення;
- кахексія будь-якого походження;
- злякисні новоутворення;
- усі захворювання та стани, що потребують стаціонарного лікування, в тому числі хірургічного втручання; всі захворювання, за яких хворі неспроможні до самостійного руху і самообслуговування, потребують постійного спе-

ціального догляду (крім осіб, які підлягають лікуванню в спеціалізованих санаторіях для спінальних хворих);

- ехінокок будь-якої локалізації;
- кровотечі, що часто повторюються або з великою втратою крові;
- вагітність у всі терміни;
- усі форми туберкульозу в активній стадії (А 15–А 19);
- гіпертиреоз;
- захворювання нирок із порушенням їх функції;
- захворювання серцево-судинної системи з недостатністю кровообігу;
- наслідки септичного тромбофлебиту;
- варикозне розширення вен;
- період лактації у жінок.

Спеціальні

- М 65 виражений синовіт;
- М 05 ревматоїдний артрит вищий від I ступеня активності;
- М 16.4, 16.5 післятравматичний коксартроз у стадії загострення;
- М 54.0–М 54.9 остеохондроз хребта у стадії загострення;
- N 70.1 гідросальпінкс;
- N 70.0 гострий сальпінгіт та оофорит;
- N 80–N 80.9 ендометріоз;
- N 82–N 82.9 міхурово-кишково-піхвові нориці;
- N 83.0–N 83.2 кісти яєчників;
- N 84.1 поліп шийки матки;
- N 85.3 субінволюція матки після аборту;
- N 86 ерозія та ектропіон шийки матки протягом 2 міс після лікування;
- N 87 дисплазія шийки матки;
- N 88.0 лейкоплакія шийки матки;
- N 91.0 первинна аменорея;
- N 91.2 аменорея неуточнена;
- N 92.0 надмірні й часті менструації з регулярним циклом;
- N 92.1 надмірні й часті менструації з нерегулярним циклом;

- N 92.6 нерегулярна менструація неуточнена;
- D 25 лейоміома матки (стани, пов'язані з гіперестрогенією);
- D 27 доброякісні новоутворення яєчника та інших статевих органів;
- Z 32.1 вагітність у всі терміни;
- O 01 пухирний занос в анамнезі;
- N 41 (41.1) хронічний простатит у стадії загострення.

6.2. Мінеральні води тортон–нижньосарматських відкладів неогенової системи (N₁t–s₁)

Гідрогеологічні умови території курорту характеризуються багатопверховим заляганням водоносних горизонтів, розділених водотривкими товщами. Глибина залягання водоносного горизонту тортон–нижньосарматських відкладів збільшується з півночі на південь від 90 до 211 м. У цьому ж напрямку знижуються абсолютні позначки покрівлі від –60 до –210 м. Далі покрівля водоносного горизонту занурюється під акваторію Азовського моря. Потужність водоносного горизонту нестала і змінюється від 3–6 до 25 м.

Підземні води горизонту напірні. Напір змінюється від 107 м на півночі до 210–230 м на Бердянській косі.

Водоносний горизонт тортон–нижньосарматських відкладів у межах курорту розкрито на ділянках санаторіїв «Бердянськ» (св. № 1605-г, 5) і «Нива» (св. № 1359-г) в інтервалі глибин 220,0–241,5 м (див. табл. 6.2). Водовмісні породи представлені дрібнозернистими пісками. Статичний рівень вод встановлюється вище поверхні землі й обумовлює самовилив. Щодо МВ тортон–нижньосарматських відкладів по двох ділянках затверджено експлуатаційні запаси у загальній кількості 984,0 м³/доба.

Бердянське родовище розміщене в зоні транзиту підземних вод, віддалене від ділянки живлення і розвантаження, що забезпечує стабільність гідродинамічних і гідрохімічних показників. За хімічним складом води йодо-бромні борні хлоридні натрієві розсолі (37,2–41,1 г/дм³). Вміст хлорид-іонів понад 90 екв %, іонів натрію й калію – понад 80 екв %, йоду у воді міститься 3,8–

8,0 мг/дм³, бромиду – 70,0–99,0 мг/дм³, ортоборної кислоти – 22,3–62,0 мг/дм³ (див. табл. 6.3): Активна реакція води (рН) змінюється від слабкої до слабколузної (рН 6,4–7,6), температура на виході – 16,0–18,0 °С.

Розсоли містять різноманітні компоненти та сполуки, концентрація яких знаходиться в межах, визначених чинними нормативними документами щодо мінеральних природних лікувальних вод (див. табл. 6.4).

У мікробному ценозі розсолів виявлено життєздатні мікроорганізми різних еколого-трофічних груп, непатогенні для організму людини (див. табл. 6.5, 6.6).

Стосовно зовнішнього застосування йодо-бромних розсолів тортон–нижньосарматських відкладів експериментальними дослідженнями встановлено, що вони характеризуються односпрямованою біологічною дією, але з деякими відмінностями:

- МВ знижують орієнтаційно-дослідницьку поведінку щурів, чинять седативний вплив на ЦНС; більш заспокійливий вплив чинять МВ св. № 1605-г і 5 ділянки санаторію «Бердянськ»;
- під впливом шкіряно-резорбтивної дії МВ св. № 1605-г, 5 дещо знижується інтенсивність сечоутворення внаслідок збільшення реабсорбції води у ниркових канальцях та частково – вивідна функція нирок; зміни іонорегулювальної функції нирок виявляються у стимулюванні добової екскреції іонів натрію й затриманні в організмі калію без зміни концентрації цих електролітів у крові; добова сеча стає кислішою; МВ санаторію «Нива» практично не впливає на функціональний стан нирок здорових тварин;
- під впливом досліджених МВ стимулюється жовчоутворювальна функція печінки;
- МВ св. № 1605-г, 5 дещо знижують активність α -амілази, що свідчить про деяке гальмування функції підшлункової залози, МВ санаторію «Нива» такої дії не чинить;
- курсове застосування МВ не впливає на імунологічний стан організму, показники периферичної крові та імунологічні показники практично залишаються в межах нор-

ми; з боку клітинної ланки дещо пригнічується метаболічна функція фагоцитів.

Порівнявши результати експериментальних досліджень за курсового зовнішнього застосування йодо-бромних високомінералізованих вод (12–14 г/дм³) та розсолів (37–41 г/дм³) курорту «Бердянськ», можна визначити притаманну їм біологічну дію:

- МВ чинять виражену седативну (заспокійливу) дію на ЦНС;
- МВ не впливають на показники функціонального стану нирок, крім стимулювання іонорегулювальної функції;
- МВ стимулюють жовчоутворювальну функцію печінки;
- МВ слабо впливають на стан імунної системи.

При цьому води з вищими мінералізацією, вмістом йоду та бромиду чинять сильнішу дію на організм, що виражається у стимулюванні вегетативної нервової системи (емоційної активності), активуванні жовчовивідної функції печінки, зниженні екскреторної функції нирок, зменшенні діурезу внаслідок утримання води в організмі (що обумовлено підвищенням концентрації електролітів у сечі), зниженні активності підшлункової залози, тобто стимулюються захисно-приспосувальні процеси організму.

За результатами доклінічних досліджень і клінічних випробувань щодо мінеральних вод тортон–нижньосарматських відкладів ділянок курорту «Бердянськ» зроблено медичні (бальнеологічні) висновки та розроблено інструкції щодо їх практичного використання у лікувальній практиці за зовнішнього застосування.

Медичний (бальнеологічний) висновок від 12.10.2011 р. № 338 щодо мінеральних природних лікувальних вод свердловин № 1605-г та № 5 санаторію «Бердянськ» містить такі дані

Медичні показання:

I. Захворювання серцево-судинної системи

- I 10 гіпертонічна хвороба I, II стадії за недостатності кровообігу не вище від I стадії;
- I 95 есенційна гіпотензія.

II. Захворювання опорно-рухового апарату

- М 02 реактивні артропатії, фази нестійкої та стійкої ремісії;
- М 03 післяінфекційні та реактивні артропатії при хворобах, класифікованих в інших рубриках, фази нестійкої та стійкої ремісії;
- М 05 серопозитивний ревматоїдний артрит повільно прогресуючий перебіг, не вищий від I ступеня активності, рентгенологічні стадії I–III;
- М 06 інший ревматоїдний артрит не вищий від I ступеня активності;
- М 16.4, 16.5 післятравматичний коксартроз двосторонній, інші післятравматичні коксартрози, фаза стійкої ремісії, рентгенологічні стадії I–III;
- М 42, 43 деформуючі дорсопатії (остеохондроз хребта та інші), фаза стійкої ремісії.

III. Захворювання центральної нервової системи

- С 90, F 45.3 нейроциркуляторна дистонія;
- I 69 астеноневротичні розлади;
- I 67.3 прогресуюча судинна лейкоенцефалопатія (хвороба Бінсвангера);
- I 67.4 гіпертензивна енцефалопатія;
- I 67.8 інші уточнені ураження судин мозку (хронічна ішемія мозку).

IV. Захворювання периферичної нервової системи

- G 54 (54.0–54.5, 54.8) ураження нервових корінців і сплетінь (ураження плечового, попереково-крижового сплетінь, шийних, грудних і попереково-крижових корінців) поза загостренням, без різких порушень у руховій сфері, значних розладів тазових органів, які не потребують хірургічної корекції;
- G 57–59 мононевропатії верхньої та нижньої кінцівок (синдром каналу зап'ястка, ураження серединного, ліктьового й променевого нервів, ураження сідничного, стегового, великого і гомілкового нервів, парестетична міалгія), та інші (міжреберна невропатія) поза загостренням,

без різких порушень у руховій сфері, значних розладів тазових органів, які не потребують хірургічної корекції.

V. Захворювання периферичних судин

- I 70 облітеруючий атеросклероз судин кінцівок у стані компенсації та субкомпенсації кровообігу кінцівок;
- I 73.1 облітеруючий ендартеріїт у стані компенсації та субкомпенсації кровообігу кінцівок, у період стійкої ремісії.

VI. Захворювання органів системи обміну речовин

- M 10 подагра;
- E 10–E 14 сечокислий діатез у стадії ремісії.

Протипоказання:

- I 10–I 15 гіпертонічна хвороба вища за ІА стадію;
- I 20.0 нестабільна стенокардія;
- M 65 виражений синовіт;
- M 05 ревматоїдний артрит вищий від I ступеня активності;
- M 16.4, 16.5 післятравматичний коксартроз у стадії загострення;
- M 54.0–M 54.9 остеохондроз хребта у стадії загострення;
- N 11 гострий пієлонефрит;
- B 15–B 19 гострі вірусні гепатити;
- N 41 гострий простатит;
- N 70.0 гострий сальпінгіт та оофорит;
- C 00–D 48 злоякісні новоутворення.

Загальні протипоказання при призначенні бальнеолікування:

- усі захворювання в запальній стадії; хронічні захворювання у стадії загострення та ускладнені гострогнійними процесами;
- гострі інфекційні захворювання до завершення терміну ізоляції;
- усі венеричні та шкіряні захворювання в гострій або гострогнійній стадії; психічні захворювання (всі форми наркоманії, хронічного алкоголізму, епілепсія);
- усі хвороби крові в запальній стадії і стадії загострення; кахексія будь-якого походження; злоякісні новоутворення;
- усі захворювання та стани, що потребують стаціонарного лікування, в тому числі хірургічного втручання;

- всі захворювання за яких хворі неспроможні до самостійного руху і самообслуговування, потребують постійного спеціального догляду (крім осіб, які підлягають лікуванню в спеціалізованих санаторіях для спінальних хворих);
- ехінокок будь-якої локалізації; кровотечі, що часто повторюються або з великою втратою крові; всі форми туберкульозу в активній стадії.

Медичний (бальнеологічний) висновок від 07.02.2012 р. № 355 щодо мінеральних природних лікувальних вод свердловини № 1359-г санаторію «Нива» містить такі дані:

Медичні показання:

I. М 00–М 99. Захворювання опорно-рухового апарату

- М 00–М 25 артропатії;
- М 80–М 94 остеохондропатії, деформуючий остеоартроз, артрозоартрит первинний (поліартроз, олігоартроз, моноартроз) і вторинний (внаслідок дисплазій, артритів, травм, статичних порушень, гіпермобільності);
- М 40–М 54 дорсопатії, міжхребцевий остеохондроз, спондильоз, спондилоартроз первинний і вторинний (внаслідок дисплазій, травм, статичних порушень, гіпермобільності);
- М 00–М 36 системні ураження кістково-м'язової та сполучної тканин, анкілозуючий спондилоартрит (хвороба Бехтерева) у фазі ремісії або з мінімальною активністю процесу;
- М 00–М 36 наслідки перенесеного ревматичного артрити або поліартрити (не раніше ніж через 8–10 міс після зникнення гострих або підгострих явищ з боку серця, за відсутності або мінімальної активності ревматичного процесу, недостатності кровообігу не вищої від I ступеня);
- М 95–М 99 інші ураження кістково-м'язової системи, наслідки переломів суглобів і кісток зі сповільненою консолидацією.

II. I 00–I 99. Захворювання системи кровообігу

- I 11 гіпертонічна хвороба 1–2-ї стадій I–II ступенів з недостатністю кровообігу не вищої від 1-ї стадії з низьким кардіоваскулярним ризиком.

III. G 00–G 99. Хвороби нервової системи

- G 48.0 неврастенія.

IV. L 00–L 99. Захворювання шкіри та підшкірної клітковини

- L 20–L 30 дерматит, екзема;
- L 00–L 08 інші ураження шкіри, вугрове висипання.

V. N 70–N 77. Запальні захворювання жіночих тазових органів

- N 70 сальпінгіт, оофорит, хронічний сальпінгіт і сальпінгоофорит, після загострення не раніше, ніж через 2 міс, за нормальної температури, відсутності порушень у лейкоцитарній формулі та ШОЕ;
- N 71 запальні захворювання матки, крім шийки матки – хронічний пара- і периметрити, після загострення не раніше, ніж через 2 міс, за нормальної температури, відсутності порушень у лейкоцитарній формулі та ШОЕ; хронічний метрит і ендометрит після закінчення гострого періоду не раніше, ніж через 4 тижні, за нормальної температури, відсутності порушень у лейкоцитарній формулі та ШОЕ; дисфункція яєчників як наслідок запального процесу внутрішніх статевих органів за незмінної функції або недостатності обох фаз циклу; тазові вегетогангліоневрити за хронічних запальних захворювань внутрішніх геніталій.

VI. N 00–N 99. Захворювання сечостатевої системи

- N 30.2 інший хронічний цистит.

Протипоказання:

- M 05 серопозитивний ревматоїдний артрит;
- гострий больовий синдром;
- G 50–59 ураження нервів, окремих корінців і сплетінь;
- загострення шкірних захворювань;
- I 20–25 ішемічна хвороба серця з частими нападами стенокардії напруження і спокою, нестабільна стенокардія або з явищами лівошлуночкової недостатності (серцева астма);
- K 73 хронічні гепатити, які не класифіковані в інших рубриках;

- К 74 цироз і фіброз печінки;
- К 80 жовчокам'яна хвороба;
- С 00–D 48 новоутворення;
- стан після операцій злоякісних пухлин (паліативне лікування);
- загальні протипоказання до призначення водолікування.

6.3. Мінеральні води у відкладах крейдяної системи (K₂)

Мінеральні води з крейдяних відкладів виводяться на ділянці санаторію «Лазурний» (св. № 746-г, 748-г) і пов'язані з верхнім відділом системи. Водовмісні породи представлені пісками, які розкриті в інтервалі глибин 529,1–582,0 м. Води горизонту напірні. Статичний рівень води встановлюється вище від поверхні землі й обумовлює самовилив. Дебіт свердловин становить 576,0–916,8 м за зниження рівня на 21,1–31,0 м (див. табл. 6.2). Загалом по верхньокрейдяному водоносному горизонту ділянки санаторію «Лазурний» затверджено експлуатаційні запаси МВ у кількості 2376 м³/доба.

За органолептичними показниками – води прозорі, безбарвні, солоні на смак, зі слабким запахом сірководню. Для вод характерна слабкокисло, іноді нейтральна реакція (рН 6,3–6,9). Температура води 22,0–23,0 °С, що визначає її категорію як слаботермальної.

У складі розчинених у воді газів виявлено діоксид вуглецю – 152,10–200,00 мг/дм³, сірководень – 0,31–1,00 мг/дм³ (радон не визначено), тобто гази, які впливають на лікувальні властивості води, містяться в концентраціях, нижчих за бальнеологічні норми.

За співвідношенням основних катіонів та аніонів МВ св. № 746-г, 748-г є хлоридним натрієвим розсолем (див. табл. 6.3). Гідрохімічні опробування, виконані протягом тривалого часу експлуатації родовища, свідчать, що склад розсолів стабільний. За незначних коливань загальної мінералізації розсолу в межах 56,0–60,5 г/дм³ вміст хлорид-іонів становив 34,2–37,3, іонів натрію та калію – 17,9–20,0 г/дм³.

Підземні розсоли містять різноманітні компоненти та сполуки (див. табл. 6.4). У концентраціях до 0,1 мг/дм³ визначено арсен, кадмій, свинець, ванадій, хром, мідь, у межах 0,1–0,6 мг/дм³ – цинк, фтор. У воді також містяться, мг/дм³: залізо загальне – 1,9–2,2; стронцій – 19,75–23,18; метакремнієва кислота – 38,03–48,69; йод – 5,0–9,0; бром – 51,0–88,0; ортоборна кислота – 26,0–58,0.

Щодо нормованих компонентів і сполук, вміст яких регламентує для мінеральних лікувальних вод ДСТУ 42.10-02-96 – стронцій, хром, цинк, свинець, ванадій, мідь, кадмій, фтор, арсен – виявлено у концентраціях, нижчих за гранично допустимі, селен, ртуть, уран, радій, нітрати, нітрити, феноли або не виявлено, або їх вміст нижчий за чутливість методик визначення.

Отже, за фізико-хімічними характеристиками підземні води крейдяних відкладів, розкритих на ділянці санаторію «Лазурний», класифікують як слаботермальні йодо-бромні хлоридні натрієві розсоли, слабокислі–нейтральні, що містять 26,0–86,0 мг/дм³ ортоборної кислоти.

У мікробному ценозі розсолів виявлено (див. табл. 6.5, 6.6): сапрофітні бактерії, які утворюють каталазу і сприяють очищенню вод від органічних речовин білкового характеру; гетеротрофні бактерії – продуценти амінокислот; амоніфікувальні бактерії – продуценти протеаз, що сприяють розкладанню білкових речовин з утворенням аміаку, амінокислот та інших сполук; тіонові бактерії *Thiobacillus thioparus*, здатні окиснювати сірководень до сульфатів. Спороутворювальні, залізоокиснювальні, міксобактерії, манганоокиснювальні, актиноміцети, стрептоміцети, які здатні погіршувати органолептичні показники вод, не висіяні. Наявна мікрофлора вод не патогенна для організму людини.

За результатами фізіологічних досліджень з метою встановлення біологічної дії та безпеки розсолу за зовнішнього застосування визначено його параметри.

У табл. 6.7 наведено дані щодо тестування функціонального стану ЦНС і печінки після шкіряно-резорбтивного впливу розсолу в різні періоди часу.

Таблиця 6.7

Вплив шкіряно-резорбтивної дії розсолу крейдових відкладів різних дат відбору на функціональний стан центральної нервової системи і печінки

Період досліджень	Етап дослідження	Час засинання, хв		Тривалість медикаментозного сну, хв	
		$M_1 \pm t_1$	n	$M_2 \pm t_2$	n
Серпень 2008 р.	Контроль	2,90 ± 0,20	5	54,40 ± 1,70	5
	Дослід	2,60 ± 0,20	5	180,00 ± 2,15	5
	D	-0,30		+125,6	
	p	> 0,2		< 0,001	
Листопад 2009 р.	Контроль	2,75 ± 0,36	5	82,00 ± 3,07	5
	Дослід	4,33 ± 1,55	5	39,17 ± 1,55	5
	D	+1,58		-42,83	
	p	> 0,5		< 0,001	

Досліджений розсіл не впливав на функціональний стан ЦНС, на що вказує відсутність змін часу їх засинання. За шкіряно-резорбтивної дії МВ, відібраної у 2009 р., час засинання скорочувався ($p < 0,02$), тобто вона дещо збуджувала ЦНС. МВ, відібрана у 2008 р., вірогідно не впливала на функціональний стан ЦНС ($p > 0,5$), але пригнічувала антитоксичні властивості печінки, про що свідчить подовження тривалості медикаментозного сну більш як у 3 рази ($p < 0,001$). МВ, відібрана у 2009 р., стимулювала метаболічні процеси у печінці, підтверджено що вірогідним ($p < 0,001$) скороченням тривалості медикаментозного сну тварин у 2 рази.

Дані щодо впливу шкіряно-резорбтивної дії розсолу різних дат відбору на функціональний стан нирок наведено в табл. 6.8, 6.9.

Таблиця 6.8

Вплив шкіряно-резорбтивної дії розсолу крейджаних відкладів на функціональний стан нирок за результатами досліджень 2008 р.

Показник	Контрольна група		Дослідна група		<i>D</i>	<i>p</i>
	$M_1 \pm m_1$	<i>n</i>	$M_2 \pm m_2$	<i>n</i>		
Добовий діурез, мл/см ² поверхні тіла	1,15 ± 0,09	15	1,28 ± 0,20	5	+0,13	> 0,5
Клубенькова фільтрація, мл/(см ² ·хв)	0,06 ± 0,01	15	0,08 ± 0,02	5	+0,02	> 0,2
Канальцева реабсорбція, % до фільтрації	98,60 ± 0,13	15	98,76 ± 0,28	5	+0,16	> 0,5
Виведення креатиніну сечі, ммоль	0,011 ± 0,001	15	0,015 ± 0,003	5	+0,004	> 0,1
Виведення сечовини, ммоль	0,89 ± 0,04	15	0,69 ± 0,07	5	-0,20	< 0,05
Виведення хлоридів, ммоль	0,87 ± 0,03	15	0,49 ± 0,03	5	-0,38	< 0,01
pH сечі, од. pH	7,10 ± 0,30	15	6,50 ± 0,25	5	-0,60	> 0,1

Таблиця 6.9

Вплив шкіряно-резорбтивної дії розсолених вод крейджаних відкладів ділянки санаторію «Лазурний» на функціональний стан нирок за результатами досліджень 2009 р.

Показники	Контрольна група		Дослідна група		<i>D</i>	<i>p</i>
	$M_1 \pm m_1$	<i>n</i>	$M_2 \pm m_2$	<i>n</i>		
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
Добовий діурез, мл/см ² поверхні тіла	1,23 ± 0,13	10	0,77 ± 0,11	5	-0,46	< 0,02
Клубенькова фільтрація, мл/(см ² ·хв)	0,13 ± 0,01	10	0,03 ± 0,02	5	-0,10	< 0,001
Канальцева реабсорбція, % до фільтрації	99,34 ± 0,03	10	96,74 ± 0,98	5	-2,60	< 0,02

Закінчення табл. 6.9

1	2	3	4	5	6	7
Виведення креатиніну сечі, ммоль	0,013 ± 0,001	10	0,003 ± 0,002	5	-0,01	< 0,001
Виведення сечовини, ммоль	0,77 ± 0,06	10	0,48 ± 0,05	5	-0,29	< 0,01
Виведення хлоридів, ммоль	0,71 ± 0,04	10	0,69 ± 0,08	5	-0,29	< 0,01
pH сечі, од. pH	7,05 ± 0,32	10	6,00 ± 0,001	5	-1,05	< 0,01

За результатами досліджень 2008 р., шкіряно-резорбтивна дія розсолу вірогідно не впливала на сечоутворювальну функцію нирок, оскільки діурез був сталим ($p > 0,5$), що обумовлено незмінними швидкістю фільтрації та об'ємом зворотного всмоктування рідини (відповідно $p > 0,2$ та $p > 0,5$). При цьому досліджуваний розсіл впливав на секреторну функцію нирок. Так добове виділення сечовини вірогідно знизилось в 1,3 раза ($p < 0,05$); хлоридів – в 1,8 раза ($p < 0,01$). Реакція добової сечі не змінювалась.

За результатами досліджень 2009 р., шкіряно-резорбтивна дія розсолу призводила до зміни співвідношення парціальних процесів у нирках, тобто до вірогідного зниження як швидкості фільтрації ($p < 0,001$), так і відсотка зворотнього всмоктування рідини ($p < 0,02$). Це, в свою чергу, зумовлювало вірогідне ($p < 0,02$) зниження добового діурезу. Отже, нативний розсіл пригнічував сечоутворювальну функцію нирок. Він також істотно впливав на секреторну функцію нирок – добова екскреція азотистих продуктів обміну знижувалась – креатиніну – в 4 рази ($p < 0,001$), сечовини – в 1,6 раза ($p < 0,01$). Добова екскреція хлорид-іонів також вірогідно знижувалась унаслідок використання нативної МВ ($p < 0,01$). Добова сеча ставала кислішою ($p < 0,01$).

Отже, дослідженнями 2008 р. та повторними дослідженнями 2009 р. виявлено нестабільність радикалів впливу на основні системи органів з ухилом у негативний бік, на підставі чого зроблено висновок, що цей розсіл не можна рекомендувати для використання в нативному стані.

З урахуванням отриманих результатів визначено можливість використання розсолів після їх розбавлення підземними мінеральними водами св. № 1 (№ 2) ділянки санаторію «Лазурний».

Висновки до розділу 6

Умови формування мінеральних вод ділянки курорту «Бердянськ» (поширення, живлення, розвантаження) обумовлені геолого-структурними особливостями Бердянського грабену. В межах цієї структури формуються мінеральні води різноманітних хімічного складу та мінералізації, які використовуються в лікувальній практиці санаторно-курортними закладами. Води пов'язані з різними стратиграфічними підрозділами й літологічними відмінами порід неогенової, палеогенової та крейдової систем.

Особливості формування мінеральних йодо-бромних вод ділянки курорту «Бердянськ» створюють можливості диференційованого їх застосування у лікувальній практиці зовнішньо із широким спектром медичних показань. На території України курорт «Бердянськ» майже єдиний санаторно-курортний заклад із наявністю гідромінеральних ресурсів йодо-бромних вод.

РОЗДІЛ 7

ДЕЯКІ ГІДРОХІМІЧНІ ТА БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ БОРНИХ МІНЕРАЛЬНИХ ВОД УКРАЇНИ

(О.М. Нікіпелова, Б.А. Насібуллін, С.Г. Гуца, Л.Б. Солодова)

Поняттям «мікроелементів» означено компоненти, які містяться у слідових кількостях, і до певної міри є умовним. До мікроелементів належать металеві й неметалеві елементарні складові організму, вміст кожної з яких не перевищує 1 мкг/г маси живої тканини.

У фізіологічних умовах мікроелементи – метали й неметали – утворюють міцні комплекси з білками організму, у складі яких вони виконують свою біологічну роль. Більшість із них входить до складу активних центрів різноманітних ферментів як активні компоненти, відповідальні за хімічний каталіз. Деякі (цинк, йод) містяться у прогормонах і навіть активних гормонах. Загальновідома роль мікроелементів у транспортних білках. З урахуванням цих аспектів щонайменше 15 мікроелементів вважаються незамінними, тобто есенційними (залізо, мідь, цинк, манган, хром, селен, молібден, йод, кобальт, бор, бром, фтор, кремній, літій, нікель) [1, 2].

Мікроелементи у патофізіології важливі як джерело хвороб, спричинюваних їх дефіцитом, дисбалансом чи прямою токсичністю. Останній аспект стосується не тільки 15 вищеназваних, а й широкого кола інших мікроелементів, понад шістдесят з яких виявлено в організмі.

Дефіцит мікроелементів, як і дефіцит вітамінів, може бути екзогенним (пов'язаним з неадекватним надходженням їх із їжею) та ендогенним. Ендогенний дефіцит буває ендемічним регіональним й розвивається при недоїданні чи парентеральному незбалансованому харчуванні. Ендогенна нестача незамінного мікроелемента настає з різних причин. Серед них: розлад всмок-

тування через шлунково-кишкові порушення, спадкові дефекти білків-транспортів, наявність у їжі компонентів, що заважають абсорбції мікроелемента. Розвиток дефіцитних станів пришвидшують втрати мікроелементів із сечею.

Дисбаланс у забезпеченні мікроелементами полягає в тому, що за значного перевищення вмісту одних мікроелементів понад оптимальну кількість стають дефіцитними інші мікроелементи. Це може бути пов'язано з конкуренцією між елементами при всмоктуванні й реабсорбції, а також при їх включенні до складу білків. Зокрема, надмірна кількість цинку чи молібдену призводить до дефіциту міді.

Токсичні ефекти мікроелементів різноманітні, залежать від форми, в якій елемент потрапляє в організм та від його кількості.

Мікроелементи як отруйні речовини часто хронічно накопичуються в організмі, потрапляючи до нього поступово й у малих дозах (свинець), але за відносно великих доз спричинювати гострі інтоксикації (арсен, талій, ртуть). Механізм їхньої токсичності попри всю різноманітність включає інгібування ферментів шляхом зв'язування з амінокислотами їхніх активних центрів. Велике значення може мати ушкодження мікроелементами структури нуклеїнових кислот, порушення синтезу білка (важкі метали), фосфорилювання (фтор), мембранної проникності (ртуть). Низка токсичних ефектів металів зумовлена порушенням процесу продукування гормонів. Так, свинець пригнічує синтез тиреоїдних гормонів, тропних гормонів аденогіпофізу, надниркових і гонадних стероїдів.

Час нових технологій породив додаткову небезпеку контакту організму з токсичними мікроелементами, і це стосується не тільки сфери професійних патологій (токсичний енцефаліт у виробників свинцевих акумуляторів, мангановий паркінсонізм у зварювальників і металістів, отруєння споживачів морепродуктів, виловлених у водах, забруднених ртуттю та ін.). Крім того, існуючий на сьогодні антропогенний прес на навколишнє середовище обумовлює і зворотний ефект: збільшення впливу ксенобіотиків на організм людини й тварин [3]. Ксенобіотики – чужорідні для організму речовини, що потрапляють у різних кількос-

тях ззовні та впливають на процеси життєдіяльності. В їх перелік входять органічні й неорганічні сполуки, метали і неметали, які належать до мікроелементів [4].

За сучасного рівня знань усі мікроелементи, що трапляються в мінеральних водах, з погляду бальнеології слід поділяти на чотири групи:

- елементи з вираженою біологічною дією – залізо, кобальт, арсен, йод, бром, бор (раніше до їх числа відносили також літій і стронцій);
- елементи з точно встановленою їх роллю в обмінних (здебільшого у гормональних і ферментативних) процесах в організмі – йод, залізо, мідь, молібден, цинк, кобальт, манган, можливо нікель, барій, кадмій;
- елементи, токсичні для людини – арсен, свинець, селен, ртуть, ванадій, фтор;
- елементи, які хоча й виявлено в тканинах і рідинах організму, але їх біологічну роль досі точно не встановлено – титан, цирконій, іридій, цезій, германій та багато інших; ймовірно, що чимало з них випадково потрапляють до організму з водою та їжею й виділяються з нього, не вступаючи в процеси обміну речовин в організмі [5].

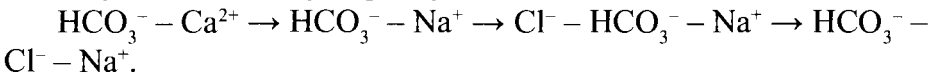
Усе вищевикладене означає, що некоректно обговорювати роль мікроелементів у МВ взагалі, потрібно конкретно аналізувати роль кожної їх групи, а іноді й кожного елемента.

Бор порівняно мало поширений у природі: масова частка його в земній корі становить близько $10^{-3}\%$. До головних природних сполук бору належать борна кислота H_3BO_3 та солі борних кислот. Атом бору має електронну конфігурацію $1s^22s^22p^1$; у сполуках він виявляє валентність, що дорівнює трьом, або ковалентність, що дорівнює чотирьом.

Думки дослідників стосовно шляхів надходження бору до підземних вод різко розходяться: одні провідну роль відводять процесам вилуження його з водовмісних порід [6], інші вважають бор ендогенним [7], ще інші основними вважають метаморфічні процеси [8].

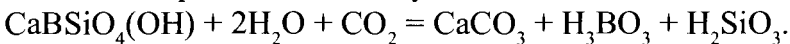
На думку Т.К. Федорової [9], бор потрапляє в підземні води внаслідок поєднання процесів вилуження й термометаморфічних: вуглекислі води збагачуються бором у результаті активування процесів вилуження в умовах підвищених температури і тиску. Магматичні осередки ми розглядаємо як активатори гідрохімічних процесів.

На користь можливого накопичення бору внаслідок вилуження порід свідчить не лише приуроченість бору до певних типів порід, а й до певних типів вод. Вміст бору в окремих групах вод збільшується в такому порядку:



З підвищенням мінералізації вод їх бороносність збільшується, однак темпи зростання концентрації бору відстають від темпів росту мінералізації [10].

Найвищий вміст бору (100–600 мг/дм³) у водах Карпатського регіону в мінералізованих (6–54 г/дм³) вуглекислих (СО₂ 0,8–2,8 г/дм³) водах хлоридно-гідрокарбонатного та гідрокарбонатно-хлоридного натрієвого складу. У формуванні бороносних вод Карпат чітко виявляється загальна закономірність: зона поширення борних вод майже повністю збігається з площею поширення вуглекислих вод. Очевидно, вуглекислий газ посилює рухливість бору і сприяє його накопиченню у водах, борна кислота має малу константу дисоціації та легко витискується вуглекислою з боровмісних сполук. Прикладом може слугувати реакція вуглекислотного вивітрювання датоліту:



У вуглекислих водах існує добре виражений кореляційний зв'язок бору з хлоридами. Більшість високоборних вод має значну абсолютну й відносну хлоридність. Однак за однакової хлоридності вміст бору може відрізнятись на порядок і більше [7], що слугує одним із доказів різних джерел надходження бору у вуглекислі МВ.

Вміст бору у воді тісно і прямо корелює з лужними елементами, фтором. Високоборні води характеризуються також підвищеними концентраціями низки мікроелементів (бром, йод, рід-

кісних лужних металів), невисоким вмістом кальцію, магнію та сульфат-іонів [11].

Отже, основним чинником накопичення високих концентрацій бору в підземних МВ є процеси взаємодії в системі вода–порода за сприятливих геолого-гідрологічних та геохімічних умов.

Питання щодо форм міграції бору в МВ вивчено недостатньо і потребує додаткових досліджень стосовно конкретних типів вод. Для бору характерне утворення ковалентного зв'язку. Висока його спорідненість з киснем і флуором визначає наявність кисне- і фторовмісних сполук. Ортоборна кислота – сполука, що важко дисоціює ($K_1 = 5 \cdot 10^{-10}$; $K_2 = 1,8 \cdot 10^{-13}$; $K_3 = 3 \cdot 10^{-14}$), але в лужних середовищах ступінь її дисоціації різко зростає.

Тетраборна кислота $H_2B_4O_7$ утворюється в лужних водах за високих концентрацій бору і дисоціює значно сильніше, ніж ортоборна ($K_1 = 9,7 \cdot 10^{-8}$).

Термодинамічний розрахунок неорганічних форм міграції бору провели автори праці [12]. Вони дійшли висновку, що за концентрацій бору, які найчастіше трапляються в підземних водах, тобто 10^{-3} – 10^{-2} моль/дм³, основними формами його міграції є ортоборна й тетраборна кислоти. У слабокислих, нейтральних і слаболужних середовищах перша з них практично не дисоціює. Істотна дисоціація ортоборної кислоти відбувається лише за $pH > 8,5$. Тетраборна кислота за цих умов знаходиться в основному в дисоційованому за першим ступенем стані ($HB_4O_7^-$). Лише в середовищах з $pH < 6,0$ починають переважати недисоційовані молекули $H_2B_4O_7$. У лужних середовищах за $pH > 9,0$ стан бору різноманітний, на форми його міграції істотно впливають іони метаборної кислоти, низка складних гідроксокомплексів.

Отже, у водах із низькою концентрацією бору в кислих, слабкислих та нейтральних середовищах практично весь бор знаходиться у формі недисоційованої ортоборної кислоти. За підвищеної концентрації бору в кислих і слабкислих середовищах разом з ортоборною в значній кількості міститься тетраборна кислота.

Комплексні сполуки бору з фтором (аніони BF_4^- ; $\text{BF}_3(\text{OH})^-$; $\text{BF}_2(\text{OH})^-$), згідно з термодинамічними розрахунками, реально значущі лише за умов: 1) високий вміст фтору у водах ($> 1 \text{ г/дм}^3$); 2) низькі значення рН ($< 3,0$). Такі умови в природі створюються вкрай рідко.

З вищевикладеного можна зробити висновок, що основною формою існування ортоборної кислоти у водах є недисоційовані молекули H_3BO_3 . Концентрація іонів, що утворюються за першим ступенем дисоціації (H_2BO_3^-), на два порядки менша, за другим і третім (відповідно HBO_3^{2-} та BO_3^{3-}) – вкрай малі.

До борних МВ належать води з умістом борної кислоти понад 35 мг/дм^3 [13].

Досі практично відсутня інформація щодо специфічної потреби в борі аутохтонної мікрофлори боровмісних вод. Відомо, що бор необхідний для ґрунтових мікроорганізмів, задіяних у процесах азотфіксації й нітрифікації. Вперше стимулювальний вплив бору на азотобактер відмічено у 1924 р. Фіксація азоту зростала на 5,7 % за добавляння у середовище від $1\text{--}10 \text{ мг/дм}^3$ бору. У кількості $25\text{--}100 \text{ мг/дм}^3$ бор ставав токсичним. Інтенсивність фіксування атмосферного азоту *Azotobacter chroococcum* збільшувалась на 40 % за концентрації борної кислоти в середовищі $0,5 \text{ ммоль}$ і на 139,4 % *Clostridium pasteurianum* – за її концентрації $1,0 \text{ ммоль}$.

Бор, задіяний у вигляді H_3BO_3 , помітно не впливав на азотфіксувальну активність азотобактера, а також на його морфологію й розмноження.

Автори висловили припущення, що позитивна дія бору на азотфіксувальні й нітрифікувальні бактерії пов'язана насамперед із його впливом на фізико-хімічний стан клітин та їх активність [14]. У складі боровмісних вод також є аутохтонна мікрофлора. На прикладі боровмісних вод Кавказу, які значно поширені у провінції метанових вод крайових прогинів і в провінції вуглекислих вод гірськоскладчастих регіонів, показано, що вони чинять бактерицидну дію щодо потенційно патогенних і патогенних мікроорганізмів, у тому числі й стафілококів. Це є підставою для їх клінічного застосування [15].

Згідно з даними С.І. Ніколенко [16], у боровмісних водах України в мікробних ценозах найчастіше трапляються сапрофітні, олігокарботрофні, гетеротрофні, амоніфікувальні, маслянокислі, амілолітичні, сульфатвідновлювальні (*Desulfovibrio desulfuricam*), тіонові (*Thiobacillus thioparus*), денітрифікувальні бактерії, які збагачують МВ біологічно активними продуктами метаболізму. Експериментальними роботами, виконаними у ДУ «Український науково-дослідний інститут медичної реабілітації та курортології» МОЗ України, підтверджено, що курс навантажень МВ св. № 3-р с. Поляна здорових щурів стимулює процеси сечоутворення [17]. Добовий діурез зростає вірогідно ($p < 0,01$). Його збільшення обумовлене значним (майже в 1,8 раза) підвищенням швидкості фільтрації первинної сечі у клубочковому апараті нирок порівняно з контрольними значеннями ($p < 0,01$). При цьому канальцева реабсорбція (зворотне всмоктування рідини) не змінювалась. Добова екскреція азотистих шлаків у вигляді креатиніну й сечовини зростала ($p < 0,01$). Реакція добової сечі внаслідок курсового застосування цієї МВ ставала більш лужною. На думку дослідників, значне підвищення швидкості клубочкової фільтрації може бути пов'язане з наявністю сульфатвідновлювальних мікроорганізмів, що підтверджують літературні дані. С.В. Івасівка [18] та І.Л. Попович [19] експериментально встановили, що в результаті інкубації вуглеводнеокиснювальних і сульфатредукувальних мікроорганізмів, виділених із МВ «Нафтуся», в культуральному середовищі з'являлись гідрофільні й гідрофобні органічні речовини, хроматографічно подібні до полярних сполук МВ. Мікробні метаболіти мають різноманітний спектр метаболічної активності і відтворюють деякі властивості як натуральної води, так і окремих її компонентів. Зокрема, вони стимулюють холерез, скорочують тривалість барбітуратного (тіопенталового) сну, індукують максимальний секреторний транспорт у нирках.

Серед різноманіття підземних вод здавна вирізняють мінеральні води, які мають лікувальні властивості. Слід зазначити, що арсенал їх класів постійно зростає в міру накопичення знань, запровадження нових методів та аналітичних методик визначен-

ня мікрокомпонентів, вивчення органічного складу й мікробіології середовища. Крім того, лікувальне значення окремих мікроелементів у складі МВ треба визначати експериментально й перевіряти у клініці.

МВ як складний сольовий розчин є багатокомпонентним чинником, тому в разі її дії виникають численні інтерференції, взаємопотенціюючі та взаємоінгібуючі впливи, а кінцевий ефект завжди виявляється як сума багатьох вторинних опосередкованих реакцій [20]. Згідно з літературними даними та результатами власних досліджень авторів, питні МВ зумовлюють системну реакцію організму [21]. Серед загальних закономірностей у механізмі дії МВ можна виділити: а) складнорефлекторний характер впливу, який реалізується нервовим і гуморальним шляхами; б) формування тривалого періоду післядії [22].

Усе вищезазначене повністю стосується борних МВ, які значно поширені й застосовуються у Закарпатті та інших областях країни. Лікувальну роль бору за використання борних вод як мінеральних на сьогодні з'ясовано недостатньо, хоча бор включений до сучасних кількісних критеріїв як біологічно активний компонент. В останні роки у практику лікувального застосування інтенсивно залучаються певні групи мінеральних вод (вуглекислі, метанові, азотно-метанові), в яких уміст бору перевищує встановлені норми ($50 \text{ мг/дм}^3 \text{ НВО}_2$) на один чи два порядки. Оскільки такі води на сьогодні використовуються не тільки для бальнеологічного лікування, а й для фасування як лікувально-столові, необхідно розробити кількісні градації концентрації бору в різних гідрохімічних класах МВ. Окрім кількісної оцінки бороносності МВ доволі істотним моментом є визначення геохімічної природи бору у водних розчинах, тому що форми його знаходження чи різноманітні сполуки з органічними й неорганічними компонентами природних вод дають змогу диференційовано використовувати борні МВ для відповідних лікувальних цілей [23]. Відомо, що неорганічні форми бору за певної їх концентрації токсичні для живих організмів, тому при розробці методик застосування в бальнеології потрібно визначити гранично допустимі концентрації бору.

Основним чинником накопичення високих концентрацій бору в підземних МВ є процеси взаємодії в системі вода–порода за сприятливих геолого-гідрогеологічних та геохімічних умов.

Відомо, що збільшення концентрації бору у водах майже завжди супроводжується підвищенням ступеня їх мінералізації, однак не всі розсоли характеризуються високим вмістом бору. Це, мабуть, пов'язано з великою концентрацією у них кальцію, який активно осаджує бор. Вміст сульфат-іонів у всіх випадках обернено пропорційно залежить від вмісту бору. У вуглекислих водах збільшення вмісту бору до 7–20 мг-екв/дм³ супроводжується зростанням концентрації кальцію і магнію, за подальшого збільшення вмісту бору концентрація останніх зменшується. В неуглекислих водах вміст кальцію і магнію обернено пропорційно залежить від вмісту бору. У вуглекислих водах збільшення вмісту бору добре корелює зі зростанням вмісту літію.

За газовим складом МВ з підвищеною концентрацією бору належать до таких груп: вуглекислі; метанові, азотно-метанові; азотні, вуглекисло-азотні. Боровмісні вуглекислі МВ пов'язані з молодими альпійськими складчастими областями, метанові води супроводжують нафтові й газові родовища. Очевидно, бор у них накопичується внаслідок вилушення продуктів розкладання органічних речовин.

Карпатський і Кримський регіони України – частина великого бороносного поясу, в межах якого значно поширені води з високим вмістом бору (табл. 7.1).

Вуглекислі води характеризуються різноманітнішим складом: від гідрокарбонатних кальцієво-натрієвих і натрієвих до хлоридних натрієвих. Вельми показні в зоні Складчастих Карпат вуглекислі гідрокарбонатні натрієві води з широким діапазоном мінералізації (4–15 г/дм³), такі як Поляна, Плоске, Свалява, Голубине. Концентрація Н₃ВО₃ у водах цього типу становить 80–450 мг/дм³. В Карпатському регіоні найвищий вміст бору в середньо- і високомінералізованих вуглекислих водах хлоридно-гідрокарбонатного і гідрокарбонатно-хлоридного натрієвого складів з мінералізацією 3–37 г/дм³ і концентрацією Н₃ВО₃ до 1400 мг/дм³ (Сойми, Великобистрівське, Кваси, Рахів, Кобилецька Поляна та ін.).

Основні гідрохімічні типи боровмісних мінеральних вод Карпатського регіону

Газовий склад	Іонний склад	Мінералізація, г/дм ³	Вміст Н ₃ ВО ₃ , мг/дм ³	Т, °С	Супутні біологічно активні мікроелементи і сполуки	Характерні родовища
CO ₂	HCO ₃ ⁻ -Na ⁺ , рідше Ca ²⁺ -Na ⁺	4-11 20-30	80-450 780-1250	11-15 12-28	H ₂ SiO ₃ I ₂	Полянське, Плоске, Голубинське, Неліпино, Сваліява, Пасіка, Драчино
-	HCO ₃ ⁻ -Cl ⁻ (Cl ⁻ -HCO ₃ ⁻ -Na ⁺)	3-37	70-140 140-700 700-1400 > 1000	7-30 8-15 10-15 12-15	As, Br, I ₂ , Fe As - As, Fe, Br, Li	Сойми, Сіль, Верхньобистрянське, Кобелецька Поляна, Дубриничі, Ужгород, Заричево, Рахів, Драгово, Дубровиці, Довге, Кваси, Рахівське
-	Cl ⁻ -Na ⁺	5-142	до 140 140-700 700-1400	- 7-10 5-10	- Br, I ₂ , Fe H ₂ SiO ₃ , Fe	Усть-Чорна, Вишково, Вучково, Майдан, Сіль, Розівка
CH ₄ N ₂ CH ₄	Cl ⁻ -Na ⁺	5-15	70-140	26-45	H ₂ SiO ₃	Бегань, Іршава, Мала Розтока
N ₂ CO ₂ -N ₂	HCO ₃ ⁻ -Cl ⁻ -Na ⁺ Cl ⁻ -Na ⁺	5-15 15-35	140-700 140-700	8-10 10-35	- -	Липча, Чоп

Глибокі горизонти окремих родовищ (Майдан, Чоп, Вишково) містять хлоридні натрієві вуглекислі води, іноді досягають розсільної мінералізації (140 г/дм³ – Вишково) з вмістом Н₃ВО₃ 140–700 мг/дм³.

За основним іонним складом у групі метанових боровмісних вод переважають хлоридні і гідрокарбонатно-хлоридні натрієві з мінералізацією від 5 до 250 г/дм³.

Отже, боровмісні МВ належать до найрізноманітніших гідрохімічних типів. Перелічені закономірності – газовий склад, іонний склад, наявність біологічно активних компонентів і сполук, мінералізація – можуть слугувати основою для розробки кондицій і порогових значень концентрацій бору при використанні боровмісних вод у лікувальних цілях. Однак, МВ з високим вмістом бору і комплексним іонним складом, незважаючи на значне поширення в природі, рідко використовують як лікувальні. В зв'язку з цим їх терапевтичні властивості вивчено недостатньо. З урахуванням значущості самого бору, дослідження механізмів відповідної реакції на дію мінеральних боровмісних вод безперечно є цікавим. Слід зауважити, що традиційне для населення Закарпаття систематичне вживання борних лікувально-столових вод як питної води породжує низку запитань: чи накопичується бор в організмі людини за тривалого споживання води; чи бере він участь у біогеохімічному ланцюгу? Стосовно першого питання можна навести роботу М.О. Гайсак [24], у якій встановлено, що бор у вигляді ортоборної кислоти протягом порівняно нетривалого періоду споживання такої води (24 дні) не затримується в організмі людини.

Проблема вивчення біологічної дії бору дуже цікава, оскільки він доволі поширений у природі, входить до складу всіх рослинних і тваринних організмів [25, 26], є одним із найменш вивчених мікроелементів – його есенціальність було встановлено лише нещодавно [27]. За нестачі бору в рослинах порушуються вуглеводний обмін, формування репродуктивних органів, процеси запліднення. Разом із тим його надлишок також спричинює захворювання рослин аж до загибелі [4]. Вивчивши необхідність бору як мікроелемента для забезпечення життєдіяльності люди-

ни, E.S. Hamilton [28] зазначив широкі межі його потрібної добової дози – від 0,42 до 20 мг/доба. Автор пояснив такий розкид нез'ясованою біологічною функцією бору. Його нестача або надлишок однаково негативно позначаються як на рослинах, так і на решті живих організмів. Поширені уявлення щодо хімічної інертності цього мікроелемента потребують зіставлення з даними медичних спостережень. Зокрема, борну кислоту, яку широко використовують у медичній практиці, помилково вважали нешкідливою, хоча вона легко всмоктується і концентрується в мозку, печінці, жировій тканині.

Гостра інтоксикація сполуками бору спричинює гострий бороз із симптомами ливарної лихоманки – відчуттям стискування грудної клітки, кашлем, нудотою, ознобом. Пентаборан уражує ЦНС (збудження, тремор, судоми, міоз), спричинює зниження артеріального тиску, аритмію, серцеву недостатність, порушення дихання, функцій печінки, нирок. Гостра інтоксикація декабораном зумовлює неспокій, пригнічення дихання, порушення координації, судоми, брадикардію, гіпотонію, помутніння рогівки ока. За хронічної інтоксикації настають виразна нейротоксична дія, некроз та ожиріння печінки, гематурія, змінюються ниркові каналці.

Хронічний бороз супроводжується патологічними змінами верхніх дихальних шляхів і легенів унаслідок тривалого вдихання боровмісних сполук. Профілактика отруєнь передбачає герметизацію обладнання, механізацію ручних операцій, при роботі з гідридами бору – застосування протигазів, використання спеціальних поглиначів і спецодягу.

Борний ентерит – ендемічне захворювання шлунково-кишкового тракту людини і тварин у регіонах з підвищеним вмістом бору в навколишньому середовищі, особливо в рослинах. Клінічну картину й патологічну анатомію ентериту людини вивчено недостатньо [29, 30]. Згідно з даними аналізу літературних джерел, захворювання, описані під цією назвою – це вірогідно полімікроелементоз, причому органами типового ураження є не тільки шлунок і кишечник, а й легені та печінка [31, 32]. Наприклад, Свалявський район, що знаходиться в передгірній природній зоні

України, характеризується нестачею мікроелементів йоду, фтору, броду, кобальту (грунт, продукти харчування, питна вода) і водночас надлишком бору в підземних водах та, згідно з медико-географічним районуванням Закарпаття, належить до територій зі значним поширенням серед населення ендемічного зобу та сечокам'яної хвороби (через надлишок магнію в південній частині району) [33].

Бор – умовно есенційний елемент, він міститься практично в усіх тканинах організму людини. Бор надходить до організму людини і тварин у вигляді іонів з їжею, водою та повітрям. Він дуже інтенсивно всмоктується, в основному, через слизову шлунка і тонкої кишки. Елементарний бор із їжі, борної кислоти та її натрієвої солі швидко всмоктується й виводиться із сечею. У людини цим шляхом виводиться понад 90 % кількості елемента, що надійшов. Однак у дослідях на тваринах отримано нижчі величини. Так, із сечею собак за 48 год виводилось 40 % введеної дози, у мурчаків (морських свинок), кролів і лабораторних щурів – від 30 до 70 %. За даними К.І. Москальова [34], в умовної людини із сечею екскретується близько 77 % бору, що надійшов, із калом – близько 21 %. Припускають, що період піввиведення бору становить 11 діб. У тканинах організму людини бор розподіляється нерівномірно, найбільша його кількість локалізується в кістковій тканині та зубній емалі (5,64 ммоль/кг), менше – в легенях, нирках, лімфоїдних вузлах (55,5 ммоль/кг); в інших органах і тканинах вміст бору менший за 10 мкмоль/кг. Через високу розчинність, сполуки бору, що надійшли в організм із водою, всмоктуються у шлунково-кишковому тракту майже цілком і виводяться в основному із сечею.

Хоча біологічна дія бору цікавила дослідників ще в 1940-ві роки, тільки в 1980-ті було доведено, що дефіцит бору на фоні авітамінозу D_3 призводить до зменшення маси тіла тварин і, навпаки, достатня його кількість гальмує розвиток клінічних проявів гіповітамінозу D_3 [35]. Експериментально доведено, що магнійдефіцитний стан ліквідується введенням в організм сполук бору. Крім того, дефіцит магнію, який викликає у щурів гіпокортикоїдний стан, виявляється значно пізніше, якщо до раціону тварини дода-

ти бор у дозі 3 мг/кг маси тіла. Згідно з даними Schrauser J.N. та Vernat I. [36, 37] нестача вмісту бору в раціоні впливає на гістологічну будову парацитоподібних залоз і кісткової тканини тварин. Зміни в останній особливо показові на фоні отруєння фтором. В організмі обмін бору певним чином пов'язаний з обміном калію, оскільки у тварин, які отримували дієту з низьким умістом калію, затримувався ріст, що усувалась додаванням до раціону сполук бору. У щурів, які отримували корм, збагачений бором, уміст глікогену в печінці був значно вищий, ніж у тварин контрольної групи [38]. Вплив бору на вуглеводний обмін обумовлений його хімічними властивостями. Борна кислота реагує з полігідроксисполуками, які містять гідроксильні групи. Борати реагують із дипольними групами, кетони – енергійніше взаємодіють з борною кислотою, ніж альдози. Після введення кроликам борату натрію (5–10 мг/кг маси тіла) наставала гіпоглікемія. Повідомлялось, що бор посилює гіпоглікемічний ефект інсуліну, напевно цим пояснюється сприятливий вплив бору на стан тварин з експериментальним алоксановим діабетом [39]. За одночасного внутрішньочеревного введення щурам розчину алоксану й борної кислоти пошкоджувальний ефект алоксану значно знижувався (у щурів з алоксановою інтоксикацією, які не отримували розчин борної кислоти, наставав важкий цукровий діабет) [40].

В експериментах на свавцях було визначено, що фізіологічна функція бору полягає в регулюванні обміну фосфору, магнію та холікальційферолу [34]. Крім того, за збільшення концентрації бору в крові знижувався вміст кальцію, тобто бор впливав на збудження клітин і тканин, пов'язане з дією кальцію [41]. Зміна концентрації бору в крові впливала також на проникність клітинних мембран, іонний транспорт, тобто встановлено роль бору як регулятора конформаційної активності компонентів мембрани та регулятора іонного транспорту [42, 43].

Логічно вважати, що участь бору в забезпеченні метаболічної активності організму ширша, ніж доведено на сьогодні. Таке припущення обумовлене тим, що *in vitro* встановлено – іони бору викликають конкурентне інгібування ферментів, які належать до двох різних класів. Один із них – це флавінпіридинзалежні окси-

доредуктази – алкогольдегідрогеназа дріжжів, альдегіддегідрогеназа, ксантиндегідрогеназа, цитохром-В₅ редуктаза. В цих ферментах, вочевидь, борат-іони конкурентно заміщують NAD і флавін, оскільки мають виражену спорідненість із цис-гідроксильними групами. Інший клас – ферменти, в яких борат-іони зв'язують активні центри. Ця група включає хімотрипсин, субтилізат, гліцеральдегідфосфатдегідрогеназу [5].

Згідно з літературними даними, за збільшення вмісту бору в харчових продуктах активувалась пізнавальна й розумова діяльність, змінювався вміст естрадіолу й тестостерону (бор, вочевидь, впливає на гормональну регуляцію). Виявлено тісний зв'язок між надходженням бору до організму та активністю антидіуретичного гормону й інсуліну (регулювальний вплив на водно-електролітний і вуглеводний обміни) [44].

Отже на підставі отриманих на сьогодні експериментальних і клінічних даних можна стверджувати, що бор – мікроелемент із чітко вираженими біологічним, фармакологічним і токсичним спектрами дії. Проте, незважаючи на визначені численні його властивості, в літературі немає чітко сформульованої гіпотези стосовно біологічної дії бору, хоча медична практика демонструє широке застосування боровмісних МВ для лікування різних нозологічних станів з успішним клінічним ефектом [45, 46]. Зокрема, у працях К.І. Вагерич показано, що споживання МВ із вмістом бору 40–50 г/дм³ сприяє нормалізації діяльності шлунка у вагітних із токсикозом першої половини вагітності; хворих із гіпоацидним гастритом чи синдромом подразненої кишки [47]. Таку сприятливу клінічну дію боровмісних МВ Ю.К. Корольов та співавт. [48] пов'язали зі змінами під їх впливом секреторної, кислотної й ферментоутворювальної функцій шлунка, а також зі зменшенням активності ферментів кишечника. Можливо, це обумовлено змінами процесів енергоутворення, оскільки, згідно з літературними даними, бор впливає на низку ферментів, можливо змінює спряженість окиснення і фосфорилування в мітохондріях [49].

Бор, що входить до складу МВ, коригує загальну резистентність організму. Так, як стверджує Н.Д. Полушина [50, 51], у ре-

зультаті споживання боровмісних вод щурами, яких піддають дії великих доз ультрафіолетового випромінювання або які страждають на атеросклероз, нормалізується рівень кортизолу в крові, знижується вміст еозинофілів, інтенсифікується утворення гормонів щитоподібної залози. Крім того, у разі застосування боровмісних вод в умовах впливу ультрафіолетового випромінювання поліпшується торелантність до вуглеводів, а при моделюванні атеросклерозу – знижуються індекс атерогенності, вміст альдостерону, холестерину.

Виявлено вплив боровмісних вод і на стан системи перекисного окислення ліпідів та антиоксидантного захисту (ПОЛ–АОЗ) за деяких видів патології. Так, В.В. Книшова [52] та М.В. Антонюк [53] довели, що борна вода у хворих на гастродуоденіт відновлює баланс ПОЛ–АОЗ шляхом стабілізації ферментної ланки антирадикальної системи і зниження інтенсивності процесів пероксидації. Внаслідок цих змін активується регенерація слизової оболонки шлунка.

Боровмісні води використовують для реабілітації хворих з патологією гепатобіліарної системи [42]. Оцінивши результати курсового застосування боровмісних вод, автори дійшли висновку, що позитивний ефект пов'язаний з їх гальмівною дією на жовчовивідну функцію печінки (зменшення об'єму жовчі, збільшення маси сухого залишку, зниження концентрації жовчних кислот). При цьому автори зазначили, що ефект боровмісної води збільшується, якщо у ній містяться невеликі кількості іонів магнію і сульфату.

Оскільки мікроелементи питних вод діють у малих і надмалих кількостях, це створює додаткові ускладнення для з'ясування механізмів їх дії. Тому як точку прикладання дії мікроелементів частина дослідників розглядає гуморальні системи керування. Деякі автори довели, що внаслідок вживання боровмісних вод підвищується вміст серотоніну в сироватці крові й одночасно настає інсулінемія [49]. Вони вказали на прямий кореляційний зв'язок цих показників. На їх думку, визначені під впливом боровмісних МВ зміни в діяльності серотонінпродукувальних клітин і ентероінсулярної осі сприяють розвитку резистент-

ності тканин організму до дії пошкоджувальних чинників зовнішнього середовища (наприклад, стресів) і, що особливо важливо, регулюють водно-сольовий обмін. На користь тези щодо участі бору у зміцненні захисних сил організму свідчать дані Ю.М. Корольова та співавт. [48], які довели істотне пришвидшення загоєння експериментальних виразок слизових оболонок і шкірних травм за курсового застосування боровмісної семигірської води.

Важливим компонентом теорії біологічної дії того чи іншого ксенобіотика, у тому числі й бору, є уявлення про шляхи його надходження до організму, місця локалізації та виведення з організму. Згідно з даними С.Г. Гуці, за курсового прийому боровмісних вод змінюється гідробаланс в епітелії шлунка і ниркових канальцях [54]. Особливо цікаво дослідити великий вміст бору в нирках, оскільки, згідно з даними К.І. Москальова [34], понад 70 % бору, що потрапив до організму, виводиться з сечею, але процес має помірний характер.

У літературі є дані щодо змін деяких показників функціонального стану нирок під впливом боровмісних вод, а саме вони збільшують об'єм виведення сечі [54]. Е.С. Мамбеталін, А.В. Скальний [55] виявили, що бор, інгібуючи кетаніоксидазу, пошкоджує ниркові канальці. Проте отримані факти в систему не об'єднали, тому питання щодо взаємозв'язку об'єму секреції сечі та рівня бору в організмі, а також питання щодо механізмів пошкодження канальців залишились нез'ясованими. Оскільки надходження бору до організму визначає вплив на стан ниркової функції, доцільно повернутися до розгляду питання щодо керування процесами реабсорбції і секреції в нирці, де основною регулювальною системою є нейрогуморальна.

Автори праць [56, 57] визначили, що провідну роль у регуляції екскреції й реабсорбції в нирках відіграють нейрогіпофізарні гормони, медіатори симпатичної системи і ренін-ангіотензин-альдостеронова система. Р.І. Айзман та співавт. [58] довели, що синтетичний аналог метенкефаліну активно змінює діурез на фоні 5 %-го водного навантаження. Цей вплив полягає в посиленні канальцевої реабсорбції і, як наслідок, у нормалізації водно-

сольової рівноваги. Автори наголосили, що домінування реабсорбції над фільтрацією є основним шляхом функціонального дозрівання механізмів регуляції іоноосмотичної регуляції в онтогенезі.

М.В. Кришталь [59] встановив, що гуморальні чинники (гідрокортисон, кортикотропін, вазопресин, інсулін) змінюють швидкість екскреції натрію. Згідно з даними фундаментальної праці «Фізіології нирок», дія регуляторів діурезу, а саме вазопресину, пов'язана з активуванням за його наявності аденілатциклази, яка забезпечує перехід аденозинтрифосфату (АТФ) в аденозинмонофосфат (АМФ). Накопичення циклічного АМФ стимулює перехід неактивної форми фосфорилази в активну. Фосфорилаза впливає на розміри мембранних пор, тобто регулює пасивну реабсорбцію води. На функціональну активність нирок діють не тільки гуморальні чинники, а й концентрація іонів металів (натрію), кількість біологічно активних речовин.

У праці А.І. Гоженко та співавт. [60] показано, що через коливання концентрації натрію в плазмі крові змінюються швидкість та об'єм клубочкової фільтрації й каналцевої реабсорбції. Крім того, умови зовнішнього і внутрішнього середовища (гіпербарія, лімфостаз) змінюють його іонно-сольовий склад і, відповідно, функцію нирок, але обидва ці показники швидко відновлюються після припинення дії несприятливого чинника [61–63].

Наведені дані дають підставу вважати, що іонний гомеостаз є не тільки пасивним об'єктом функціональної активності нирок, а й за системою зворотного зв'язку може, у свою чергу, регулювати цю активність, тобто бор – доволі ефективний мікроелемент, що інтенсивно діє на активність ферментів енергоутворення й за деякими даними, може значно впливати на функціонування нирок [64].

Вплив бору на організм у разі застосування боровмісних МВ повною мірою не встановлено. Особливо це стосується взаємозв'язку основного макроскладу МВ й концентрації бору. На думку деяких авторів [65, 66], наявність цього мікроелемента не на-

дає МВ якихось специфічних властивостей. Однак інші автори [52, 67] вважають, що бор у складі органічних і неорганічних сполук у МВ визначає специфіку їх впливу на організм.

Учені Українського науково-дослідного інституту медичної реабілітації та курортології МОЗ України велику увагу приділили вивченню дії бору на організм людини. У складі МВ цей мікроелемент у підвищених кількостях може надавати водам нових терапевтичних властивостей. Проте широкий діапазон коливання його вмісту, особливо у МВ високої й середньої мінералізації, та невстановлені межі діапазону припустимих кількісних коливань визначили напрям подальших досліджень.

Для цього було проведено сезонний моніторинг фізико-хімічного складу та мікробіологічних властивостей боровмісних МВ України, відібрано типові зразки МВ з найбільшою («Поляна Купель») і найменшою («Планета») кількістю H_3BO_3 , вивчено токсико-гігієнічні властивості H_3BO_3 , встановлено субпорогову, порогову, оптимальну та шкідливу для організму дози.

Перевірку шкідливості H_3BO_3 у модельних середовищах із використанням бак-культур було розпочато від концентрації H_3BO_3 45 мг/дм³ (що відповідало її вмісту в МВ «Планета») за допомогою тест-культури *Bacillus cereus* (штам 8035). Результати мікробіологічного біотестування за різних концентрацій H_3BO_3 наведено в табл. 7.2. На підставі отриманих даних можна дійти таких висновків. По-перше, всі концентрації H_3BO_3 , запропоновані для дослідження, не були шкідливими для тест-культури *Bacillus subtilis* (штам АТСС 6633). По-друге, H_3BO_3 концентрацією 265 мг/дм³, що характерна для газованої води «Поляна Купель», призводила до загибелі тест-культури *Bacillus cereus* (штам 8035). Інші концентрації H_3BO_3 не були критичними для цього мікроорганізму. Очевидно, в цьому випадку на тест-культуру вплинув сумарний ефект від макроскладу мінеральної МВ, діоксиду вуглецю, яким було оброблено воду, оскільки концентрація в 500 мг/дм³ стандартного розчину H_3BO_3 на *Bacillus cereus* негативно не діяла.

Таблиця 7.2

Вплив різних концентрацій бору на бактеріальні тест-культури

Найменування тест-культури	Концентрація H_3BO_3 , мг/дм ³	Результат
Модельне середовище з відтворенням основного макрокомпонентного складу води «Поляна Купель»		
<i>Bacillus cereus</i> (штам 8035)	200	+++
<i>Bacillus subtilis</i> (штам АТСС 6633)	200	+++
Стандартний розчин H_3BO_3 концентрацією, що характерна для води «Поляна Купель» без сольової основи		
<i>Bacillus cereus</i> (штам 8035)	200	+++
<i>Bacillus subtilis</i> (штам АТСС 6633)	200	+++
Стандартні розчини H_3BO_3 без сольової основи		
<i>Bacillus cereus</i> (штам 8035)	35	+++
<i>Bacillus subtilis</i> (штам АТСС 6633)	35	+++
<i>Bacillus cereus</i> (штам 8035)	100	+++
<i>Bacillus subtilis</i> (штам АТСС 6633)	100	+++
<i>Bacillus cereus</i> (штам 8035)	200	+++
<i>Bacillus subtilis</i> (штам АТСС 6633)	200	+++
<i>Bacillus cereus</i> (штам 8035)	500	+++
<i>Bacillus subtilis</i> (штам АТСС 6633)	500	+++
Газована мінеральна лікувально-столова вода «Поляна Купель»		
<i>Bacillus cereus</i> (штам 8035)	265	---
<i>Bacillus subtilis</i> (штам АТСС 6633)	265	+++

Примітка: «+++» – наявність росту в трьох пробірках; «---» – відсутність росту в трьох пробірках.

Порівняльним аналізом шкідливого впливу різних концентрацій H_3BO_3 стандартних розчинів від бальнеологічної норми до 500 мг/дм³ підтверджено, що ці концентрації нетоксичні для *Bacillus subtilis* (штам АТСС 6633) і *Bacillus cereus* (штам 8035).

Тест-культура *Bacillus subtilis* (штам АТСС 6633) стійка до дії H_3BO_3 різних концентрацій.

Мінеральна лікувально-столова газована вода «Поляна Купель» (концентрація H_3BO_3 265 мг/дм³) повністю гальмувала ріст тест-культури *Bacillus cereus* (штам 8035).

Учені Українського науково-дослідного інституту медичної реабілітації та курортології МОЗ України провели експериментальні дослідження на тваринах щодо встановлення безпеки й біологічної активності модельних середовищ на дистильованій воді з вмістом ортоборної кислоти 35, 100, 200 мг/дм³ та модельного середовища, що містило не тільки 200 мг/дм³ ортоборної кислоти, а й макрокомпонентний склад МВ «Поляна Купель». Крім того, проаналізовано також газовану воду «Поляна Купель», яка за даними хімічного аналізу містила 180 мг/дм³ ортоборної кислоти, зразок цієї ж води з вмістом ортоборної кислоти 265 мг/дм³. Розчини боровмісних модельних середовищ та зразки МВ шури отримували одноразово внутрішньоочеревинно у добовій дозі 1 % маси тіла тварини. Вивчали функціональні стани печінки (визначали кількість жовчі, сумарний вміст жовчних кислот, холатів і холестерину, індекс літогенності) та нирок (визначали кількість добової сечі, механізм сечоутворення за креатиніновим кліренсом, відокремлення шлаків за концентрацією в сечі сечовини і хлоридів, рН сечі).

Тестами безпечної дії модельних середовищ і борних МВ були нейрогенний та гепатотропний ефекти, які досліджували за «наркотичною пробою» чи схемою Сперанського [68]. Тваринам вводили тіопентал натрію внутрішньоочеревинно, в дозі 0,75 мг сухої речовини на 100 г маси тіла тварини. Визначали час засинання і тривалість наркотичного сну, однакові значення яких слугували показниками однотипності контрольної групи тварин. Після навантаження їх дослідними зразками за зміною цих тестів визначали фізіологічну дію досліджуваної МВ та водних розчинів бору на центральну нервову систему (час засинання) або на функціональний стан печінки (тривалість наркотичного сну).

Виведення досліджуваних речовин з організму забезпечується функцією нирок, тому вивчення тестів, що характеризують цю функцію, відіграє важливу роль у формуванні фізіологічного ефекту, який дає уявлення про межі безпечності вживання боровмісних МВ. Під впливом порогової й надпорогової доз борної кислоти вихідний стан сечоутворення змінюється (рис. 7.1).

Визначено позитивну реакцію організму на вплив усіх концентрацій борної кислоти, тобто виявлено діуретичний ефект, обумовлений стимулюванням парціальних процесів у нефронах нирок – як швидкості фільтрації первинної сечі у клубочках, так і кількості реабсорбованої води у ниркових каналцях. Винятком була МВ «Поляна Купель» (зразок № 6), вплив якої виявлявся у збільшенні швидкості фільтрації первинної сечі за незмінної реабсорбції води ($p > 0,2$). МВ з концентрацією борної кислоти 265 мг/дм^3 на відміну від інших модельних середовищ чинила вірогідний ефект ($p < 0,001$) олужнення сечі. Отже, відгук нирок щурів на вплив боровмісних модельних середовищ неспецифічний.

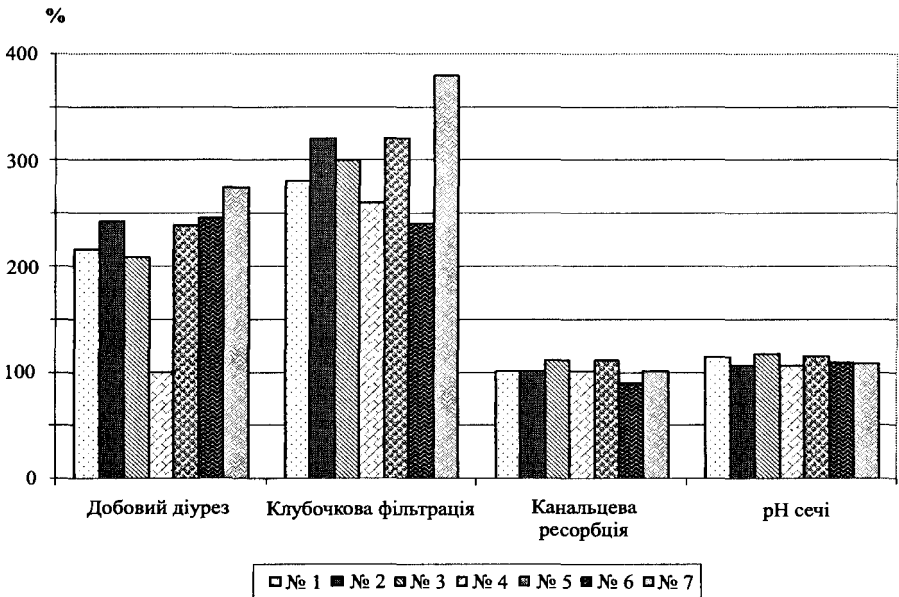


Рис. 7.1. Вплив модельних середовищ із різним умістом H_3BO_3 та мінеральної води «Поляна Купель» на функціональний стан нирок здорових щурів

Рис. 7.2 ілюструє такі параметри як час засинання груп тварин і тривалість медикаментозного сну.

Змін у стані ЦНС тварин не відмічено, тому що різниці цього тесту в контрольних і дослідних групах були невірогідними ($p > 0,5$; $p > 0,2$).

Тривалість наркотичного сну визначається функціональним станом печінки, від якого залежить швидкість зниження концентрації тіопенталу в крові, що обумовлює пробудження тварин. Після впливу середовища № 1 з мінімальною регламентованою кількістю борної кислоти (35 мг/дм^3) тривалість сну тварин залишалась без змін ($p > 0,2$). Доза борної кислоти 100 мг/дм^3 (модельне середовище № 2) стимулювала функцію печінки, внаслідок чого тривалість наркотичного сну скорочувалась на $70,94 \%$ ($p < 0,001$). Приблизно так само впливало на функцію печінки модельне середовище № 3 ($200 \text{ мг/дм}^3 \text{ H}_3\text{BO}_3$): тривалість сну тварин скорочувалась на $74,87 \%$ ($p < 0,001$). Однак у разі додавання до розчину борної кислоти такої концентрації сольової основи води «Поляна Купель» різниця між контрольним і дослідним варіантами була меншою – $65,44 \%$ ($p < 0,001$), тобто додавання штучного макрокомпонентного складу цієї води дещо «гасило» дію ортоборної кислоти. Реакція організму щурів на вплив модельного середовища № 4 (500 мг/дм^3 борної кислоти без сольової основи) виявлялась у вірогідному ($p < 0,02$) скороченні тривалості наркотичного сну на $44,5 \%$.

МВ «Поляна Купель», яка містить 180 мг/дм^3 борної кислоти, чинить односпрямовану дію з модельними середовищами, а саме скорочує тривалість сну тварин порівняно з вихідним станом їх організму на 64% ($p < 0,05$). Однак підвищення концентрації H_3BO_3 до 265 мг/дм^3 за однакового макроскладу у зразку № 7 МВ «Поляна Купель» чинило протилежну дію – пригнічувало функціональний стан печінки тварин, що виявилось у збільшенні в 2 рази тривалості наркотичного сну ($p < 0,05$).

Отже, експериментально визначено кілька видів дозо-ефективних модельних розчинів H_3BO_3 :

а) субпороговий (35 мг/дм^3) – не викликає фізіологічного ефекту за обраним параметром дослідження;

б) пороговий (100 мг/дм^3) – дає початкові прояви фізіологічної дії за реєстрованим показником;

в) оптимальний (200 мг/дм^3);

г) шкідливий (265 мг/дм^3) – викликає порушення якоїсь функції організму, в нашому випадку – антитоксичної функції печінки щурів.

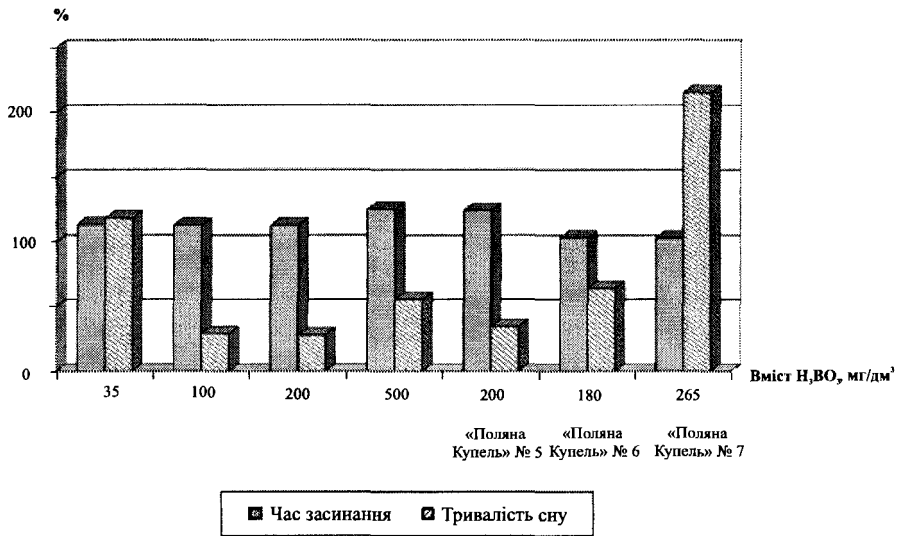


Рис. 7.2. Вплив модельних середовищ із різним умістом H_3BO_3 та мінеральної води «Поляна Купель» на функціональний стан центральної нервової системи й антиоксидантну функцію печінки щурів

Слід зазначити, що як борні МВ, так і модельні розчини на дистильованій воді з концентрацією H_3BO_3 50–300 мг/дм³ і вище, чинять на організм односпрямований вплив, але модельні розчини впливають різкіше (практично на межі виникнення патологічних змін), а саме:

- потужний діуретичний вплив;
- підвищення антиоксидантної здатності печінки;
- збільшення жовчоутворювальної здатності печінки.

Відмінність у дії на досліджувані процеси обумовлена здатністю H_3BO_3 до комплексоутворення з органічними й неорганічними сполуками у складі МВ. Мінеральні води – якісно жива система (на відміну від розчинів бору в дистильованій воді), тобто жорстка дія бору дещо нівелюється сольовим компонентом МВ. При цьому МВ вищої мінералізації та з більшим умістом бору («Поляна Купель»), потужніше впливає на вищеперелічені системи [69]. Цей факт підтвердили інші дослідники. Як вважає М.О. Гайсак [24], бор у МВ бере участь у створенні буферної сис-

теми МВ із залученням H_2BO_2 , $H_2B_4O_7$, $H_3BO_3 + NaHCO_3$, доповнює багатокомпонентну буферну систему, основою якої є так звана гідрокарбонатна буферна система, що здатна нейтралізувати можливу подразнювальну дію H_3BO_3 та його сполук на органи травлення.

Використання борної середньомінералізованої гідрокарбонатно-хлоридної натрієвої води «Семигірська» з вмістом ортоборної кислоти 250 мг/дм^3 у щурів з експериментальними виразками слизової шлунка чинило помірний репаративний ефект. На відміну від МВ, 250 мг/дм^3 розчин тетраборату натрію на дистильованій воді мав помітнішу репаративну дію. Дослідники припускають, що відмінність впливу на процеси регенерації обумовлена здатністю бору до комплексоутворення з органічними й неорганічними сполуками, тобто у цьому разі фізіологічна роль бору нівелюється сольовим компонентом МВ [70].

Експериментальними дослідженнями вчених Українського науково-дослідного інституту медичної реабілітації та курортології МОЗ України на щурах із моделлю алкогольного гепатозу встановлено високу коригувальну здатність загальновідомих МВ «Лужанська» та «Поляна Квасова». Застосування борних МВ поліпшувало антитоксичну функцію печінки, про що свідчить вірогідне скорочення тривалості медикаментозного (тіопенталового) сну ($p < 0,01$; $p < 0,001$). Під впливом обох борних МВ відновлювались активності аланінамінотрансферази (АлТ) та аспартатамінотрансферази (АсТ), а саме, вірогідне зниження АсТ сприяло зниженню індексу Рітиса практично до рівня цього показника тварин контрольної групи, тобто застосування борних МВ гальмувало розвиток дистрофічних процесів у гепатоцитах. Однак під час гістологічних досліджень печінки щурів із гепатозом, які отримували МВ «Лужанська», особливих відмінностей від мікроскопічної картини печінки щурів із патологією не виявлено, зберігались часточковість і наявність клітин із вакуолізованою цитоплазмою, міжбалкові простори були дещо розширеними, а в печінкових клітинах залишались ядра з чітким гранулярно-волокнистим рисунком хроматину. Після застосування МВ «Поляна Квасова» гепатоцити з вакуолізованою цитоплазмою не виявлялись,

біля судин тріад скупчення лімфоцитів зникали, тобто під впливом цієї МВ структурна організація печінки щурів із гепатозом відновлювалась ліпше. Детоксикаційну функцію печінки відновлювали обидві МВ, «Лужанська» – повністю (вміст загального, прямого й непрямого білірубину не відрізнявся від контрольного). Застосування МВ «Поляна Квасова» призводило до значного зниження вмісту загального білірубину, що свідчило про пригнічення процесів жовчоутворення й підтверджувало регуляторну дію бору на цей процес, якого, до речі, у згаданій МВ у вигляді ортоборної кислоти більше, ніж у МВ «Лужанська».

На підставі доклінічних досліджень уперше було рекомендовано провести клінічні випробування хворих на хронічну алкогольну інтоксикацію, в результаті яких встановлено, що МВ «Лужанська» і «Поляна Квасова» здатні нормалізувати більшість її проявів. Зняття алкогольної інтоксикації – специфіка дії цих МВ [71].

Слід зазначити, що Свалявський р-н Закарпаття унікальний за насиченістю водопроявами вуглекислих борних гідрокарбонатних натрієвих вод різної мінералізації, які дуже популярні серед населення через свої кислотонейтралізуючі властивості. До нашого часу залишились джерела МВ «Лужанська» («Вовчий Квас», с. Солочин), «Оленівська» (с. Оленьово) [33], «Плосківська» (с. Плоске), на яких у минулому розливали МВ. Населення району широко використовує не тільки природні води із джерел і свердловин, а й фасовані у пляшки відомі під назвами «Поляна Купель», «Поляна Квасова», «Лужанська», «Лужанська-7», «Неліпінська», «Поляна Неліпінська», «Плосківська», «Поляна Плосківська».

Нинішня необхідність використання борних МВ у лікувальних цілях продиктована складною ситуацією, в якій опинилась країна. Нестабільні соціально-економічні умови України сильно впливають на життєдіяльність і психічне здоров'я населення [72]. Унаслідок цього проявляються стани психоемоційної перенапруги і дезадаптації, що, за суттю, є наслідком колективної психологічної травми та соціальних розладів. Через неможливість вивчення цих процесів на людях необхідно створювати експериментальні моделі на тваринах. Об'єктом можуть слугувати

тварини, які ведуть колективний спосіб життя. Такими є лабораторні щури, життєдіяльність яких характеризується складною й високорозвиненою ієрархічною організацією.

Відтворена модель експериментального хронічного емоційно-імобілізаційного стресу, посиленого ситуаційними чинниками, відображала ті патогенетичні процеси, які виникають за тривалого впливу на організм стресу [73]. У тварин значно пригнічувались рухова активність, орієнтувально-дослідницька поведінка, подовжувались акти завмирань; гальмувалась функціональна активність нирок, що збігалось з підвищенням умісту в крові сечовини, молекул середньої маси (маркер ендогенної інтоксикації підвищення), істотно зменшувалась активність Mg-АТФази і Na/K-АТФази в мітохондріях печінки (енергозабезпечення у кожній клітині організму визначається саме активністю системи АТФаз), ослаблювалась детоксикаційна функція печінки та ін. Для коригування порушень, спричинених тривалим стресом (30 діб) було застосовано борну маломінералізовану гідрокарбонатну натрієву воду «Свалявська» з вмістом ортоборної кислоти 50 мг/дм³. Примусове напування тварин упродовж двох тижнів МВ (добова доза від 1 % маси тіла на фоні стресу) запобігало розвитку певних патологічних проявів у різних системах організму, більш помітним цей вплив був по відношенню до їх нервової системи [74]. Отримані дані можуть слугувати науковим підґрунтям для призначення борних МВ як одного з ефективних засобів коригування наслідків хронічного стресу.

Висновки до розділу 7

У результаті експериментальних досліджень визначено позитивний вплив борних МВ на функціональний стан нирок [75], що є науковою підставою для диференційованого питного використання цих МВ при захворюваннях сечовивідних шляхів та поєднаній гастроурологічній патології. Основною метою призначення МВ є збільшення діурезу, зменшення концентрації солей, зміна рН сечі, поліпшення уродинаміки, вплив на запаль-

ні процеси та електролітний склад сечі, полегшення відходження конкрементів, ослаблення спазму гладкої мускулатури сечовивідних шляхів та шлунково-кишкового тракту. Метаболічні порушення, що призводять до формування літогенних діатезів, сечокам'яної хвороби та їх ускладнень – метаболічних нефропатій та хронічних пієлонефритів – повністю не вивчено, як і процеси літогенезу. Проте визначення головних патогенетичних ланок формування цих патологій підтверджує доцільність використання борних МВ різної загальної мінералізації для лікування різних типів порушень. Так, боровмісні МВ застосовують передусім з метою впливу на функціональний стан органів травлення, ліквідації умов, що призводять до кристалізації солей сечі шляхом зміни показника рН та діурезу. Якщо перше досягається застосуванням високо- й середньомінералізованих вод, то необхідна діуретична дія – використанням мало- і слабо-мінералізованих вод [46, 76].

Боровмісні МВ належать до найрізноманітніших гідрохімічних типів. Перелічені закономірності – газовий склад, іонний склад, наявність біологічно активних компонентів і сполук, межі мінералізації – можуть слугувати основою для розробки кондицій і порогових значень концентрацій бору при використанні боровмісних вод з лікувальною метою.

Вищенаведені праці вчених обґрунтовують доцільність застосування борних МВ як чинника загального впливу на організм. Вони здатні підвищувати резерви функціонування гормональних систем організму, резистентність органів до дії пошкоджувальних чинників різного характеру.

Борні води, які використовують з урахуванням результатів експериментальних досліджень, позитивно впливають на показники водно-електролітного й вуглеводного обмінів; гармонізують функціональну активність нирок; стимулюють окисно-відновлювальні реакції енергетичного обміну; стимулюють жовчоутворювальну і жовчовивідну функції печінки. Інтенсивність біологічної дії боровмісних МВ позитивно корелює з вмістом у них бору.

Список літератури до розділу 7

1. *Нейко С.М.* Мікроелементи в медицині. Вклад вчених Івано-Франківського державного медичного університету / С.М. Нейко // Галицький лікарський вісн. – 2008. – Т. 15, № 2. – С. 5–8.
2. *Хухрянский В.Г.* Химия биогенных элементов / В.Г. Хухрянский, А.Я. Цыганенко, Н.В. Павленко. 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Вища шк., 1990. – 206 с.
3. *Экологическая токсикология* / Под ред. И.М. Тупоницы. – Ужгород: Изд.-во Ужгород. ун-та, 1997. – Т. 1. – С. 37–101.
4. *Скальный А.В.* Биоэлементы в медицине / А.В. Скальный, И.А. Рудаков. – М.: Мир, 2004. – 215 с.
5. *Авцын А.П.* Микроэлементозы человека / А.П. Авцын, А.А. Жаворонков, М.А. Риш, Л.С. Строчкова. – М.: Медицина, 1991. – 496 с.
6. *Красинцева В.В.* Геохимия природных вод / В. В. Красинцева. – М.: Мир, 1985. – 440 с.
7. *Онищенко И.П.* Борные воды Закарпатья / И.П. Онищенко: Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. – Киев, 1987.
8. *Вовк И.Ф.* Борные воды Закарпатья / И.Ф. Вовк, И.П. Онищенко // Геол. журн. – 1984. – Т. 44, № 5. – С. 55–64.
9. *Федорова Т.К.* Физико-химические процессы в подземных водах / Т.К. Федорова. – М.: Недра, 1985. – С. 19.
10. *Драйвер Дж.* Геохимия природных вод / Дж. Драйвер. – М.: Мир, 1985. – 440 с.
11. *Крайнов С.Р.* Условия и причина формирования углекислых бороносных вод (на примере Большого и Малого Кавказа) / С.Р. Крайнов, Б.З. Зауташвили, Я.Г. Петрова и др. // Геохимия, 1978. – № 5. – С. 761–776.
12. *Халатян Э.С.* Формирование бороносных минеральных вод Армении и Закарпатья. Кинетика и динамика геохимических процессов / Э.С. Халатян. – К.: Наук. думка, 1983. – С. 177.
13. *ДСТУ 878–93.* Води мінеральні фасовані. Технічні умови. – К.: Держстандарт України, 1993. – 88 с.
14. *Крылова Н.В.* Роль микроэлементов в азотфиксации / Н.В. Крылова // Изв. АН СССР. Сер. Биология. – 1962. – № 5. – С. 718–731.

15. *Гидрогеохимия* и микробиология борсодержащих минеральных вод Кавказа и выявление бальнеологического значения бора // Отчет ЦНИИКиФ (Рук. канд. мед. наук В.Б. Киселев). – 126 с.
16. *Николенко С.И.* Результаты сезонного мониторинга микробиологических особенностей борных и кремниевых вод Украины / С.И. Николаенко // Мед. реабилитация, курортология, физиотерапия. – 2002. – № 2. – С. 39–40.
17. *Нікіпелова О.М.* Експериментальні фізіологічні та мікробіологічні дослідження мінеральних вод Закарпаття / О.М. Нікіпелова, Н.О. Алексеєнко, С.Г. Гуща // Вода: Гігієна та екологія. – 2013. – № 1. – С. 102–109.
18. *Івасівка С.В.* Біологічно активні речовини води «Нафтуся», їх генез та механізми фізіологічної дії / С.В. Івасівка. – К.: Наук. думка, 1997. – 111 с.
19. *Попович І.Л.* Роль мікрофлори та органічних речовин води «Нафтуся» у її модулювальному впливі на нейроендокринно-імунний комплекс та метаболізм / І.Л. Попович // Стреслімітуючий адаптогенний механізм біологічної та лікувальної активності води «Нафтуся». – К.: Комп'ютерпрес, 2011. – С. 191–222.
20. *Шварц В.Я.* Некоторые аспекты изучения лечебного действия минеральных вод при заболеваниях органов пищеварения / В.Я. Шварц, В.К. Фролков // Вопр. курортологии, физиотерапии и лечебной физ. культуры. – 1990. – № 1. – С. 20–24.
21. *Основи курортології.* Посібник для студентів та лікарів / За ред. М.В. Лободи, Е.О. Колесника. – К.: Купріянова О.О., 2003. – 512 с.
22. *Алексеенко Н.А.* Бутилированные слабоминерализованные воды Карпатского региона с повышенным содержанием органических веществ / Н.А. Алексеенко, К.Д. Бабов, Е.М. Никипелова, С.И. Николенко // Матеріали наук.-практ. конф. з міжнар. участю «Оздоровчі ресурси Карпат і прилеглих регіонів». – Чернівці, 5–6 жовтня 1999. – С. 82–83.
23. *Боголюбов В.М.* Проблемы изучения борных минеральных вод.: Сб. статей «Борсодержащие минеральные воды СССР» / Труды Центр. ин-та курортологии. – М., 1988. – С. 3–5.

24. *Гайсак М.О.* До питання про питний прийом борних гідрокарбонатних натрієвих мінеральних вод / М.О. Гайсак // *Наук. вісн. Ужгород. ун-ту.* – 1998. – Вип. 6. – С. 31–35.
25. *Шкала Л.В.* Мікроелементи: біологічна роль в організмі людини / Л.В. Шкала // *Галицький лікарський вісн.* – 2003. – Т. 10, № 4. – С. 125–127.
26. *Nzietchueng R.M.* Mechanisms implicated in the effects of boron on wound healing / R.M. Nzietchueng, B. Dousset, P. Frank // *J. Trace Elements Med. Biol.* – 2002. – Vol. 16, N 4. – P. 239–244.
27. *Sebbirter W.* Trace elements in human and animal nutrition / W. Sebbirter // *Fibbten Ed.* – Vol. 1 – II. – New York.: Acad. Press, 1987. – P. 289–314.
28. *Hamilton E.S.* An overview: the chemical elements nutrition, disease and health of man. Research needed on mineral content of human tissues / E.S. Hamilton // *Fed. Proc.* – 1981. – Vol. 40, N 8. – P. 2126–2130.
29. *Трахтенберг І.М.* Сучасні аспекти вивчення біогеохімічних провінцій з позицій медичної екології / І.М. Трахтенберг, В.А. Остроумова, К.П. Козлов, Т.П. Поморцева // *Медичні перспективи.* – 1980. – Т. III. – С. 5–12.
30. *Смоляр В.И.* Гипо- и гипervитаминозы / В.И. Смоляр. – К.: Здоров'я, 1989. – 152 с.
31. *Войнар А.И.* Биологическая роль микроэлементов в организмах животных и человека / А.И. Войнар // М.: Высш. шк., 1980. – 184 с.
32. *Попов В.Т.* Механизм действия бора на организм теплокровных животных (поступление, распределение и элиминирование) / В.Т. Войнар, Р.К. Ангелиева // *Гигиена и санитария.* – 1969. – № 1. – С. 78–81.
33. *Лемко І.С.* Мікроелементний склад мінеральних вод та медико-географічне районування Закарпаття / І.С. Лемко, Б.М. Фекийшгазі, Л.П. Киртич // *Мед. гідрологія та реабілітація.* – 2005. – Т. 3, № 2. – С. 4–13.
34. *Москалев К.И.* Минеральный обмен / К.И. Москалев. – М.: Медицина, 1985. – 377 с.

35. *Экологическая токсикология* / Под ред. И.М. Тупоницы. – Ужгород: Изд-во Ужгород. ун-та, 1997. – Т. 1. – С. 37–101.
36. *Schrauser J.N.* The discovery of the essential trace elements: An outline of the history of biological trace element research / J.N. Schrauser // *Biochemistry of the essential ultratrace elements* / Ed. E. Friden. – N 4. – London: Plenum Press, 1984. – P. 17–32.
37. *Bernat I.* Iron metabolism / I. Bernat. – Budapest: Akad. Kiado, 1983. – 415 p.
38. *Скальный А.В.* Микроэлементы для нашего здоровья / А.В. Скальный. – М.: ОНИКС, 2003. – 238 с.
39. *Nzietchueng R.M.* Mechanisms implicated in the effects of boron on wound healing / R.M. Nzietchueng, B. Dousset, P. Frank // *J. Trace Elements Med. Biol.* – 2002. – Vol. 16, N 4. – P. 239–244.
40. *Карплюк З.А.* Динаміка деяких мікроелементів при порушенні функції підшлункової залози в експерименті / З.А. Карплюк, Л.Н. Хананаєв // *Галицький лікарський вісн.* – 2005. – Т. 12, № 2. – С. 22–25.
41. *Naghii G.* Influence of the coniferous forest on cardiovascular diseases and uropoiesis for volunteers in eksperimenteta / G. Naghii, S. Samman // *Biol. Trace Elements Res.* – 1997. – N 56 (3). – P. 273–286.
42. *Шманько В.И.* Влияние лечения борсодержащей минеральной водой Ново-Полянского месторождения на желчевыделение при реабилитации больных с сочетанным поражением печени и желчевыводящих путей и нарушениями углеводного обмена / В.И. Шманько, В.А. Чернеляк // *Гастроэнтерология.* – 1992. – Вып. 2. – С. 90–93.
43. *Nielsen F.H.* Possible future implications of nickel, arsenic, silicon, vanadium and other ultra trace elements in human nutrition / F.H. Nielsen // *Clinical and biochemical nutritional aspects of trace elements.* – New York NY; Alan R. Liss Inc., 1982. – P. 379–404.
44. *Penland J.G.* Influence of diet with the coniferous forest on the function of boron and cognitive work / J.G. Penland // *Environ Health Perspect.* – 1994. – 102. – Suppl 7. – P. 65–72.

45. *Бондаренко Н.П.* Перспективи клінічного застосування природних маломінералізованих хлоридних натрієвих вод в лікуванні та профілактиці ранніх гістозів / Н.П. Бондаренко, В.В. Стеблюк // Мед. реабілітація, курортологія, фізіотерапія. – 2003. – № 1 (33). – С. 37–39.
46. *Мінеральні води Закарпаття.* Питне лікувальне використання / За ред. М.В. Лободи, Л.П. Киртич. – Ужгород: ІВА, 1997. – 174 с.
47. *Вагерич Е.И.* Использование борсодержащих минеральных вод в лечении больных гипосекреторным гастритом / Е.И. Вагерич // Тез. докл. науч.-практ. конф. «Санаторно-курортное лечение больных с заболеваниями органов пищеварения». – Моршин, 1996. – С. 29–31.
48. *Королев Ю.Н.* Использование минеральных вод разной минерализации в восстановительном периоде гамма-облучения / Ю.Н. Королев, С.М. Зубкова, Л.А. Никулина // Материалы междунар. конгр. «Традиционная медицина и питание. Теория и практические аспекты». – М., 1994. – Т. 1. – С. 371.
49. *Константинов Л.И.* Токсикокинетика боратов и боридов при однократном воздействии / Л.И. Константинов, Б.А. Кацнельсон, Л.К. Кнышева // Гигиена и санитария. – 1992. – № 9–10. – С. 61–64.
50. *Полушина Н.Д.* Эффекты сочетанного применения сульфатно-хлоридной натриевой минеральной воды и каптоприла при экспериментальном атеросклерозе / Н.Д. Полушина, С.П. Найденов, С.А. Кожевников // Вопр. курортологии, физиотерапии и лечебной физ. культуры. – 2002. – № 1. – С. 24–27.
51. *Полушина Н.Д.* Влияние минеральной воды на продукцию серотонина и инсулина / Н.Д. Полушина // Там же. – 1998. – № 4. – С. 9–10.
52. *Кнышова В.В.* Влияние борсодержащей минеральной воды на состояние процессов перекисного окисления липидов и факторов антиоксидатной защиты при экспериментальном гастродуодените / В.В. Кнышова // Там же. – 2002. – № 2. – С. 34–36.

53. *Антонюк М.В.* Антиатерогенные свойства различных типов углекислых минеральных вод при внутреннем их применении / М.В. Антонюк, Н.Л. Иванова // Там же. – 2002. – № 1. – С. 20–23.
54. *Гуца С.Г.* Стан водного обміну у тварин при вживанні мінеральної води за умов експериментального предіабету / С.Г. Гуца // Мед. реабілітація, курортологія, фізіотерапія. – 2003. – № 4. – С. 29–31.
55. *Мамбеталин Е.С.* Экскреция с мочой химических элементов в условиях техногенного загрязнения окружающей среды / Е.С. Мамбеталин, А.В. Скальный // Гигиена и санитария. – 1992. – № 5–6. – С. 15–17.
56. *Тернер А.Я.* Особенности водно-солевого обмена, функции почек и механизмов их регуляции в юношеском возрасте / А.Я. Тернер, Р.И. Айзман // Физиология человека. – 1991. – Т. 17, № 3. – С. 115–122.
57. *Запорожан В.М.* Гормональні фактори регуляції водно-електролітного обміну в патогенезі порушень гемодинаміки при приклампсії / В.М. Запорожан, А.І. Гоженко, О.О. Свірський // Фізіол. журн. – 2000. – Т. 46, № 2. – С. 48–54.
58. *Айзман Р.И.* Влияние энкефалинов на водно-солевой обмен крыс в онтогенезе / Р.И. Айзман, Е.Н. Душина, В.Д. Слепушкин // Бюл. эксперим. биологии и медицины. – 1993. – Т. СХVI, № 8. – С. 158–161.
59. *Кришталь Н.В.* Эндокринная регуляция транспорта ионов в почках крыс / Н.В. Кришталь // Проблемы эндокринологии. – 1993. – Т. 39, № 3. – С. 50–52.
60. *Гоженко А.І.* Фізіологічні основи визначення лейкоцитурії та еритроцитурії / А.І. Гоженко, С.І. Доломатов, Р.О. Коноваленко // Одес. мед. журн. – 2002. – № 3 (71). – С. 78–79.
61. *Бахтеева В.Т.* Состояние водно-солевого обмена у морских свинок после длительного пребывания при различных температурах гипербарической среды / В.Т. Бахтеева, В.Б. Костин // Физиол. журн. – 1991. – Т. 77, № 2. – С. 100–105.
62. *Коновчук В.П.* Регуляція водно-сольового обміну при порушенні цілісності лімфообігу / В.П. Коновчук // Фізіол. журн. – 1992. – Т. 38, № 1. – С. 32–36.

63. Суханов Ю.В. Суточная динамика гормональной регуляции водно-солевого обмена у человека при длительной гипокинезии / Ю.В. Суханов, И.М. Ларина, Т.М. Смирнова // Физиология человека. – 1991. – Т. 17, № 2. – С. 93 – 98.
64. Насибуллин Б.А. Возможное участие иона бора в осуществлении регуляции функциональной активности почек / Б.А. Насибуллин, С.Г. Гуца // Вісн. проблем біології та медицини. – 2005. – Вип. 3. – С. 5–9.
65. Джугели М.С. Комплексное лечение больных на курорте Уцера / М.С. Джугели, Л.Г. Бочоришвили, Л.Г. Бурчуладзе [и др.] // Изучение минеральных вод Грузии и изучение их лечебного действия: Сб. науч. трудов. – Тбилиси, 1986. – С. 43–54.
66. Фролков В.К. Роль гомеостатической системы в реализации механизмов действия питьевых минеральных вод / В.К. Фролков, В.Ф. Репс, И.П. Бобровицкий // Биомедприбор. – М., 2002. – 302 с.
67. Зубкова С.М. Механизмы иммуномодулирующей активности минеральных вод / С.М. Зубкова // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. – 2005. – № 1. – С. 3–7.
68. Алексеенко Н.О. Посібник з методів досліджень природних та преформованих лікувальних засобів: мінеральні природні лікувально-столові та лікувальні води, напої на їхній основі; штучно мінералізовані води; пелоїди, розсоли, глини, воски та препарати на їхній основі. Ч. 3. Експериментальні та доклінічні дослідження / МОЗ України, УкрНДІМРтаК / Н.О. Алексеенко, О.С. Павлова, Б.А. Насибуллін, А.С. Ручкіна. – Одеса, 2002. – 120 с.
69. Алексеенко Н.О. Біологічний відгук організму тварин на дію різних концентрацій бору / Н.О. Алексеенко, С.Г. Гуца // Мед. реабілітація, курортологія, фізіотерапія. – 2003. – № 2 (34). – С. 47–48.
70. Королев Ю.И. Изменение процессов репаративной регенерации в желудке крыс при внутреннем применении борсодержащих вод / Ю.И. Королев, Л.Н. Панова, В.В. Солдатов // Вопр. курортологи, физиотерапии и лечебной физ. культуры. – 1986. – № 5. – С. 17–19.

71. *Золотарева Т.А.* Влияние борных минеральных лечебно-столовых вод на функциональное состояние печени экспериментальных животных с хронической алкоголизацией / Т.А. Золотарева, Б.А. Насибуллин, С.Г. Гуща [и др.] // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. – 2014. – № 1. – С. 4–7.
72. *Геник С.М.* Роль стресу в розвитку захворювань / С.М. Геник, С.І. Геник // Галицький лікарський вісн. – 2007. – Т. 14, № 4. – С.104–106.
73. *Патент* UA 61221 Україна МПК G 09В 23/28. Спосіб моделювання хронічного стресу / Т.А. Золотарьова, Б.А. Насібулін, Н.О. Алексеєнко, С.Г. Гуща, І.В. Бондарь, Г.В. Іванова, Н.О. Ярошенко; заявник та патентовласник ГУ «Укр. НДІ медичної реабілітації та курортології МОЗ України». № 201015935; заявлено 29.12.2010, опубл. 11.07.2011. Бюл. № 13 (кн. 1).
74. *Гуща С.Г.* Обґрунтування стрес-протекторного використання мінеральної води «Свалявська» у щурів з хронічним іммобілізаційно-емоційним стресом / С.Г. Гуща, Н.О. Ярошенко, А.В. Змієвський // Загальна патологія та патологічна фізіологія. – 2012. – Т. 7, № 3. – С. 52–56.
75. *Бабов К.Д.* Влияние борсодержащих минеральных вод различной минерализации на водно-солевой обмен и функцию почек крыс / К.Д. Бабов, Б.А. Насибуллин, Т.А. Золотарева, С.Г. Гуща // Мед. гідрологія та реабілітація. – 2006. – Т. 4, № 2. – С. 82–85.
76. *Мінеральні води України* / За ред. Е.О. Колесника, К.Д. Бабова. – К.: Купріянова О.О., 2005. – 576 с.

◆ РОЗДІЛ 8

КРЕМНІЄВМІСНІ МІНЕРАЛЬНІ ВОДИ УКРАЇНИ ТА ЇХ СУЧАСНЕ ВИКОРИСТАННЯ У ЛІКУВАЛЬНІЙ ПРАКТИЦІ

*(К.Д. Бабов, О.М. Нікіпелова, С.Г. Гуца, Б.А. Насібуллін,
А.Л. Погребний)*

Проблема взаємодії організму і навколишнього середовища, незважаючи на тривале її вивчення, так як і раніше привертає увагу багатьох дослідників. Особливо цікавим є питання про взаємозв'язки організму з хімічними сполуками навколишнього середовища. Такими є зокрема значно поширені в ґрунті, воді і повітрі сполуки кремнію. Останнім часом через унікальні технічні властивості (термостійкість, гідрофобність, антиадгезивність) кремній широко використовують у медичній, мікробіологічній, харчовій промисловості, виробництві косметичних засобів, при цьому увага вчених спрямована на з'ясування його токсиколого-гігієнічних властивостей та безпечності для людини [1].

В організмі людини і тварин кремній міститься практично в усіх органах і тканинах у різних концентраціях у трьох основних формах [2]:

а) неорганічні сполуки, розчинні у воді, що проникають у клітини – ортокремнієва кислота, іони орто- й олігокремнієвої кислоти; вони легко виводяться з організму;

б) розчинні в органічних розчинниках кремнієорганічні сполуки – орто- й олігокремнієві ефіри вуглеводів, білків, холестерину;

в) нерозчинні кремнієвмісні полімери – аморфний кремнезем, полікремнієві кислоти.

Поверхня цих полімерів у організмі завжди вкрита хемосорбованими шарами органічних сполук, до складу яких входять гідроксильні чи аміногрупи. 60 % кремнезему, що міститься в крові

людини, хімічно зв'язано з білковими речовинами, 30 – із ліпідами, 10 % – водорозчинні сполуки кремнію.

Висока концентрація кремнію в тканинах, де слабо розвинені або відсутні нервові волокна: сполучна тканина, залози, легені, лімфовузли, зубна емаль, нігті, волосся [3]. У плазмі крові людини міститься 0,5 мг/дм³ кремнію. Найбагатші на кремній сполучні тканини аорти, трахеї, сухожилки, кістки, шкіра, епідермальні утворення. У щурів аорта, трахея та сухожилки містять у 4–5 разів більше кремнію, ніж печінка, м'язи і серце. Кремній входить до складу крові у вигляді розчинної вільної кремнієвої кислоти [4]. Висока концентрація кремнію в сполучній тканині й епідермальних утвореннях, що є структурним компонентом глікозаміногліканів та їх білкових комплексів, надає міцності і пружності цим тканинам. В епітеліальних тканинах кремній міститься у формі низькомолекулярних сполук клітинних мембран, обумовлює їх еластичність і непроникність [5]. Остання обставина особливо важлива для нормального функціонування нирок, оскільки виведення токсичних метаболітів за наявності кремнію не супроводжується пошкодженням епітелію каналців. Очевидно, сполуки кремнію значно запобігають пошкодженню мембран і знижують їх проникність.

Ферментативний гідроліз пектинів і гіалуронової кислоти підтвердив, що кремній сполучений у них з органічною речовиною ковалентними зв'язками й виконує роль «зшивного» елемента. Кремній виявлено і в мукополісахаридах, що входять до складу сполучних тканин. Він може слугувати «зшивним» агентом елементів мікротрубочок клітин, а також мікротілець мітохондрій у ділянках кальцифікації кісткової тканини. Цей елемент впливає на реакцію гемаглютинування. Гепарин містить більш як 0,1 % кремнію. Фермент, який вивільнює кремній з його сполук, виявив К. Шварц у підшлунковій залозі, шлунку і нирках тварин. Він міститься в мембранозв'язаній формі в мітохондріях і мікросомах [6].

Щоденна потреба організму в кремнії становить 20–30 мг у перерахунку на кремнезем. З їжею та водою за добу його потрапляє 3,5, із повітрям – 1,5 мг. Організм людини засвоює за добу

9–14 мг кремнезему (залежно від функціонального навантаження). Ця величина добре узгоджується з даними про добове виведення кремнезему з сечею – 9 мг. За важливістю щодо регуляції обмінних процесів мікроелементи можна порівняти з вітамінами. Їх навіть об'єднують в одну групу, оскільки і вітаміни, і мікроелементи потрібні організму в дуже малих кількостях. У метаболізмі вони є кофакторами ферментів, до яких належать також коферменти (кофермент – небілкова частина молекули ферменту, що неміцно зв'язана з нею і виконує каталітичну функцію). Майже третина усіх відомих ферментів для повного прояву каталітичної активності потребує наявності мінеральних кофакторів. Тому в останні десятиліття фармацевтичні фірми збільшили виробництво комплексних препаратів, які містять і вітаміни, і мінеральні добавки.

Тривалий час інтерес до дії кремнію на живий організм був пов'язаний тільки зі здатністю цього мікроелемента викликати силікоз. Лише у 1972 р. одночасно й незалежно один від одного у різних лабораторіях Каліфорнійського університету К. Schwazz і Е. Corlisle довели, що кремній потрібний для нормального росту й розвитку щурів і курчат, формування хряща, кістково-сполучної тканини в організмі, бере участь у низці важливих метаболічних процесів, а отже, є умовно есенційним мікроелементом [8].

Спочатку біологічну роль кремнію пов'язували з речовиною SiO_2 , а не з іонами цього елемента. В.А. Некрасов і співавт. [9] припустили, що кремнезем є абсорбційним центром, на якому концентруються молекули біосубстратів, що беруть участь у процесах пероксидного окиснення ліпідів (ПОЛ). Біосубстрати активують реакції й утворюють велику кількість продуктів ПОЛ, що призводить до значного пошкодження клітинних мембран.

Згодом вплив кремнію на фізіологічні процеси організму людини і тварин почали пов'язувати з багатьма чинниками, насамперед із його участю в метаболізмі ліпідів, фосфору, мінеральних речовин та регулювальною дією процесів росту тіла, волосся [10].

Про фізіологічну роль кремнію в організмі ссавців, у тому числі й людини, відомо мало. Перші дані, які підтвердили есен-

ційність кремнію, отримано *in vitro* за допомогою електронного мікрозондування кістки. Вони дають підставу вважати, що кремній, як і фосфор, бере участь у формуванні органічної матриці кістки на початкових етапах її кальцифікації. При переломах кісток вміст кремнію в місці перелому збільшується майже в 50 разів. З віком вміст кремнію в кістковій тканині, артеріях, шкірі істотно зменшується. Зроблено припущення, що це є однією з причин розвитку атеросклерозу.

У скелетних м'язах кремній хімічно зв'язаний з високомолекулярними сполуками, які не проникають крізь ультрафільтри. У нирках основна частина його міститься у фракції, яка проходить крізь ультрафільтр, отже, тут кремній входить до складу низькомолекулярних сполук.

Кремній знайдено у такому важливому субстраті організму, як нуклеїнова кислота, у протеїнах мозку, артерій, серцевому м'язі, фосфатазі кісток, інших ферментах організму. У шкірі він зв'язаний з аміногрупами пептидних ланцюгів. Однією з можливих форм сполук кремнію в організмі тварин є кремнієві ефіри двохатомних фенолів.

Експериментально встановлено, що майже весь кремній, який надходить в організм тварини з кормом, проходить транзитом через травний тракт і виводиться з калом, а невелика кількість цього елемента, яка всмокталась, виводиться із сечею. Даних щодо механізму всмоктування кремнію з таких сполук, як кремнезем, ортокремнієва кислота, пектин, органічний кремній немає. У шлунково-кишковому тракті всмоктується близько 1 % кремнію з усіх його сполук. Балансовими дослідженнями на тваринах доведено, що поглинений кремній виводиться із сечею [10, 11]. У кишківнику цей елемент сповільнює розщеплення рослинної їжі [12, 13]. Механізм всмоктування Si в шлунково-кишковому тракті остаточно не з'ясований, однак його екскреція нирками й утримання в плазмі крові прямо пропорційні вмісту кремнію в харчових продуктах і питній воді [14].

На засвоєння кремнію значно впливає форма його розчинних сполук у травному тракті. Крім того, засвоєння кремнію в організмі щурів залежить від віку, статі та активності травних залоз.

У рідких середовищах організму відбувається вільний обмін кремнієм. Ортокремнієва кислота, потрапивши в організм, надходить до всіх біологічних рідин і тканин у концентраціях, обмежених тільки розчинністю, й швидко виводиться з організму. Концентрація кремнію в рідких середовищах організму, виключаючи сечу, близька до його концентрації в плазмі крові. Головною транспортною формою цього мікроелемента в крові є полікремнієві кислоти. Біодоступність кремнію, що міститься в питній воді, становить 50–80 % [14]. Це пов'язано з тим, що розчинні солі ортокремнієвої кислоти (мономерні силікати) майже не взаємодіють із слизовою оболонкою шлунково-кишкового тракту і легко проникають крізь слизовий шар, переважно в проксимальному відділі тонкої кишки. Навпаки, полімерні сполуки кремнію активно взаємодіють зі слизовою оболонкою й утворюють катіонні містки, а тому стають малорухливими [15, 16].

Значними джерелами кремнію є рослинні продукти: кенійська квасоля, зелені боби, стручкова квасоля, шпинат, коріандр, пшениця, овес, ячмінь та особливо рис [14, 17]. Багаті на цей елемент і лікарські рослини: хвоц, елеутерокок, буквиця лікарська, тирлич роздільний, гірчак (спориш) звичайний [18, 19]. Залежно від кількості споживаних рослинних продуктів в організм потрапляють різні кількості кремнію. Так, в європейських країнах це 13–62 мг, в Індії – 143–204, у Китаї – 139 мг за добу [14]. За даними останнього огляду літератури щодо надходження в організм кремнію з їжею, у Фінляндії в середньому на людину щодобово припадає 29 мг цього елемента, у Великій Британії – 20–50, США – 30–33 для чоловіків і 24–25 мг для жінок [20].

У вигляді діоксиду кремній входить до складу зубних паст (як абразив), декоративної косметики. Високодисперсний аморфний кремнезем (аеросил) є компонентом антацидних засобів, ентеросорбентів, мазей, супозиторіїв, пломбувальних матеріалів [14, 21].

За дефіциту кремнію відбуваються патологічні зміни хрящової тканини, зменшується число остеобластів. Патологічні зміни в організмі людини можуть бути обумовлені й надлишком кремнію, найбільш дослідженими з них є силікози. Доведено, що

при виключенні сполук кремнію з раціону тварини відстають від контрольної групи у рості й масі, у них порушується структура кісток, шерсть має нездоровий вигляд. Відновлення кремнієвмісної дієти значно стимулює ріст тварин, сприяє поступовому зникненню патологічних змін. Додавання до корму розчинної кремнієвої кислоти або силікагелю пришвидшувало розвиток навіть тих тварин, які до цього отримували нормальну їжу [22–25]. На підставі отриманих результатів кремній віднесено до групи елементів, необхідних людині і тваринам. На його важливу роль вказує також наявність у генетичному апараті тварин – нуклеїнових кислотах [26].

Відомо, що сполуки кремнію беруть активну участь у всіх метаболічних процесах живого організму, особливо в метаболізмі ліпідів, еритроцитів, а також, вірогідно, у динаміці живої плазми шляхом зміни поверхневого потенціалу клітин, у процесах окиснення, входять до їх складу як коферменти [27, 28].

Отже, кремній в організмі людини виконує вкрай активну роль у фізіологічних процесах, розкриття якої матиме велике практичне значення й ознаменує новий важливий етап у розвитку медицини.

Зменшення надходження кремнію в організм (20–30 мг SiO_2 за добу) призводить до «силікатної анемії», що спостерігається зокрема при скрофульозі, рахіті, лімфатичних захворюваннях [29]. Це відбувається за високого вмісту кальцію в питній воді та в разі споживання рафінованої їжі (білого хліба, очищених круп, рафінованої олії та ін.). Дефіцит кремнію в організмі може спричинити знижена кислотність шлункового соку через погане засвоєння сполук кремнію, що надходять з їжею. Однією з найнаочніших і простих діагностичних ознак нестачі кремнію в організмі є ламкість нігтів.

Уміст кремнію значно зменшується у крові та підшлунковій залозі, яка багата на цей елемент, при діабеті, тому лікування багатьох його форм введенням кремнієвої кислоти дає позитивний ефект. З порушенням обміну сполук кремнію пов'язано багато інших патологічних процесів, до яких належать запалення, гепатити, гіпо- й гіпертонії, катаракта, ниркова недостатність, ревма-

тизм, виразка шлунка, хвороби шкіри [3]. Усе це свідчить про те, що кремній відіграє в організмі важливу захисну роль, підвищує його самозахисні функції, сприяє дезінтоксикації. Частково це обумовлено тим, що сполуки кремнію полегшують видалення з сечею метаболітів, чужорідних і токсичних речовин, слугують бар'єром для поширення дегенеративних процесів, інтенсифікують біосинтез колагену.

Навіть постійне введення в організм *per os* значних кількостей кремнію не чинить на організм помітного шкідливого впливу. Наприклад, після щоденного введення кролям по 2 г силікагелю протягом 30 тижнів жодних негативних явищ не спостерігалось. Білі щури, які щоденно протягом місяця пили тільки воду, що містила 5–6 мг/дм³ SiO₂ (по 15–20 мл), зовні не відрізнялись від тварин контрольної групи. Однак у них кремній акумулювався у печінці та кровоносних судинах, особливо у тварин старшого віку. Вміст кремнію в скелетних м'язах старих тварин також підвищувався, а в молодих практично не змінювався. Тому з геронтологічного погляду доцільно контролювати прийом препаратів кремнію.

Надмірне надходження кремнію до організму людини призводить до порушень кальцієвого обміну, утворення каменів у нирках і сечовивідних шляхах. У кремнієвих провінціях у людей поширена ендемічна сечокам'яна хвороба. Кількість кремнію, виведеного з організму, залежить від його вмісту в їжі та швидкості засвоєння. Кремній, що надійшов у кров, не затримується в організмі і швидко виводиться з сечею, завдяки чому його концентрація в крові, навіть при дуже широких коливаннях його вмісту в їжі, змінюється незначно. Водночас кількість кремнію в сечі не лімітується швидкістю його виведення нирками [5]. Зроблено припущення, що цей процес здійснюється за своєрідними механізмами.

Профільтрована в клубочках сеча в проксимальному каналці реабсорбується на 85 %. Це обумовлено реабсорбцією іонів Na⁺, за якими виводиться еквівалентна кількість води. Реабсорбція і секреція іонів регулюється за допомогою нервово-гормональних механізмів. За звичайних умов нирки постійно піддаються ком-

бінованому впливу негормональних біологічно активних речовин (адреналін, ацетилхолін, енкефаліни, простагландини та ін.) і специфічних гормонів (альдостерон, вазопресин) [30]. Головну роль відіграють гормони нейрогіпофізу, медіатори симпатичної нервової системи, ренін-ангіотензини [31, 32].

Ацетилхолін призводить до збільшення діурезу й екскреції іонів Na^+ , K^+ , Cl^- , оскільки розширює пре- і постгломерулярні судини в усіх відділах нирок. Так як судини мозкового шару в звичайному стані мають максимальний для ниркових судин опір, їх вазодилатація обумовлює найбільший приріст кровотоку саме в мозковій речовині. Остання обставина очевидно зумовлює «вимивання» осмотичного градієнта й інтерстицію сосочка. Через зниження осмотичного градієнта зменшується реабсорбція води в тонкому сегменті петлі Генле, в результаті у висхідну частину надходить велика кількість рідини, концентрація іонів натрію в ній знижується, що разом зі збільшенням швидкості руху рідини призводить до погіршення умов реабсорбції іонів натрію і сприяє їх виведенню.

Адреналін обумовлює зниження діурезу і зменшення виведення іонів натрію нирками. Це пов'язано з тим, що адреналін безпосередньо впливає на епітелій ниркових каналців і опосередковано – на секрецію альдостерону [3].

Енкефаліни, згідно з експериментальними даними авторів праці [32], також впливають на функцію нирок, причому ця реакція корелює з віком тварини. У щуренят синтетичний аналог енкефалінів спочатку стимулює діурез та іоноурез, а потім пригнічує їх. У дорослих тварин в аналогічних умовах діурез близький до даних інтактних тварин, а в іоноурезі змінюється співвідношення іонів натрію і калію. Така відмінність ефектів очевидно залежить від ступеня зрілості механізмів регуляції осмотичного гомеостазу.

Антидіуретичний гормон (вазопресин) різко гальмує діурез через підвищення проникності гладких мембран епітеліоцитів. Реалізація ефекту вазопресину пов'язана з активуванням за його наявності аденілатциклази, що перетворює АТФ на АМФ. Останній стимулює перехід «реактивної» фосфорилази в активну. Цей

фермент, у свою чергу, змінює властивості клітинних пор мембран, а отже, впливає на пасивну реабсорбцію води [33].

Слід зазначити, що спільним для всіх робіт із вивчення функції нирок є погляд на іонний гомеостаз як на об'єкт функціонування нирки. Останнім часом з'явилися роботи, у тому числі [34], в яких показано, що зміна кількості іонів натрію, які потрапили до організму, різко змінює швидкість процесів реабсорбції води в звивистих каналцях, а також ефективність і швидкість клубочкової фільтрації, тобто регулює функціональну активність нирок. Зміна динаміки процесів реабсорбції і фільтрації залежить від умов зовнішнього середовища, властивостей лімфи. Це пов'язано зі зміною іонно-сольового балансу, порушення якого впливає на чутливість нирок до регулювальних сигналів, а отже, і до швидкості фізіологічних процесів у них [35].

Згідно з експериментальними даними, отриманими в результаті вивчення дії кремнієвих слабомінералізованих вод «Дана» та «Аквавіта плюс» [36], збільшується добовий діурез, що обумовлено активуванням парціальних процесів – сповільненням реабсорбції води в каналцях і пришвидшенням фільтрації первинної сечі. Крім того, ці води спричинюють перерозподіл тканинної води та електролітів, зокрема їх депонування в органах-депо (наприклад, печінці), зростання концентрації іонів натрію в плазмі, калій- і натрійурію, що обумовлює їх салуретичну дію. Кремнієвмісні води усіх типів чинять діуретичну дію, яка найвиразніша у слабомінералізованих вод. Як гіпотонічні розчини вони інтенсивніше всмоктуються в шлунково-кишковому тракті і вже через годину після споживання збільшують кількість загальної та циркулюючої рідини, стимулюють осмо- й волюморцептори, а через них – гальмують виділення антидіуретичного гормону. За наявності у слабомінералізованих водах кремнієвої кислоти, особливо в кількості понад 40 мг/дм^3 , посилюється їх діуретична дія внаслідок кумулятивних властивостей кремнію, вони набувають сорбційних властивостей. Так, на думку деяких дослідників, ці води беруть активну участь у процесах виведення з організму сечокислих солей [37].

Отже, логічно вважати, що не тільки натрій, а й інші макроелементи та багато мікроелементів, наприклад кремній, впливає на функціональну активність нирок, однак подібні питання в літературі висвітлені недостатньо.

Кремній є постійним компонентом природних мінеральних вод, однак через дуже низьку розчинність силікатних мінералів, а також у зв'язку з тим, що силікати споживаються деякими групами організмів (в основному, для побудови кістяка), вміст кремнію у водах відносно низький. Кремній належить до слаборухливих аніоногенних елементів і посідає друге місце за поширеністю в земній корі. Він є слабким мігрантом, його мінерали важкорозчинні. В літературі є дані щодо залежності розчинності діоксиду кремнію від рН [38].

Основним шляхом надходження кремнію в мінеральні води є вилуження водовмісних порід. Найінтенсивніше породоутворювальні мінерали алюмосилікатного складу перетворюються під впливом розчиненого у воді вуглекислого газу.

Накопиченню кремнію сприяє підвищена температура, тому найчастіше на кремнієву кислоту збагачені азотні й вуглекислі терми.

Кремній утворює багато сполук з іншими елементами. Однак, незважаючи на велику різноманітність його сполук, у водних розчинах за наявності кисню переважною формою є кремнієва кислота, що утворюється як у реакціях заміщення за участю кисню, так і в результаті гідролізу солей та оксидів кремнію.

У мінеральних водах залежно від умов їх формування і фізико-хімічних характеристик кремній міститься в мономолекулярній (ортокремнієва кислота H_4SiO_4), іонній (H_3SiO_4^-) та колоїдній (типу $x\text{SiO}_2$ у H_2O) формах, а також у вигляді комплексів з розчиненими органічними речовинами вод. У працях деяких авторів [39, 40] показано, що основною формою існування кремнію є істинно розчинена монокремнієва кислота H_4SiO_4 в неіонізованій формі, і лише за $\text{pH} > 9$ силікат-іони можуть відігравати істотну роль. У пересичених кислих і нейтральних розчинах кремнієва кислота полімеризується [41], а за pH 6–7, характерного для досліджуваних мінеральних вод, швидкість полімерізації крем-

нієвої кислоти близька до мінімальної. Отже, відносна кількість кремнієвої кислоти у полімерній формі незначна.

Вміст кремнієвої кислоти прийнято за один з критеріїв оцінювання мінеральних вод. За нижню межу для віднесення мінеральних вод до кремнієвих, відповідно до класифікації В.В. Іванова, Г.А. Невраєва, прийнято сумарний вміст кремнієвої кислоти 50 мг/дм^3 [42].

Верхня межа лікувальної концентрації кремнієвих кислот у водах для внутрішнього застосування (пиття, інгаляції) коливається в межах $120\text{--}130$, для зовнішнього – $250\text{--}300 \text{ мг/дм}^3$ [43].

Норматив умісту кремнію в питній воді становить 10 мг/дм^3 , але доведено, що у воді з твердістю до $2,5 \text{ мг-екв/дм}^3$ вміст кремнію може досягати 25 мг/дм^3 , оскільки солі кальцію пригнічують біологічну дію кремнію [44]. В класифікації мінеральних вод колишнього СРСР кремнієві води розглядали в аспекті кремнистих терм, в основному вони призначались тільки для зовнішнього застосування. Концентрація кремнієвих кислот у водах залежить від температури й тиску. Чим вищі температура і тиск у зоні формування мінеральних вод, тим більша концентрація кремнієвих кислот. За температури $300 \text{ }^\circ\text{C}$ і тиску $8,8 \text{ МПа}$ у водах може накопичуватись 98 мг/дм^3 кремнієвих сполук, за $350 \text{ }^\circ\text{C}$ і $16,7 \text{ МПа}$ – 198 , за $450 \text{ }^\circ\text{C}$ і $30,4 \text{ МПа}$ – майже 4500 мг/дм^3 [45]. В Україні кремністі терми поширені обмежено й пов'язані в основному з гірськими складчастими областями. Як бальнеологічна група, кремнієві води тривалий час практично випадали зі сфери курортологічного застосування.

На території України кремнієві води трапляються в Закарпатській, Хмельницькій, Чернівецькій, Вінницькій, Одеській, Дніпропетровській областях. У гідрогеологічному аспекті – це води Волино-Подільського артезіанського басейну, тріщинні води Українського щита, Причорноморського й Дніпровсько-Донецького артезіанських басейнів. У західній і центральній частинах України такі води пов'язані з утвореннями неогенового й крейдового періодів, докембрію, в східних областях – найпоширеніші у відкладах палеогену. Водовмісними є в основному кристалічні породи та пісковики.

Кремнієвмісні води мають широкий спектр мінералізації – від слабо- до високомінералізованих, різний хімічний склад.

За основним іонно-сольовим складом води переважно гідрокарбонатні з мінералізацією до $1,0 \text{ г/дм}^3$, вміст метакремнієвої кислоти в них змінюється в межах $40\text{--}70 \text{ мг/дм}^3$.

Прояви кремнієвих слабомінералізованих вод виявлено в Закарпатській (с. Нижнє Солотвино), Хмельницькій (вода «Олена»), Чернівецькій (вода «Фартінг»), Вінницькій (води «Ріна», «Караван», «Дана»), Дніпропетровській (води «Знаменівська», «Козацька сила», «Ідеал»), Харківській («Харківська-1») областях.

Кремнієві маломінералізовані води ($2\text{--}5 \text{ г/дм}^3$) вивчено в двох областях – Одеській та Харківській. Це мінеральні води «Чорноморська», Клінічного санаторію ім. Горького (м. Одеса) та «Шебелинська» (Харківської обл.).

Кремнієві маломінералізовані води Одеського регіону належать до Причорноморського артезіанського басейну, пов'язані з вапняками середнього сармату неогенової системи, залягають на глибині $150\text{--}200 \text{ м}$. За складом вони хлоридні натрієві з мінералізацією $3\text{--}5 \text{ г/дм}^3$ та вмістом метакремнієвої кислоти $40\text{--}70 \text{ мг/дм}^3$.

Кремнієва вода «Шебелинська» Харківського регіону репрезентує води Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну, каптується джерелом з палеогенових відкладів. Це сульфатна вода багатого катіонного складу з мінералізацією $1,7\text{--}2,0 \text{ г/дм}^3$, містить $60\text{--}80 \text{ мг/дм}^3$ метакремнієвої кислоти.

Унікальними в бальнеологічному відношенні є кремнієвмісні мінеральні води, які одночасно у лікувальних концентраціях містять залізо, бор, діоксид вуглецю, органічні речовини. Найбільш поширені вони у межах Карпатського регіону, частково – у східній Україні. В Закарпатській обл. пов'язані з вулканогенними утвореннями неогенового періоду, трапляються на глибині від 35 до 640 м . Їх загальна мінералізація коливається в діапазоні $0,2\text{--}12,0 \text{ г/дм}^3$. Як правило, води з мінералізацією до $5,0 \text{ г/дм}^3$ за хімічним складом гідрокарбонатні, хлоридно-гідрокарбонатні натрієві або багатого катіонного складу, з вищою мінералізацією – хлоридні натрієві. Представниками їх є кремнієві вуглекислі

(«Шаянська»), вуглекислі залізисті («Настуся»), вуглекислі борні («Шаянська-2»), вуглекислі борні залізисті води (вода пансіонату «Колос» Ужгородського району).

Єдиними представниками кремнієвих вод з підвищеним вмістом органічних речовин є води Березівського та Рай-Оленівського родовищ Харківської обл. Це слабомінералізовані гідрокарбонатні води багатого катіонного складу, які містять 40–60 мг/дм³ метакремнієвої кислоти, 6–14 мг/дм³ органічних речовин.

Безпосередньо для кремнієвих слабомінералізованих вод ДУ «Український науково-дослідний інститут медичної реабілітації та курортології МОЗ України» за результатами сучасних медико-біологічних досліджень визначено біологічну дію вод «Аквавіта плюс», «Караван», «Дана» (Вінницька обл.), «Знаменівська», «Козацька сила» (Дніпропетровська обл.).

Кремнієві мінеральні води досить поширені на території країн СНД. Деякі з них залягають на відносно невеликих глибинах і формуються за рахунок вод, які інфільтруються з поверхні. Це сприяє їх збагаченню мікрофлорою ґрунту. Форми кремнієвмісних розчинних сполук досить різноманітні. Специфічну потребу мікроорганізмів у кремнії на сьогодні не з'ясовано, тому що вона залежить від конкретного мікроорганізму, його адаптації до довкілля. Проте відомо, що води містять аутохтонну мікрофлору різних еколого-трофічних груп, які виявляють бактерицидну дію щодо санітарно-показових мікроорганізмів. Передусім це антимікробні властивості стосовно умовно патогенних і патогенних мікробів, пов'язані з наявністю мікробів-антагоністів, тобто мінеральні води можуть діяти як біологічні засоби типу колібактерину, лактобактерину, в яких антагоністична дія мікробів зумовлена продукуванням різних ферментів (наприклад коліцину), що пригнічують життєдіяльність патогенної мікрофлори [37]. Екологічний розподіл кремнію значною мірою залежить від активності мікроорганізмів. Деякі мікроорганізми засвоюють його і використовують для побудови й підтримання клітинних структур. До таких належать діатомові, золотисті водорості, окремі силікофлагелляти, жовто-зелені водорості, радіолярії та актиноподи.

Відомі бактерії, гриби та лишайники, здатні солюбілізувати силікати і діоксид кремнію за допомогою ентеросорбентів, кислот, лугів або екзополісахаридів, які реагують із діоксидом кремнію та силікатами. Ці реакції відіграють важливу роль у вивітрюванні порід [46]. Такими бактеріями є тіонові, здатні продукувати сірчану кислоту. У мінеральних природних кремнієвій слабомінералізованій гідрокарбонатній магнієво-кальцієвій воді джерела № 1 с. Хижинці (Черкаська обл.) та кремнієвій слабомінералізованій хлоридно-гідрокарбонатній натрієвій свердловині № 2 с. Знаменівка (Дніпропетровська обл.) виявлено мікробіоту, яка бере участь у збагаченні вод кремнієм. Це тіонові бактерії виду *Thiobacillus thioparus* та діатомові водорості *Chaetoceros* sp. і *Nitzschia* sp.

Хоча дані стосовно біогенної ролі та токсикодинаміки кремнію є, досі не розглянуто питання про специфіку біологічної дії розчинених у воді його неорганічних сполук залежно від мінерального складу вод.

Дія мінеральної води на організм обумовлена не тільки її фізико-хімічними властивостями, а й особливостями функціонування, станом органів і систем організму на час її прийому. Оскільки мінеральні води є регулятором фізіологічних та патологічних процесів у біологічній системі, вони впливають на системну спрямованість власних компенсаторних можливостей організму. Крім того, їх дія має інтегративну спрямованість на весь організм у цілому чи на кілька систем одночасно [47]. Біологічна дія кремнієвих слабомінералізованих питних вод пов'язана з їх впливом на активність ферментів окисно-відновних реакцій енергообміну в клітинах усього організму, а саме з інактивуванням сукцинатдегідрогенази (СДГ) – одного з провідних ферментів циклу Кребса [47]. Експериментальними дослідженнями мінеральних вод «Дана» та «Аквавіта плюс» встановлено вірогідне значне підвищення рівня глюкози в крові щурів у першу та другу години досліді. Після третьої години у щурів, яких поїли мінеральною водою «Дана», рівень глюкози в крові не відрізнявся від даних тварин контрольної групи, а у тварин, які отримували воду «Аквавіта плюс», він дещо перевищував контроль-

ні показники. Вплив цих вод на функцію нирок характеризувався значним діуретичним ефектом. У випадку з водою «Дана» він був більшим, що обумовлено активуванням процесів сечоутворення – пришвидшенням фільтрації первинної сечі та гальмуванням реабсорбції в ниркових каналцях. Мінеральна вода «Аквавіта плюс» посилювала добовий діурез унаслідок сповільнення енергозалежного процесу реабсорбції, тобто можна вважати, що сполуки кремнію впливають на процеси зворотного всмоктування у збірних трубках нефронів насамперед у результаті зменшення енергозбереження. Слід підкреслити, що ці мінеральні води майже однакової загальної мінералізації ($0,5\text{--}0,7\text{ мг/дм}^3$), відрізняються тільки вмістом метакремнієвої кислоти ($48\text{--}68\text{ мг/дм}^3$). Співвідношення вмісту метакремнієвої кислоти до загальної мінералізації для води «Аквавіта плюс» становить 11,7, для води «Дана» – 6 %. Особливістю дії води «Дана» з нижчою концентрацією метакремнієвої кислоти є більш виражений вплив на функцію сечоутворення та менш різкий вплив на вуглеводний обмін.

Спираючись на дані авторів праць [48, 49], які встановили, що в динаміці розвитку цукрового діабету у крові й тканині підшлункової залози знижується концентрація кремнію, вчені ДУ «Український науково-дослідний інститут медичної реабілітації та курортології МОЗ України» провели серію досліджень. Щурів першої серії досліджень упродовж двох тижнів, до початку відтворення моделі порушення толерантності до глюкози, поїли вищезазначеними мінеральними водами. Щури другої серії отримували двотижневе навантаження ними внаслідок відтворення патологічного стану. Згідно з отриманими даними, застосування обох марок кремнієвмісних мінеральних вод до відтворення моделі порушення толерантності до глюкози запобігало підвищенню рівня глюкози у крові тварин, а при розвитку патологічного стану – вода «Дана» виявилась ефективнішою [50], тобто застосування цих вод у профілактичному режимі може запобігати розвитку цукрового діабету та гальмувати його на ранніх стадіях [51].

Наведені результати дають підставу стверджувати, що взаємодія макро- й мікрокомпонентного складу, вмісту біологічно ак-

тивних речовин (метакремнієвої кислоти), особливо у водах із загальною мінералізацією до 1 г/дм³, обумовлює їх біологічну активність. Такий феномен зазначали й інші вчені [52, 53]. Можна вважати, що кремнієві слабо- й маломінералізовані води зумовлюють гормезис (явище стимулювальної дії малих доз стресорів).

Дослідженнями, проведеними на здорових тваринах, встановлено, що кремнієві слабо- й маломінералізовані води не викликають значних змін структури органів шлунково-кишкового тракту щурів, відмічено затримання рідини у клітинах. У досліджених органах знижувалась активність СДГ, що свідчило про інактивіацію окиснення субстратів, у результаті гальмувалось виділення квантів енергії, необхідної для відтворення АТФ. Інакше кажучи, знижувалась енергоємність потенціалу реакційної здатності систем організму. Водночас підвищувалась активність NOS-ферменту – регуляторної молекули, яка в організмі викликає розширення судин, пришвидшує передачу синаптичних імпульсів, регулює обмін аденозинмонофосфату (АМФ) й гуаніномонофосфату (ГМФ). АМФ і ГМФ, у свою чергу, регулюють різні функції клітин та відповідних органів [54]. Участь есенційних мікроелементів, що входять до складу мінеральних вод, насамперед кремнію, в усуненні чинників ризику розвитку атеросклерозу в експерименті вивчали вчені ближнього зарубіжжя [55].

Зазначені особливості біологічної дії кремнію на організм очевидно обумовлюють ефективність кремнієвмісних мінеральних вод при лікуванні різноманітних патологічних станів. Наприклад, маломінералізовані води, що містять кремній, успішно застосовують для корекції порушень водно-сольового обміну в жінок із гестозами [56], курсове використання кремнієвих вод нормалізує баланс пероксидного окиснення ліпідів (ПОЛ)/антиоксидантного захисту (АОЗ) у щурів у пострадіаційний період [57]. Крім того, кремній входить до складу супероксиддисмутази, каталази, глутатіонпероксидази [57, 58]. Встановлено, що колоїдний діоксид кремнію регулює активність СДГ, ацетилхолінестерази, естераз А і В у печінці [3, 59]. Автори праці [60] виявили антигельмінтозну, фунгіцидну та противірусну дію кремнієорганічних сполук.

У щурів з експериментальним гепатозом (ЕГ) курсове застосування маломінералізованої сульфатно-хлоридно-гідрокарбонатної натрієвої води (складного аніонного складу з умістом метакремнієвої кислоти зі свердловини № 4689/2 смт Веселинове (Миколаївська обл.) обмежувало прояви патологічного процесу:

- частково коригувало функції центральної й вегетативної нервової системи з відхиленнями від норми внаслідок розвитку ЕГ;
- значно поліпшувало функціональний стан нирок, коригувало показники, змінені експериментальною патологією;
- частково обмежувало метаболічні порушення патологічного характеру в організмі піддослідних тварин в умовах розвитку ЕГ;
- відновлювало кількості лейкоцитів, моноцитів, показники червоної крові; нормалізувало процес фагоцитозу, збільшувало кількість загальних Т-лімфоцитів, активність комплементу, нормалізувало рівень циркулюючих імунних комплексів (ЦІК), обмежувало запальний процес з боку печінки;
- позитивно впливало на структурно-організаційний стан внутрішніх органів; нормалізувало структуру шлунка, нирок, міокарда внаслідок усунення проявів дистрофії; в печінці зникали ознаки жирового гепатозу, але залишались окремі ділянки з білковою дистрофією гепатоцитів;
- у більшості органів зберігалась підвищена активність анаеробного гліколізу; в печінці спостерігалась неоднорідна активність енергоутворення: навколо тріад – підвищена, навколо центральної вени – знижена.

На підставі проведених експериментальних досліджень мінеральну воду свердловини № 4689/2 смт Веселинове було рекомендовано для клінічних випробувань у хворих на розлади функцій нирок, печінки та метаболічних процесів в організмі [61].

Пусковим механізмом багатьох захворювань є наслідки стресу. Навіть несильні стресорні впливи, які набувають хронічного характеру і переходять з розряду адаптивних реакцій у пошкоджувальні чинники, загрозливі для багатьох органів і систем. Нестача

колоїдного діоксиду кремнію здатна порушити баланс між ПОЛ та активністю системи АОЗ організму, що може стати однією з початкових стадій розвитку стресіндукованої патології [62, 63]. Цю думку експериментально підтвердили автори праці [64]. Вони визначили, що профілактичне застосування питної сульфатної мінеральної води, особливо в поєднанні з іншими адаптогенними засобами, зокрема з цинком і кремнієм, обмежує розвиток стресорних порушень репродуктивної функції. В експериментальних дослідженнях на білих щурах лінії Вістар аутобредного розведення, проведених у три етапи, й за результатами клінічних досліджень на 18 волонтерах, встановлено, що хронічний емоційно-імобілізаційний стрес (ХЕІС) супроводжується пошкодженням нейрогуморальної регуляції трофіки, обумовленими цими метаболічними пошкодженнями (активування ПОЛ, інгібування АОЗ; інактивація енергоутворення; порушення обміну вуглеводів, надмірне використання субстратів енергоутворення); зменшенням детоксикаційної активності печінки; ослабленням сечоутворювальної й вивідної функцій нирок; перебудовами структурно-функціональної організації органів гуморальної та клітинної регуляції. Все це призводить до формування ендогенної інтоксикації (ЕІ), верифікованої збільшенням вмісту молекул середньої маси, підвищення лейкоцитарного індексу інтоксикації (ЛІІ). Основа розвитку ЕІ – накопичення токсичних метаболітів, інактивація їх детоксикації, зменшення виведення гідрофільних метаболітів через ослаблення вивідної функції нирок спостерігаються в умовах розвитку ХЕІС.

Споживання піддослідними щурами маломінералізованої гідрокарбонатної, багатого катіонного складу, з умістом метакремнієвої кислоти та органічних речовин, мінеральної води «Березівська» позитивно впливало на стан ЕІ. Перш за все це виявлялось у заспокійливій дії на центральну нервову систему й відновленні нейротрофічної активності. Внаслідок цього поліпшувались показники метаболізму: відновлювалась збалансованість, нормалізувались активність системи ПОЛ/АОЗ, енергетичних процесів, субстратне забезпечення енергоутворення, білковий обмін, детоксикаційна та вивідна функції організму. Зменшувалися

лась кількість токсичних метаболітів, нормалізувались вміст молекул середньої маси, ЛП; тобто прояви ЕІ, пов'язані зі стресом, зменшувались. Встановлено різнобічний безпосередній позитивний вплив слабомінералізованої мінеральної води «Березівська» на процеси керування метаболізмом [65].

Здатність кремнієвих слабо- й маломінералізованих вод впливати на інтенсивність процесів обміну, змінювати активність захисних реакцій організму відкриває великі перспективи їх використання для профілактики і лікування різних захворювань. Санаторно-курортне лікування спрямоване на поліпшення функції гепатоцитів, регулювання різних видів обміну (білкового, вуглеводного, пігментного), стимулювання жовчоутворення й жовчовиділення, гемодинаміки печінки, імунної реактивності, функції ендокринних залоз при застосуванні кремнієвих мінеральних вод.

Вирішення проблем профілактики й відновлювального лікування у сфері охорони здоров'я є актуальним завданням. Для цього доцільно використовувати природні чинники, у тому числі питні мінеральні води, які завдяки наявності різноманітних макро- і мікрокомпонентних комплексів активують різні центральні й місцеві рецепторні системи, впливають на структуру та проникність гістогематичних бар'єрів, підвищують адаптаційні можливості організму. Вчені встановили, що кремнієві мінеральні води чинять радіозахисну дію, сприяють виживанню тварин, зниженню хромосомних аберацій, підвищенню збереженості клітин печінки, тонкої кишки, червоного кісткового мозку [66, 67]. Мінеральні води з високим умістом кремнію (наприклад, популярна на Кавказі вода «Джермук») сприятливо впливають на здоров'я людей, особливо літніх [68]. За результатами комплексних досліджень учені ДУ «Український науково-дослідний інститут медичної реабілітації та курортології МОЗ України» розробили медичні показання до лікування цими водами: захворювання шлунка, кишківника, печінки, жовчних шляхів, підшлункової залози, сечостатевої системи, порушення обміну речовин [69]. На сьогодні за можливості широкого спектра лікувального застосування кремнієві мінеральні води на практиці використовуються дуже обмежено: в санаторії «Шаян» (Закарпатська

обл.), Клінічному санаторії ім. Горького (м. Одеса), Клінічному санаторії «Бермінводи» (Харківська обл.) [70].

Висновки до розділу 8

Сучасними медико-біологічними дослідженнями і клінічними випробуваннями підтверджено біологічну активність кремнієвих вод, яка залежить від геологічної будови території їх залягання.

Безсумнівними є необхідність подальшого вивчення механізмів розвитку різних патологічних станів, а також пошук, розробка й використання методів їх профілактики та лікування. Один із таких методів – застосування мінеральних фасованих лікувальних і лікувально-столових вод, оскільки вони практично не викликають побічних явищ, характеризуються довготривалими ефектами, придатні для споживання у комплексі з іншими лікувальними засобами.

Список літератури до розділу 8

1. Барсельянц Г.Б. Токсиколого-гигиеническая оценка некоторых кремнийорганических соединений / Г.Б. Барсельянц, А.Э. Татевосян, Н.А. Мовсесян [и др.] // Гигиена и санитария. – 1993. – № 8. – С. 69–73.
2. Авцын А.П. Микроэлементозы человека / А.П. Авцын, А.А. Жаворонков, М.А. Риш, Л.С. Строчкова. – М.: Медицина, 1991. – 496 с.
3. Schwarz K. Trace Element metabolism in animals / K. Schwarz // Proc. 2nd Int. Symp. – Baltimore, 1974. – P. 555–563.
4. Опарин А.И. Возникновение и начальное развитие жизни / А.И. Опарин. – М.: Мир, 1966. – 387 с.
5. Santra S. Silicon on insulator diode temperature sensor – A detailed analysis for ultra-high temperature operation / S. Santra, P.K. Guha, S.Z. Ali, I. Haneef, F. Udrea // IEEE Sensor J. – 2010. – Vol. 10, N 5. – P. 997–1003.

6. *Воронков М.Г.* Удивительный элемент жизни / М.Г. Воронков, И.Г. Кузнецов. – Иркутск: Восточно-Сибирское кн. изд-во, 1983. – 107 с.
7. *Химия окружающей среды* / Под ред. Дж.О.М. Бокрис. – М.: Химия, 1982. – 280 с.
8. *Воронков М.Г.* Кремний и жизнь. Биохимия, фармакология и токсикология соединений кремния / М.Г. Воронков, Г.И. Зелган, Э.Я. Луковиц. – Рига: Зинатис, 1978. – 588 с.
9. *Некрасов А.В.* Физико-химические аспекты воздействия двуокиси кремния на организм / А.В. Некрасов, А.С. Иванова, О.Г. Архипова // Сб. статей «Борьба с силикозом». – М.: Наука, 1982. – Т. 1, № 3. – С. 129–133.
10. *Воронков М.Г.* Кремний в живой природе / М.Г. Воронков, И.Г. Кузнецов. – Новосибирск: Наука, 1984. – 157 с.
11. *Kim M.H.* Silicon supplementation improves the bone mineral density of calcium-deficient ovariectomized rats by reducing bone resorption / M.H. Kim, Y.J. Bae, M.X. Choi // Biol Trace Elem Res. – 2009. – Vol. 128(3). – P. 239–247.
12. *Smith G.S.* Digestion, with Interactions of glucose, urea and minerals effects of sodium silicate on rumen cultures on forage // G.S. Smith, Ar.V. Nelson // J Anim. Sci. – 1975. – Vol. 41. – P. 891–899.
13. *Абатуров Б.Д.* Критические параметры качества растительных кормов для сайгаков на естественном пастбище в полупустыне / Б.Д. Абатуров // Зоол. журн. – 1999. – Т. 78, № 8. – С. 999–1010.
14. *Jugdaohsingh R.* Silicon and bone health / R. Jugdaohsingh // J. Nutr. Health Agng. – 2007. – Vol. 11(2). – P. 99–110.
15. *Jugdaohsingh R.* Oligomeric but not monomeric silica prevents aluminum absorption in humans / R. Jugdaohsingh, D.M. Reffat, C. Oldham [et al.] // Amer. J. Clin. Nutr. – 2000. – Vol. 71(4). – P. 944–949.
16. *Sripanyakom S.* The comparative absorption of silicon from different foods and food supplements / S. Sripanyakom, R. Jugdaohsingh, I.F. Dissayabut, S.J.C. Anderson, R.P.N. Thompson, J.J. Powell [et al.] // 7 Braz. J. Nutr. – 2009. – Vol. 102(6). – P. 825–834.
17. *Currie H.A.* Silica in plants: biological, biochemical and chemical studies / H.A. Currie, C.C. Perry // Ann Bot. – 2007. – Vol. 100. – P. 1383–1389.

18. Колесников М.П. Формы кремния в лекарственных растениях / М.П. Колесников, В.К. Гинс // Прикладная биохимия и микробиология. – 2001. – Т. 37, № 5. – С. 616–620.
19. Мондодоев А.Ж. Противовоспалительная активность сухого экстракта горца птичьего / А.Ж. Мондодоев, Л.Н. Шантанова // Бюл. ВСНЦ СО РАМН. – 2010. – № 2(72). – С. 185–188.
20. Jurkic L.M. Biological and therapeutic effects of ortho-silicic acid and some ortho-silicic acid-releasing compounds: New perspectives for therapy / L.M. Jurkic, S.X. Pavetic, K. Pavelt // Nutrition & Metabolism. – 2013. – Vol. 10. – P. 2.
21. Николаев В.Г. Современные энтеросорбенты и механизмы их действия (обзор) / В.Г. Николаев, С.В. Михаловский, Н.М. Гуркина // Эфферентная терапия. – 2005. – Т. 11, № 4. – С. 3–17.
22. Максаков В.Я. Витаминное питание сельскохозяйственных животных / В.Я. Максаков, Н.А. Мирошниченко, В.В. Кабанова, Н.М. Дрыда // М.: Колос, 1973. – 145 с.
23. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов: Справочник в 6 кн. / В.В. Иванов. – М.: Недра, 1994. – Кн. 3. – 250 с.
24. Ryabukhin Yu. S. Nuclear based methods for the analysis of trace elements pollutants in human hair / Ryabukhin Yu. S. // J. Radioanalyt. Chem. – 1980. – Vol. 60, N 1. – P. 125–130.
25. Эмсли Дж. Элементы. / Пер. с англ. – М.: Мир, 1993. – 180 с.
26. Ienggar G.V. Trace elements in human Clinical Specimens: Evaluation of Literature Data to identify Reference Values / G.V. Ienggar, J. Woittier // J. Clin. Chem. – 1988. – Vol. 34, N 3. – P. 310–330.
27. Войнар А.И. Биологическая роль микроэлементов в организме животных и человека / А.И. Войнар. – М.: Высшая школа, 1960. – 544 с.
28. Гомеостаз / Под ред. П.Д. Горизонтова. – М.: Медицина, 1981. – 576 с.
29. Бабенко Г.А. Применение микроэлементов в медицине / Г.А. Бабенко, Л.П. Решеткина. – Киев: Здоровье, 1971. – 123 с.
30. Надточин Ю.В. Физиология почки: Руководство по физиологии / Ю.В. Надточин. – Л.: Наука, 1972. – С. 31–39.
31. Гоженко А.І. Гормональні фактори регуляції водно-електролітного обміну в патогенезі порушень гемодинаміки при пре-

- екламсії / А.І. Гоженко, О.О. Свірський, О.О. Зелінський // Фізіол. журн. – 2000. – Т. 46, № 2. – С. 48–54.
32. *Айзман Р.И.* Особенности водно-солевого обмена, функций почек и механизмов их регуляции в юношеском возрасте / Р.И. Айзман, А.Я. Тернер // Физиология человека. – 1991. – Т. 17, № 3. – С. 115–122.
33. *Рябов С.И.* Функциональная нефрология / С.И. Рябов, Ю.В. Надточин / СПб.: Лань, 1997. – 304 с.
34. *Гоженко А.І.* Фізіологічні основи визначення лейкоцитурії та еритроурії / А.І. Гоженко, С.І. Долматов, Р.О. Коноваленко // Одеський мед. журн. – 2002. – № 2(11). – С. 78–79.
35. *Коновчук В.Н.* Регуляція водно-сольового обміну при порушенні цілісності системи лімфообігу / В.Н. Коновчук // Фізіол. журн. – 1992. – Т. 38, № 1. – С. 32–36.
36. *Алексеенко Н.А.* Влияние слабоминерализованных кремний-содержащих минеральных вод Украины на водно-солевой обмен в организме экспериментальных животных / Н.А. Алексеенко, С.Г. Гуца, Л.В. Тихоход // Медицинская реабилитация, курортология и физиотерапия. – 2005. – № 3(43). – С. 21–23.
37. *Мінеральні води Закарпаття.* Питне лікувальне використання / За ред. М.В. Лободи, Л.П. Киртич. – Ужгород: ІБА, 1997. – 174 с.
38. *Богомолов Г.В.* Кремнезем в термальных и холодных водах / Г.В. Богомолов, Г.Н. Плотникова, Е.А. Титова. – М.: Наука, 1967. – 112 с.
39. *Мышляева Л.В.* Аналитическая химия кремния / Л.В. Мышляева, В.В. Краснощекоев. – М.: Наука, 1972. – 212 с.
40. *Борисов М.В.* Исследование ИК-спектров водных растворов силиката натрия / М.В. Борисов, Б.Н. Рыженко // Геохимия. – 1974. – № 9. – С. 1367–1377.
41. *Драйвер Дж.* Геохимия природных вод / Дж. Драйвер. – М.: Мир, 1985. – 440 с.
42. *Иванов В.В.* Классификация подземных минеральных вод / В.В. Иванов, Г.А. Невраев. – М.: Недра, 1964. – 168 с.
43. *Мінеральні води України* / За ред. Е.О. Колесніка, К.Д. Бабова. – К.: Купріянова, 2005. – 576 с.

44. *Метельская Г.Н.* О нормировании кремния в питьевой воде / Г.Н. Метельская, Ю.В. Новиков, С.И. Плитман [и др] // Гигиена и санитария. – 1987. – № 8. – С. 19–20.
45. *Адилов В.Б.* Кремнистые минеральные воды юга западной Сибири и их лечебное использование / В.Б. Адилов, В.А. Елисеев, А.В. Пузанов / Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2002. – № 2. – С. 41–43.
46. *Ehrlich H.L.* Geomicrobiology: its significance for geology / H.L. Ehrlich // Earth-Science Reviews. – 1998. – N 45. – P. 45–60.
47. *Бабов К.Д.* Особенности биологического действия минеральных вод разной минерализации / К.Д. Бабов, Т.А. Золотарева, Б.А. Насибуллин [и др.]. – Киев: КИМ, 2009. – 60 с.
48. *Беличенко Т.А.* О лечебном эффекте минеральных вод Украины различного состава в лечении больных с патологией печени и билиарной системы / Т.А. Беличенко, Е.М. Никипелова, А.В. Паненко // Проблемы минеральных вод: Сб. науч. трудов / Под ред. В.М. Шестопалова. – К.: Карбон ЛТД, 2002. – С. 115–120.
49. *Фролков В.К.* Роль гомеостатической системы в реализации механизмов действия питьевых минеральных вод / В.К. Фролков, В.Ф. Репс, И.П. Бобровицкий. – М.: Биомедприбор, 2002. – 302 с.
50. *Гуца С.Г.* Особенности использования МВ с повышенным содержанием кремния при скрытых нарушениях углеводного обмена в эксперименте / С.Г. Гуца // Бюл. III читань В.В. Підвисоцького: Тези доп. наук. конф. з міжнар. участю. – Одеса, 2004. – С. 88–89.
51. *Алексеевко Н.О.* До механізму фізіологічної активності та протекторного впливу слабомінералізованих кремнієвих вод на зміни функції нирок та вмісту електролітів у тварин із експериментальною алоксановою інтоксикацією / Н.О. Алексеевко, С.Г. Гуца / Загальна патологія та патологічна фізіологія. – 2007. – Т. 5, № 2. – С. 23–29.
52. *Лемко І.С.* Мікроелементний склад мінеральних вод та медико-географічне районування Закарпаття / І.С. Лемко, Б.М. Фекійшгазі, Л.П. Киртич [та ін.] // Мед. гідрологія та реабілітація. – 2005. – Т. 3, № 2. – С. 4–13.

53. Павлова Е.С. Влияние минеральных вод различного макроэлемента и содержания биологически активных веществ на специфические механизмы формирования адаптационных процессов / Е.С. Павлова, Е.И. Бахолдина, Е.С. Бацко, Е.И. Пушкарь // Мед. реабилитация, курортология, физиотерапия. – 2008. – № 3. – С. 19–22.
54. Бабов К.Д. Структурно-функциональные изменения органов желудочно-кишечного тракта под влиянием маломинерализованных вод в эксперименте / К.Д. Бабов, Т.А. Золотарева, Б.А. Насибуллин // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. – 2007. – № 2. – С. 31–34.
55. Зубкова Н.И. Участие эссенциальных микроэлементов минеральных вод в устранении факторов риска атеросклероза в эксперименте / Н.И. Зубкова, Н.И. Варакина, Л.В. Михайлова [и др.] // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2001. – № 2. – С. 8–9.
56. Бондаренко Н.П. Перспективи клінічного застосування природних маломінералізованих хлоридних натрієвих вод в лікуванні та профілактиці ранніх гестозів / Н.П. Бондаренко, В.В. Стеблюк // Мед. реабілітація, курортологія, фізіотерапія. – 2003. – № 1(33). – С. 37–39.
57. Зубкова С.М. Особенности действия питьевых минеральных вод на пострadiационные восстановительные процессы у крыс при различных дозах γ -облучения / С.М. Зубкова, Л.В. Михайлик, Н.Н. Любимова // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 1995. – № 2. – С. 27–28.
58. Антонюк М.В. Антиатерогенные свойства различных типов углекислых минеральных вод при внутреннем их применении / М.В. Антонюк, И.Л. Иванова // Там же. – 2002. – № 1. – С. 20–23.
59. Papaccio G. Macrophages and antioxidant status in the NOD mouse pancreas / G. Papaccio, B. De Luca, F.H. Pisanti // J. Cell Biochemistry. – 1998. – Vol. 71, N 4. – P. 479–490.
60. Клецинова Е.А. Биологическая активность кремнийорганических соединений / Е.А. Клецинова, С.В. Говорова, Г.Н. Волкова [и др.] // Химико-фармацевт. журн. – 1989. – Т. 23, № 8. – С. 956–959.

61. *Звіт* про НДР «Медико-біологічна оцінка якості та цінності підземних вод свердловини № 4689/2 смт Веселинове Веселинівського району Миколаївської області щодо обґрунтування можливості їх фасування» Гд.0083.2013 № Держреєстрації 0113U007521.
62. *Насибуллин Б.А.* Современные представления о биологической роли кремния в организме человека и животных / Б.А. Насибуллин, С.Г. Гуца // Мед. реабілітація, курортологія, фізіотерапія. – 2006. – № 1(45). – С. 29–32.
63. *Репс В.Ф.* Метаболические механизмы лечебно-профилактического действия питьевых минеральных вод / В.Ф. Репс. – Пятигорск, 2001. – 176 с.
64. *Королев Ю.Н.* Ультраструктурные изменения клеток Сертоли семенников крыс при применении питьевой минеральной воды в сочетании с микроэлементами цинком и кремнием в условиях стресса / Ю.Н. Королев, М.С. Гениатулина, Л.А. Никулина // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2012. – № 5. – С. 49–53.
65. *Алексеевко Н.О.* Стреслімітуюча дія слабомінералізованої кремнієвої мінеральної води Березівського родовища за умов хронічного емоційно-іммобілізаційного стресу, ускладненого ситуаційними чинниками в експерименті / Н.О. Алексеевко, Н.О. Ярошенко, С.Г. Гуца // Мед. реабілітація, курортологія, фізіотерапія. – 2012. – № 1(69). – С. 37–41.
66. *Метельская Г.Н.* О нормировании кремния в питьевой воде / Г.Н. Метельская, Ю.В. Новиков, С.И. Плитман [и др.] // Гигиена и санитария. – 1987. – № 8. – С. 19–20.
67. *Танько О.П.* Влияние минеральной воды Березовская на процессы перекисного окисления липидов и показатели антиоксидантной защиты у беременных с хроническими заболеваниями гепато-билиарной системы / О.П. Танько // Вестн. физиотерапии и курортологии. – 2000. – № 2. – С. 48–50.
68. *Источник:* <http://bio.1september.ru/2000/24/10.htm>
69. *Іванюк О.С.* Медико-біологічна оцінка якості та цінності мінеральних вод свердловини № 32-т с. Нижнє Солотвино Ужгородського району Закарпатської області / О.С. Іванюк, В.Г. Ку-

дик // Мед. реабілітація, курортологія, фізіотерапія. – 2009. – № 1(57). – С. 35.

70. *Бабов К.Д.* Кремнієвмісні мінеральні води України та їх сучасне використання у лікувальній практиці / К.Д. Бабов, О.М. Нікіпелова, А.Л. Погребний [та ін.] // Матеріали І наук.-практ. семінару «Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування», Трускавець, 10–14 листопада 2014 р. – ДКЗ України. – Київ: ДКЗ, 2014. – С. 335–339.

РОЗДІЛ 9

ЗАГАЛЬНІ АСПЕКТИ ЗАСВОЄННЯ, ОБМІНУ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ

(В.І. Малюк, М.В. Кришталь, Г.Г. Ренецька, М.В. Макаренко)

В організмі людини виявлено 81 хімічний елемент з усіх існуючих у природі. 99 % із них припадає на вуглець, кисень, водень, азот, кальцій, фосфор, калій, натрій, магній, сірку, хлор. Це так звані макроелементи. Хімічні елементи, концентрація яких в організмі знаходиться в межах 10^{-3} – 10^{-12} %, називають мікроелементами, їх поділяють на есенційні й токсичні. До есенційних, тобто абсолютно необхідних організму, належать 15 (залізо, мідь, цинк, кобальт, хром, молібден, нікель, ванадій, манган, селен, йод, фтор, кремній, арсен, літій), всі вони утворюють комплекси з ферментами, гормонами, вітамінами, транспортними і структурними білками, великою мірою впливають на різні аспекти життєдіяльності організму. Загальновідомими токсичними мікроелементами є ртуть, свинець, кадмій, берилій, алюміній, арсен, фтор, хром. Поділ мікроелементів на есенційні та токсичні значною мірою умовний. Так, з одного боку, більшість, а можливо й усі токсичні мікроелементи є есенційними, з іншого – передозування життєво необхідних мікроелементів призводить до інтоксикації.

Мікроелементи потрапляють в організм людини переважно з їжею та водою, але можуть надходити з повітрям і крізь шкіру. Більша частина мікроелементів всмоктується у проксимальному відділі кишківника. Абсорбція катіонів металів специфічна і селективна, потребує спеціальних білків-переносників і ферментів. Виводяться вони в основному зі злущеним епітелієм шлунково-кишкового тракту, жовчю, епідермісом, волоссям. Аніони неметалів всмоктуються відносно легко і виводяться переважно із сечею.

Кількісний склад мікроелементів в організмі людини великою мірою визначається їх вмістом у зовнішньому середовищі, насамперед у рослинах, воді, тваринних організмах.

Поверхня Землі поділяється на біогеохімічні провінції, області, що різняться за вмістом (у ґрунтах, воді тощо) хімічних елементів (або сполук), з якими пов'язані певні біологічні реакції з боку місцевої флори і фауни. Склад ґрунтів впливає на добір, розподіл рослин, їх мінливість під впливом тих чи інших хімічних сполук або хімічних елементів. Поширення флори чи фауни певного виду в межах однієї ґрунтової зони нерідко збігається з територіями розвитку відомих гірських порід, геологічних формацій. Добре відома специфічна рослинність, поширена на серпентинітах, вапняках, на безстічних засолених ділянках, пісках. Чітка нестача або надмірний вміст якогось хімічного елемента в середовищі викликає в межах певної біогеохімічної провінції ендемії-захворювання рослин, тварин і людини [1]. Наприклад, нестача йоду в їжі та воді призводить до захворювання тварин і людей на зоб, за надлишку селену в ґрунтах з'являється отруйна селенова флора. За генезисом виділяють два типи біогеохімічних провінцій. Для перших у певних ґрунтових зонах характерні окремі плями або ділянки з нестачею того чи іншого хімічного елемента в середовищі. Наприклад, для зон підзолистих і дерново-підзолистих ґрунтів Північної півкулі характерні біогеохімічні провінції з нестачею йоду, кальцію, кобальту, міді та ін. Подібні провінції з характерними для них ендеміями (зоб, акабальтоз, ламкість кісток) не трапляються в сусідній зоні чорноземів, що пов'язано з великою рухливістю іонів Γ , Ca^{2+} , Co^{2+} , Cu^{2+} , які легко вимиваються з підзолистих ґрунтів. Для біогеохімічних провінцій другого типу характерні ендемії, що трапляються в будь-якій зоні. Вони інтразональні і формуються на тлі первинних або вторинних ореолів розсіяння рудної речовини родовищ, соляних відкладів, вулканогенних еманаций. Наприклад, борні (серед флори і фауни) виявлено на безстічних ділянках, флюороз людини і тварин – у зоні нещодавно діючих вулканів, родовищ флюориту і фтор апатиту, молібденоз тварин – довкола родовищ молібдену тощо. Цей тип провінцій та ендемії пов'язаний з надмір-

ним вмістом хімічних елементів у середовищі. Хімічні елементи, що утворюють добре розчинні сполуки в ґрунті, викликають найсильнішу біологічну реакцію місцевої флори. Має значення і форма їх знаходження в середовищі. Наприклад, за надлишку молібдену в лужних ґрунтах тварини хворіють (молібденова кислота дає розчинні сполуки з лугами), а в районах поширення кислих ґрунтів надлишок молібдену безпечний. У біогеохімічних провінціях розрізняють два види концентрування організмами хімічних елементів: груповий, коли всі види рослин у провінції тією чи іншою мірою накопичують певний хімічний елемент, і селективний, той чи інший хімічний елемент накопичують певні організми-концентратори незалежно від його вмісту в середовищі [2]. Харчові ланцюги для людини є основною причиною біогеохімічних ендемій [3].

Вибірність абсорбції більшості мікроелементів, їх депонування та селективність виведення демонструють здатність зрілого здорового організму в широких межах підтримувати гомеостаз мікроелементів шляхом ауторегуляції. Проте водночас вибірна концентрація мікроелементів в окремих органах, тканинах і клітинних органелах за їх дефіциту або надлишку призводить до тяжких патологічних наслідків, що підтверджує активну участь мікроелементів у системі регуляції функцій організму.

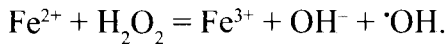
Значний дефіцит мікроелементів виникає за хронічних діарей, мальабсорбції, патології печінки, ахолії, панкреатитів, дуоденітів. Абсорбція деяких мікроелементів порушується за надлишку в продуктах харчування інших макро- і мікроелементів. Порушення обміну мікроелементів може бути наслідком спадкових хвороб. Дефіцит чи надлишок деяких мікроелементів у організмі матері справляють тератогенну дію на потомство, що спричинює ембріо- та фетопатії з проявом вроджених вад.

9.1. Обмін заліза та його порушення

В організмі дорослої людини міститься 3–5 г заліза, що становить 0,006 % маси тіла. За нормального стану близько 70 % заліза входить до складу гемоглобіну еритроцитів, 10 – міоглобі-

ну, 20 – депонується у вигляді феритину та гемосидерину і менш як 1 % входить до складу трансферину, лактоферину й понад 70 різних ферментів. Майже все залізо локалізовано внутрішньоклітинно. У плазмі крові заліза менш як 0,01 %, у ній воно лише транспортується у вигляді трансферину і феритину.

Залізо – життєво необхідний для організму метал, оскільки входить до складу багатьох залізовмісних ферментів і неферментних металопротеїнів. Не зв'язані з білками іони заліза Fe^{2+} дуже токсичні, бо каталізують утворення гідроксильних радикалів у реакції Фентона:



З цієї причини організм змушений дуже точно регулювати концентрацію вільного іонізованого заліза в цитозолі клітин. Механізми абсорбції заліза через кишковий епітелій, транспорту в сироватці крові, доставки до клітин, депонування, мобілізації і реутилізації доволі складні.

Організм людини нездатний швидко й ефективно виводити залізо. Всі діти до пубертатного віку і чоловіки втрачають його не більш як 1 мг/доба переважно зі злущеними клітинами слизової кишки і шкіри. Дівчата і жінки додатково під час менструації втрачають з кров'ю 15–40 мг заліза. Гомеостаз цього мікроелемента забезпечується регуляцією його всмоктування у верхній частині тонкої кишки й переважно у дванадцятипалій кишці.

Відомі два механізми всмоктування заліза. Легко і прямо за допомогою спеціального переносника – гему транспортера абсорбується ферозалізо (Fe^{2+}) у складі гему та феризалізо (Fe^{3+}) у складі геміну, які містяться лише у тваринних продуктах (печінка, м'ясо, нирки). Ці продукти відсутні в раціоні немовлят та вегетаріанців. Негемінове залізо, що міститься в молоці, овочах, фруктах і мінеральних речовинах, перед всмоктуванням має вивільнитись з органічних комплексів і відновитись за допомогою фериредуктази та вітаміну С до Fe^{2+} . Цей процес значно активується за впливу соляної кислоти шлункового соку (збільшується розчинність заліза). Механізм всмоктування негемового Fe^{2+} пов'язаний з роботою апікального мембранного переносника заліза, який називають транспортером двовалентних металів 1

(divalent metal transporter 1, DMT 1) або транспортером двовалентних катіонів 1 (divalent cation transporter 1, DCT 1), або макрофагальним білком, пов'язаним із природною резистентністю 2 (natural resistance-associated macrophage protein 2, NRAMP 2). Цей мембранний глікопротеїн, що містить 12 трансмембранних доменів, трапляється в посмугованій облямівці ентероцитів ворсинок дванадцятипалої кишки, в ендосомах некишкових клітин і фагосомах макрофагів, які фагоцитують старі еритроцити. DMT 1 за допомогою активного котранспорту з протонами переносить як Fe^{2+} , так і Zn^{2+} , Mn^{2+} , Cu^{2+} , Cd^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} з просвіту кишківника в цитоплазму ентероцитів або з ендосом і фагосом у цитозоль інших клітин. В ентероцитах гемове і гемінове залізо вивільняються гемоксигеназою і разом із Fe^{2+} , транспортованим DMT 1, за допомогою білка з умовною назвою мобілферин переноситься до базальної мембрани або у везикули. Згідно з останніми даними, мобілферин, імовірно, є Fe-АТФазою. На базальній мембрані або у везикулах за допомогою гепестину (hephaestin) – білка, подібного до сироваткового білка церулоплазміну, що має властивості фероксидази, Fe^{2+} окиснюється до Fe^{3+} . Це необхідно, оскільки подальший транспорт заліза в кров або його депонування в ентероцитах у вигляді феритину можливе лише у фери-формі (Fe^{3+}). Іони Fe^{3+} крізь базальну мембрану ентероцитів, а в подальшому і з гепатоцитів та макрофагів транспортуються спеціальним переносником, який має назву феропортин 1 (ferroportin 1) або білок транспортер металу 1 (metal transporter protein 1, MTP 1). Рівень феропортину в ентероцитах, гепатоцитах і макрофагах регулюється спеціальним білком – гепсидином (hepcidin), який синтезується в печінці. При запаленні його утворюється значно більше. Далі на зовнішній поверхні базальної мембрани іони Fe^{3+} зв'язуються з трансферином плазми крові, молекули якого здатні переносити 2 іони Fe^{3+} , і транспортуються кров'ю. Частина Fe^{3+} тимчасово депонується в ентероцитах у вигляді феритину. За нестачі в організмі заліза збільшуються інтенсивність синтезу й активність DMT 1, феропортину 1, а синтез феритину сповільнюється. За надлишку заліза, навпаки, всмоктування заліза гальмується, а частка феритинового заліза в ентероцитах збіль-

шується, організм його поступово втрачає при злущуванні еритроцитів ворсинок дванадцятипалої кишки. З усього заліза, яке надходить з їжею, всмоктується не більш як 10 %. Із кількості заліза, що міститься у м'ясі, абсорбується 13–22 %, із жіночого молока – 49, з коров'ячого – не більш як 10, із рослинних продуктів – лише 1–3 %. Особливо мало заліза засвоюється із зернових продуктів, у яких воно зв'язане з фітиною кислотою. Знижують абсорбцію Fe^{2+} фосфати, оксалати, клітковина. Соляна кислота шлункового соку, аскорбінова (вітамін С) та інші органічні кислоти сприяють відновленню Fe^{3+} до Fe^{2+} і тим самим поліпшують всмоктування заліза. Абсорбцію заліза інтенсифікують також амінокислоти тваринних білків, прості вуглеводи, алкоголь. Оскільки DMT 1 переносить різні двовалентні метали, надлишок будь-якого з них заважає абсорбції інших. Водночас відсутність міді призводить до порушення синтезу полімідного білка гефестину й унеможливує всмоктування заліза.

Потреба дорослої людини в залізі (20–25 мг/доба) задовольняється в основному шляхом реутилізації заліза, яке вивільняється при метаболізмі гемоглобіну. Щодобова потреба в харчовому залізі дорослих чоловіків становить 10 мг, що забезпечує всмоктування 1 мг або 4–5 % потреби. У дітей і жінок потреба в харчовому залізі значно вища – близько 30 % добової потреби в залізі дітей раннього віку. В період вагітності і лактації в організм жінки щодобово має надходити 30–60 мг харчового заліза.

Після фізіологічного чи патологічного гемолізу еритроцитів гем, що потрапив у цитоплазму макрофагів, гепатоцитів, нефроцитів та деяких інших клітин, під дією ферменту гемоксигенази розщеплюється на вільне двовалентне залізо, СО і білівердин. Далі Fe^{2+} за допомогою білка-переносника Fe-АТФази переноситься в ендоплазматичний ретикулум, де за допомогою гефестину окиснюється до Fe^{3+} , зв'язується з апотрансферином і через апарат Гольджі виводиться в кров у вигляді трансферину.

Надмірна кількість заліза головним чином у макрофагах кісткового мозку, селезінки, печінки, сидеробластах кісткового мозку депонується у вигляді феритину й гемосидерину. Кожна молекула апоферитину має порожнину, в якій може знаходитись до

4300 іонів Fe^{3+} у формі кристала феригідрату $5\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$. В нормі ступінь насиченості феритину залізом становить близько 2000 атомів на молекулу. Феритин розчиняється у воді й легко віддає залізо. За перенасиченості організму залізом молекули феритину агрегуються, частково протеолізуються й перетворюються на нерозчинний гемосидерин.

Залізо з макрофагів, як і харчове, транспортується до кровотворних та інших клітин трансферином. У кишкової клітини воно потрапляє шляхом рецептор-опосередкованого ендцитозу. Специфічні трансферинові рецептори зовні плазматичної мембрани зв'язують трансфери, комплекс трансфериновий рецептор-трансферин інтерналізується (захоплюється клітиною). В цитоплазмі він потрапляє в ендосоми з рН 5,5–6,0. У кислому середовищі залізо відщеплюється від трансферину і комплекс апотрансферин-рецептор повертається назад до плазматичної мембрани, де апотрансферин вивільнюється. Вільний Fe^{3+} відновлюється оксидоредуктазою до Fe^{2+} і за допомогою DMT 1 транспортується в цитоплазму, де включається в молекули гемоглобіну, міоглобіну або ферментів.

Процеси всмоктування, мобілізації та депонування заліза регулюються концентрацією вільного заліза в цитоплазмі через білки, чутливі до нього (iron responsive proteins, IRPs). Останні впливають на елементи, що регулюють вміст заліза (iron regulatory elements, IREs) в нетранслювальних ділянках кількох мРНК, які кодують протеїни, задіяні в метаболізмі заліза. Наприклад, взаємодія IRPs з IREs при зменшенні пулу вільного цитоплазматичного заліза призводить до збільшення абсорбції Fe^{2+} ентероцитами внаслідок активування синтезу DMT 1 і пришвидшує захоплення трансферину кишковими клітинами шляхом посттранскрипційної стабілізації мРНК трансферинового рецептора. Водночас запаси феритинового заліза зменшуються через блокування трансляції феритинової мРНК.

Залізо бере участь у транспортуванні й депонуванні кисню, окиснювальному фосфорилуванні, окисно-відновних реакціях тощо. Іони Fe^{3+} чинять антиоксидантну, а іони Fe^{2+} , які каталізують реакцію Фентона – прооксидантну дію.

Залізодефіцит у чоловіків фіксується рідко. Його причинами можуть бути хронічні крововтрати при гемофілії, виразці шлунку, злоякісних пухлинах тощо, а також при ахолії, дуоденіті, при суворому вегетаріанстві. Разом з тим, згідно з останніми даними ВООЗ, 46 % дітей віком 5–14 років і 48 % вагітних жінок в усьому світі страждають на анемію. У 50 % жінок запас заліза можна вважати ранньою стадією залізодефіциту. У дітей допубертатного періоду залізодефіцит є наслідком недостатнього надходження заліза з їжею через неповноцінне харчування або діарею.

Випадки вродженого залізодефіциту та анемій – результат генетичного порушення синтезу якогось із білків-переносників заліза. У статевозрілих дівчат і жінок залізодефіцит спричинюють надмірна втрата заліза при менорагіях, метрорагіях, пологах, лактації. Спочатку зменшуються запаси гемосидерину, феритину, потім знижується концентрація заліза в плазмі, що супроводжується низьким насиченням трансферину залізом і підвищенням залізов'язувальної здатності сироватки крові. Згодом вміст гемоглобіну в одиниці об'єму крові зменшується, настає гіпохромія і мікроцитоз еритроцитів. За дефіциту заліза спадають рівні гемоглобіну і міоглобіну, розвивається вторинна тканинна гіпоксія, через зниження кількостей залізовмісних мітохондріальних цитохромів, цитохром оксидаз, ферментів циклу трикарбонових кислот – первинна тканинна гіпоксія. Гіпоксія супроводжується швидкою втомлюваністю, м'язовою слабкістю, нічним нетриманням сечі у дівчаток.

За дефіциту заліза порушується синтез колагену, що призводить до ураження шкіри, нігтів, слизових оболонок. Характерними є тріщини у кутах рота, червона облямівка губ із тріщинами, атрофія ниткоподібних сосочків язика, його поверхня стає гладкою й болючою. Розвиваються стоматит, ларингофаринготрахеїт з гіперемією задньої стінки глотки, охриплим голосом, дисфагією з відчуттям застрявання їжі (синдром Пламмера–Уінсона). Часто виникає атрофічний риніт, іноді – озена. В багатьох випадках фіксується атрофічний гастрит з ахілією, що значно посилює залізодефіцит. За нестачі заліза порушується діяльність цен-

тральної і периферичної нервової системи, що виявляється порушеннями смаку, парестезіями.

Надмір заліза, що частіше спостерігається у чоловіків, може бути як спадковим аутосомно-рецесивним захворюванням (спадковий гемохроматоз), так і наслідком залізорефрактерних і гемолітичних анемій чи хронічного алкоголізму.

Спадковий гемохроматоз здебільшого пов'язаний з мутацією гена HFE, що належить до родини генів головного комплексу гістосумісності першого класу. Нормальний білок HFE приєднується до частини трансферинових рецепторів, що інгібує зв'язування насиченого залізом трансферину зі своїми клітинними рецепторами. Відомо також, що білок HFE негативно модулює ендцитоз комплексу трансферин-рецептор. Модифікований білок HFE, що утворюється в результаті мутації гена HFE, на це не здатний. Тому за спадкового гемохроматозу клітини починають захоплювати більше заліза, накопичувати його, внаслідок чого кількість апотрансферину зростає. Це супроводжується щодобовою абсорбцією в кишечнику 3–4 мг заліза замість 1 мг у нормі, що призводить до акумуляції 500–1000 мг додаткового заліза в організмі щороку. Абсорбція заліза посилюється на тлі нормального його надходження з їжею й не порушеного еритропоезу, що призводить до прогресивного збільшення запасів заліза в організмі його відкладання в печінці, підшлунковій залозі, серці, ендокринних органах. Оскільки іони Fe^{2+} активують процеси передоксидного окиснення, первинний і вторинний гемохроматози є причиною цирозу печінки, цукрового діабету з потемнінням шкіри (бронзовий діабет), ураження міокарда, інфантилізму, гіпогонадізму. HFE-асоційований гемохроматоз – спадкове аутосомно-рецесивне захворювання, що трапляється в європейській популяції з частотою 1 : 400. Відомі й інші його форми. Наприклад, ювенільний гемохроматоз пов'язують з мутацією гена HFE-2. Описано аутосомно-домінантний гемохроматоз.

Перевантаження клітин Fe^{2+} з їх пошкодженням спостерігається при тканинній гіпоксії внаслідок пригнічення функцій Fe-АТФази. Гостре отруєння залізом виникає при пероральному

прийомі 900–1500 мг Fe^{2+} у вигляді таблеток, смерть настає через некротичний гастроентерит і шок.

9.2. Обмін міді та його порушення

В організмі дорослої людини міститься 0,1–0,25 г міді, що становить близько 0,0002 % маси тіла. Практично вся мідь входить до складу ферментів, переважно оксидоредуктаз. Лише 1–3 % міді міститься в плазмі крові, де її концентрація в організмі чоловіків дорівнює 10–20, у жінок – 13–25 мкмоль/л. 95 % міді плазми локалізовано в церулоплазміні, решта – зв'язано з альбумінами. Концентрація міді в плазмі крові немовлят – лише 3–10 мкмоль/л, а в тканинах у кілька разів більша, ніж у дорослих, і знижується до їх рівня тільки у віці 6–12 місяців.

Мідь всмоктується в шлунку і проксимальному відділі тонкої кишки переважно за участю білка-переносника DMT 1 та, можливо, транспортера міді 1 (copper transporter 1, Ctr 1), далі зв'язується в цитоплазмі гастро- й ентероцитів з білком металотіонеїном. Одна молекула апопротейну цього внутрішньоклітинного білка здатна зв'язати 7–10 атомів міді, цинку, кадмію, золота, срібла або ртуті. Тому ці метали конкурують між собою при абсорбції в шлунково-кишковому тракті [4].

На базальному полюсі ентероцитів мідь відщеплюється від металотіонеїну, тимчасово зв'язується з альбумінами й деякими амінокислотами, транспортується в печінку та інші органи і тканини. У плода функцію транспорту міді замість альбумінів виконує α -фетоглобулін.

Ключову роль у метаболізмі міді відіграє печінка, де мідь спочатку зв'язується металотіонеїном, який виконує функції детоксикації та внутрішньоклітинного транспорту міді. Синтез металотіонеїну регулюється вмістом міді та цинку в клітинах на рівні транскрипції мРНК. Підвищення вмісту Cu^{2+} або Zn^{2+} може спричинити ампліфікацію генів, які кодують синтез металотіонеїну, що призводить до різкого пришвидшення синтезу цього білка. Далі в лізосомах мідь відщеплюється від металотіонеїну і потрапляє в апарат Гольджі, де за допомогою Cu-АТФази виводить-

ся в жовчні протоки, транспортується до ензимів або входить до складу церулоплазміну, що синтезується в гепатоцитах. Цей мультифункціональний α_2 -глікопротеїн містить 6 атомів міді, переносить їх із печінки в органи і тканини, де вони приєднуються до внутрішньоклітинних ферментів, переважно оксидоредуктаз.

Доставляють мідь до Cu-залежних ферментів, таких як цитохромоксидаза, супероксиддисмутаза, аміноксидаза тощо, безпосередньо малі молекули цитоплазматичних протеїнів, які називають шаперонами міді.

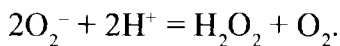
В ентероцитах, гепатоцитах та деяких інших клітинах плода і немовлят концентрація металотіонеїну значно більша, а синтез церулоплазміну повільніший, ніж у дорослих, чим і пояснюють гіпокупремію та накопичення в тканинах міді у цей період.

Надлишковий церулоплазмін втрачає сіалову кислоту, зв'язується зі спеціальними рецепторами на поверхні гепатоцитів, частково разом із зайвим комплексом мідь-металотіонеїн захоплюється лізосомами, де відбувається їх протеоліз. Асіалоцерулоплазмін цитоплазми гепатоцитів разом із вмістом лізосом вивільнюється через апарат Гольджі в жовчні протоки, кон'югується з білірубіном і високомолекулярними білками й виводиться з організму з калом. Всього з жовчю виводиться 80 % міді, ще 16 % – у складі калу зі злущеним епітелієм шлунка і кишок. У нормі з сечею видаляється лише близько 4 % міді. Щодобово з організму дорослої людини з жовчю виводиться приблизно 0,5 мг міді.

Оскільки організм людини не здатний реутилізувати мідь, потреба в цьому мікроелементі задовольняється лише його надходженням з їжею. Основним джерелом постачання міді для людини є печінка, м'ясо, риба, бобові, горіхи, для немовлят – материнське молоко. Добова потреба дорослої людини в харчовій міді становить 2–5 мг, немовлят – 0,6–0,7 мг.

Мідь в організмі – необхідний компонент дуже важливих сполук оксидоредуктаз. Так, головний мідєвмісний металопротеїн крові – церулоплазмін є оксидазою катехоламінів, аскорбінової кислоти та інших сполук. Церулоплазмін у плазмі і подібний до нього гефестин у цитоплазмі окиснюють Fe^{2+} до Fe^{3+} . Це забезпечує здатність апотрансферину мобілізувати залізо із клі-

тин і переносити його в гем, блокує реакцію Фентона і сповільнює пероксидне окиснення ліпідів. Антиоксидантну й протизапальну дію чинять мідь- та цинковмісна супероксиддисмутази, що активують реакцію



Цитохромоксидаза – термінальний фермент дихального ланцюга, необхідна для синтезу АТФ. Тирозиназа каталізує утворення меланіну, а дофамін-β-гідроксилаза – катехоламінів. Лізілоксидаза необхідна для утворення поперечних зшивок колагенових та еластичних волокон. Гістаміназа й інші амінооксидази інактивують біологічно активні аміни.

Недостатність міді можлива у дітей за повного парентерального або незбалансованого за мікроелементами штучного вигодування молоком. При цьому нестача трансферину й АТФ призводить до виникнення мікроцитарної залізодефіцитної анемії. За нестачі міді порушується синтез норадреналіну і дофаміну в головному мозку, гальмується синтез мієліну, активується пероксидне окиснення ліпідів, що в комплексі призводить до порушень діяльності центральної нервової системи. Згідно з останніми даними хвороби Альцгеймера і Паркінсона пов'язані з оксидативними процесами, які, зокрема, стимулюються недостатньою активністю мідьмісних ферментів супероксиддисмутази та церулоплазміну. Зниження активності тирозинази може призвести до депігментації шкіри й волосся, дефектний синтез колагену та еластину – до деформації та ламкості кісток, порушення ороговіння шкіри, вазопатій, розшарувальної аневризми аорти. Останнє найхарактерніше для синдрому Марфана – аутосомно-домінантної недостатності лізілоксидази.

Дефіцит міді супроводжується гіперхолестеринемією через зниження активності лецитинхолестеринацилтрансферази, ліпопротеїніпази та деяких інших ферментів. Гіперхолестеринемія та вазопатія за нестачі міді можуть стати причиною розвитку атеросклерозу та ішемічної хвороби серця.

Хвороба Менкеса, яка успадковується рецесивно і зчеплено з Х-хромосомою й трапляється із частотою 1 на 35 000 немовлят, характеризується дефіцитом міді в печінці, крові, судинах, мозку

та випадінням функцій мідезалежних ферментів. Водночас в ентероцитах, нирках, м'язах і фібробластах шкіри міді у 3–10 разів більше, ніж звичайно. Характерними є депігментація й кучерявість волосся. Порушення стабільності колагену та еластину спричинює розвиток аневризми, остеопорозу [5], емфіземи. За дефіциту міді гальмується розвиток мозку, виникає нейродегенерація з високою летальністю в ранньому дитинстві. Патогенез цієї хвороби пов'язаний з мутацією гена АТР 7 А в Х-хромосомі, який кодує синтез Cu-АТФази, або білка Менкеса, в багатьох органах, крім печінки. При цьому виведення міді з організму в складі жовчі зберігається, а її абсорбція через ентероцити й транспорт у печінку порушуються, що і спричинює негативний баланс міді в організмі.

Надмірне потрапляння міді в організм можливе при споживанні кислих продуктів, які зберігались у мідному посуді, при отруєнні пестицидами, фунгіцидами, контакт з мідними рудами. Причиною збільшення кількості міді в органах і тканинах дитячого організму найчастіше є хвороба Вільсона–Коновалова. Це захворювання має аутосомно-рецесивний тип успадкування і трапляється з частотою 1 на 30 000. Гетерозиготне носійство патологічного гена цієї хвороби виявляють із частотою від 1 : 500 до 1 : 200.

В основі патогенезу хвороби Вільсона–Коновалова лежить мутація гена АТР 7 В у 13-ій хромосомі, який кодує синтез ще однієї Cu-АТФази, або білка Вільсона. В нормі цей ген значно експресується в печінці, нирках, плаценті та слабо – в мозку, серці, м'язах, підшлунковій залозі. Його мутація заважає виведенню міді з жовчю та утворенню церулоплазміну з апоцерулоплазміну, що призводить до накопичення міді в печінці і зменшення вмісту церулоплазміну в крові. Хоча екскреція міді з сечею при цьому збільшується в 30 разів, мідь затримується в організмі за нормального її всмоктування. Накопичення іонізованої міді в гепатоцитах призводить до генерування вільних радикалів, які руйнують клітинні мембрани, ДНК, ферментні та структурні білки. Розвиваються стеатоз і цироз печінки. Періодично внаслідок руйнування гепатоцитів значна кількість іонізованої міді потрапляє

в кров, розвиваються напади гемолітичної анемії, мідь відкладається в нирках, мозку та інших органах, що призводить до їх ураження. Для цієї хвороби характерне відкладання по периферії рогівки золотисто-коричнюватого або зеленкуватого кільця Кайзера–Флейшера.

Клінічні ознаки хвороби Вільсона–Коновалова починають виявлятися у дітей чотирирічного віку, середній вік встановлення діагнозу – 15,5 років. Ранніми ознаками захворювання є збільшення розмірів печінки, селезінки, жовтяниця, анорексія. Без лікування неодмінно розвивається цироз печінки. У дітей віком 6 років і старших виникають нейром'язові порушення: тремор кінцівок, дизартрія (скандована мова), дистонія (порушення м'язового тону). Одночасно ушкоджуються проксимальні ниркові каналці, що виявляється у втраті з сечею глюкози, амінокислот, фосфатів, розвивається нирковий каналцевий ацидоз. Згодом починають превалювати нейропсихічні ускладнення: зміни особистості та поведінки, зниження здатності до навчання. Хворобу лікують хелаторами міді, наприклад D-пеніциламіном, з раціону вилучають м'ясо, горіхи, боби, шоколад.

У працівників мідних рудників і хімічних підприємств, зварювальників кольорових металів може сформуватись професійний гіперкупреоз. Відомий також і гемодіалізний гіперкупреоз. За сильного гемолізу еритроцитів є небезпека розвитку гострої ниркової недостатності з анурією й уремією, гемолітичної жовтяниці, анемії. В разі потрапляння високодисперсного пилу міді у верхні дихальні шляхи виникає гостра ливарна лихоманка (озноб, сухий кашель, головний біль, слабкість, задихання, підвищення температури). Можливі алергічні реакції шкіри.

9.3. Обмін цинку та його порушення

В організмі здорової дорослої людини міститься 1,5–2,5 г цинку, що становить близько 0,003 % маси тіла. Він трапляється в усіх органах і тканинах, переважно у складі металоферментів. Близько 63 % усього цинку знаходиться в скелетних м'язах. Значна кількість Zn^{2+} міститься в печінці, мозку, щитоподібній

залозі, гіпофізі, молочних залозах та молоці. Проте найбільша його концентрація в простаті, сперматозоїдах та β -клітинах острівців Лангерганса підшлункової залози. В крові міститься лише 1 % цинку. В плазмі, де іони Zn^{2+} на 70 % зв'язані з альбумінами, його концентрація становить 46–61, в еритроцитах – 153–214 мкмоль/л.

Перед абсорбцією в тонкій кишці іони Zn^{2+} мають вивільнитись з органічних носіїв, далі частина цього гідрофільного металу проникає крізь апікальну мембрану ентероцитів за допомогою DMT 1. Крім того, перенесення іонів Zn^{2+} в ентероцитах, як і в інших клітинах, забезпечують дві родини селективних транспортерів: білків імпортерів цинку (zincimporterproteins, ZIPs), які переносять іони Zn^{2+} у цитозоль клітин, і транспортерів цинку (zinctransporters, ZnTs), які видаляють іони Zn^{2+} із клітин або ізолюють їх у внутрішньоклітинних везикулах.

Відомо, що ZIP 1 сприяє захопленню клітинами цинку і заліза, ZIP 4 селективно абсорбує в кишечнику іони Zn^{2+} , ZIP 3 – вивільнює їх із внутрішньоклітинних компартментів у цитозоль. У свою чергу, ZnT 1, локалізований на базолатеральній мембрані ентероцитів, нефроцитів дистальних каналців нирок та на плазматичних мембранах клітин інших органів, вивільнює цинк із клітин у кров. ZnT 2 і ZnT 3 переміщують цинк із цитозолу клітин у специфічні везикули, ZnT 4 забезпечує секрецію Zn^{2+} у молоко. ZnT 5 – транспортує їх у секреторні гранули β -клітин острівців Лангерганса, ZnT 6 – як у везикули, так і в апарат Гольджі.

Потрапивши в цитозоль ентероцитів та інших клітин цинк або депонується у везикулах у зв'язаному з металотіонеїном стані, або бере участь у синтезі металоферментів, або виводиться за допомогою ZnT 1 у кров, де зв'язується з альбумінами й частково з гістидином і цистеїном. Цей процес може регулюватись концентрацією цинку в цитозолі. Підвищення рівня Zn^{2+} активує експресію генів, що кодують синтез металотіонеїну і ZnT 1, через фактор транскрипції, керований металом 1 (metal-regulatorytranscriptionfactor 1, MTF 1), що локалізований у 1-й хромосомі.

Така складна система обміну цинку не тільки підтримує його концентрацію в цитозолі на сталому рівні, а й регулює інтенсивність всмоктування цього металу в кишківнику та реабсорбцію в нирках. Так, з їжі, бідної на цинк, засвоюється до 85 % Zn^{2+} , зі звичайної їжі – лише 10–30 %. Виводиться цинк з організму переважно з калом, в який виділяються металоферменти підшлункової залози та ентероцитів, а також злучені ентероцити.

Потреба організму немовлят у цинку задовольняється його надходженням з молоком матері, в якому цинк зв'язаний з альбуміном і лактоферином, тоді як у коров'ячому – з казеїном, що перетравлюється значно гірше. Цим і пояснюється більша доступність цинку грудного молока. Цинк міститься як у тваринних, так і в рослинних продуктах, але його засвоєнню з останніх заважають фітинова кислота і клітковина [6].

Всмоктування цинку гальмується за наявності міді, кальцію, кадмію, фосфатів, ІЛ-1, алкоголю, нестачі вітаміну А. Тваринні білки й амінокислоти лізин, цистеїн, гліцин, глутамат, навпаки, сприяють всмоктуванню іонів Zn^{2+} .

Щодобова потреба в харчовому цинку дорослих чоловіків становить 15, жінок – 12, вагітних жінок – 15, жінок в період лактації – 19 мг. Потреба в Zn^{2+} немовлят – 5 мг/доба, дітей молодшого віку – 10 мг/доба.

Цинк в організмі входить до складу близько 200 ферментів усіх відомих класів. Цей мікроелемент здатний одночасно зв'язуватись з 4 і більше лігандами, має велику спорідненість до електрона, що забезпечує стабільність сполук, до складу яких він входить. Тому в металоферментах цинк може виконувати не тільки каталітичну, а й структурну функцію. Найважливішими цинковмісними ферментами є алкогольдегідрогеназа, супероксиддисмутаза, амінопептидаза, карбоксипептидаза, ангіотензіназа, лужна фосфатаза, карбоангідраза, колагеназа тощо. Цинк відіграє важливу роль у синтезі ДНК, РНК і білка. Він необхідний для регулювання клітинного циклу, проліферації, диференціювання клітин, входить до складу всіх відомих транскрипційних факторів, незамінний для забезпечення функціонування ДНК- і

РНК-полімераз. Цинковмісні протеїни беруть участь у генетичній експресії різних факторів росту, в модуляції протеїнкіназ.

Цинк входить до складу гормону вилочкової залози тимуліну, необхідний для дозрівання лімфоцитів, бере участь в упаковці інсуліну, гонадотропінів, інших гормонів, входить до складу глюкокортикоїдних рецепторів, відновлює ретинол у сітківці ока, є неодмінною складовою частиною білка густину, що виробляється в привушних слинних залозах і необхідний для росту смакових сосочків, а отже, і для забезпечення нормальної смакової чутливості.

На відміну від заліза, міді, мангану, хрому, ванадію, берилію, арсену, цинк не змінює свою валентність і не бере безпосередньої участі в окисно-відновних реакціях, й отже, не стимулює утворення активних кисневих радикалів. Крім цього, він входить до складу цитозольної супероксиддисмутази, тому є мінеральним антиоксидантом.

Недостатність цинку в організмі людини значно поширена в усьому світі, особливо в регіонах, де в раціоні населення переважають злакові протеїни. Цинковий дефіцит супроводжує захворювання кишково-шлункового тракту і печінки, а також може бути наслідком спадкових захворювань.

Значний дефіцит цинку в організмі вагітних може призвести до гідроцефалії, зменшення об'єму мозку, загальної кількості нервових клітин, мікро- та анофтальмії, розщеплення піднебіння, вад серця тощо у плода і немовлят. Дефіцит цинку в дітей грудного віку може бути наслідком нестачі цього мікроелемента в організмі матері, недостатністю переносника $ZnT 4$ в її молочних залозах або переведення дитини на штучне вигодовування. В ранньому дитинстві й пізніше дефіцит цинку найчастіше спричинюється недостатнім споживанням тваринних білків, ентеритом, або хронічним гемолізом еритроцитів. У дорослої людини основною причиною нестачі цинку може стати алкоголізм. Дефіцит цього мікроелемента призводить до затримання росту, недостатнього розвинення гонад у хлопчиків, спричинює розумове відставання, зниження апетиту, випадіння волосся, нічну сліпоту, зниження і зникнення смакового сприйняття, пригнічення клі-

тинного імунітету, порушення сну. Ранніми ознаками цинкового дефіциту можуть бути прищавість і поява білих плям на нігтях, їх ламкість. У підлітків і дорослих, які з дитинства страждали на дефіцит цинку, крім вищезазначеного спостерігається карликовість, гіпогонадізм без вторинних статевих ознак, безплідність, гіпохромна мікроцитарна анемія, порушується загоєння ран. Патогенетичною основою більшості з цих наслідків нестачі цинку є випадіння функції цинковмісних ферментів, необхідних для проліферації та диференціювання клітин. Нестача лужної фосфатази за цинкового дефіциту може порушувати остеогенез. Агевзію (втрата смаку) спричинює нестача цинковмісного білка густину, імунодефіцит – є наслідком порушення синтезу тимуліну та пригнічення синтезу клітин.

Дефіцит цинку може бути також наслідком ентеропатичного акродерматиту – рідкісного аутосомно-рецесивного захворювання, яке виявляється везикулярним і псоріазоформним дерматитом на ліктях, у пахових складках, навколо природних отворів, а також алопецією (випадінням волосся) і діареєю. Без лікування препаратами цинку це захворювання призводить до величезного дефіциту цинку і смерті. В останні роки патогенез ентеропатичного акродерматиту був розкритий. З'ясувалось, що його причиною є мутація гена SLC 39 A 4 в 15-й і, можливо, 8-й хромосомах, який у нормі кодує білок імпортер цинку 4 (ZIP 4). Цей білок, що має 8 трансмембранних доменів, у великій кількості міститься в апікальних мембранах ентероцитів і нефроцитів дистальних каналців, забезпечує кишкову абсорбцію й ниркову реабсорбцію цинку. Нестача ZIP 4 призводить до фатального дефіциту цинку.

Надлишок цинку за поступового його надходження мало токсичний, оскільки він не акумулюється і швидко виводиться. Взагалі вміст цинку в органах і тканинах має досконалу систему регуляції, тому мало змінюється за надлишкового чи помірно недостатнього надходження цинку в організм. Зміни відбуваються лише в крові. Проте за гострого потрапляння в організм великої кількості цинку настають сонливість, головокружіння, блювання, галюцинації, анемія. При прийомі peros 45 г ZnSO₄ зареєстровано отруєння, що закінчилось смертю.

9.4. Обмін мангану та його порушення

В організмі здорової людини міститься близько 20 мг мангану, концентрація якого найбільша в кістках, печінці, мозку, гонадах, нирках, ендокринних залозах, а в скелетних м'язах і плазмі крові його вміст дуже низький. Печінка плода не накопичує цей мікроелемент.

Основним джерелом мангану для людини є рослинні продукти, передусім чай. Із них іони Mn^{2+} вивільнюються і в невеликій кількості всмоктуються в проксимальному відділі тонкої кишки. У грудному молоці цього мікроелемента менше, ніж у коров'ячому, але всмоктується він значно краще саме з грудного молока. Кальцій і фосфати ускладнюють абсорбцію мангану, а алкоголь підвищує її.

Переносниками Mn^{2+} крізь апікальну мембрану ентероцитів є DMT 1 і специфічні транспортери, які одночасно переносять кадмій. Манган транспортується в крові спеціальним β_1 -глобуліном, він ефективно захоплюється печінкою. Невелика кількість іонів Mn^{2+} окиснюється до Mn^{3+} і транспортується трансферином в інші органи й тканини, де більшість із них включається в мітохондрії.

Добова потреба в мангані дорослої людини становить 2–5, немовлят – 0,3–0,6 мг. Більша частина мікроелемента екскретується з жовчю і соком підшлункової залози.

Манган входить до складу активних центрів низки ферментів, здатний активувати багато інших ферментів, він необхідний для полімеризації ДНК, транскрипції, синтезу гангліозидів і глутаміну. Ліпотропна й антиатерогенна дія мангану пов'язана з тим, що він активує ферменти, незамінні для синтезу фосфоліпідів і холестерину. Його участь у синтезі глікозаміногліканів забезпечує остео- і хондрогенез. Цей мікроелемент вкрай потрібний для глюконеогенезу, обміну катехоламінів, активування X фактора зсідання крові. Дуже важливу роль в організмі відіграє мітохондріальна супероксиддисмутаза (СОД), що містить манган. Цей фермент захищає мітохондрії від руйнівної дії супероксидних аніон-радикалів, запобігає апоптозу клітин у нор-

мі й, особливо, при опроміненні, гіпероксії, синдромі ішемії–реперфузії.

Недостатність мангану, що виникає при порушенні його всмоктування, призводить до затримання росту, спричинює аномалії розвитку кісток і хрящів, гіпогонадізм, схуднення, гіпохолестеринемію, порушується зсідання крові. В разі зниження активності глутамінсинтетази спостерігається інтоксикація ЦНС амонієм, пригнічується активність глутаматергічних нейронів, недостатність мітохондріальної СОД призводить до ушкодження мітохондріальних мембран, що супроводжується гальмуванням синтезу АТФ. Все це порушує нормальну діяльність мозку й виявляється у формі епілептичних судом. Недостатня активність СОД у мітохондріях β -клітин острівців Лангерганса провокує їх руйнування супероксидними аніон-радикалами та розвиток діабету. За нестачі мангану в організмі вагітної жінки у внутрішньоутробному періоді може порушуватись структура і функція вестибулярного апарату плода.

Надмірна кількість мангану може надходити в організм за підвищеної його концентрації у воді та продуктах харчування. Він може потрапляти також при вдиханні манганового пилу під час роботи на шахті. Надмірна концентрація в організмі мангану чинить прооксидантну дію, ушкоджуються мембрани мітохондрій та інших органел. Головною мішенню його токсичної дії є ЦНС й особливо базальні ганглії. Насамперед уражуються астроцити, порушуються синтез і депонування в нейронах дофаміну, що супроводжується неврологічними симптомами, подібними до хвороби Паркінсона. Можливі також психічні розлади, порушення функції гонад, рахітоподібні зміни скелета, анемія, анорексія, дизартрія. За легшого хронічного отруєння манганом у дітей розсіюється увага, вони втрачають здатність до зосередження при навчанні, у них ослаблюється пам'ять.

9.5. Обмін хрому та його роль в організмі

В організмі здорової дорослої людини міститься близько 0,6 мг хрому. Концентрація цього мікроелемента в органах і клі-

тинах значно перевищує його вміст у сироватці крові. В тканинах організму немовлят концентрація хрому в середньому в 2,5 раза більша, ніж у дорослих. Всмоктується він переважно у порожній кишці, в крові транспортується трансферином, виводиться в основному через нирки. Джерелами харчового хрому є м'ясо, печінка, яйця, пивні дріжджі, фрукти, овочі, з яких у нормі всмоктується не більш як 1 % Cr. Добова потреба в цьому мікроелементі дитини від народження до 6 місяців становить 10–40 мкг, від 6 місяців до 3 років – 20–80, від 4 до 6 років – 30–120, дітей після 7 років і дорослих – 50–200 мкг.

У природі хром переважно існує у формі іонів Cr^{6+} і Cr^{3+} . Тривалентний хром хімічно стабільний і нетоксичний для організму. Хоча він не входить до складу ферментів і кофакторів, його вважають есенційним нутрієнтом, оскільки він бере участь у метаболізмі вуглеводів, ліпідів, білків, посилює дію інсуліну.

Шестивалентний хром існує лише у вигляді оксидів та оксо-аніонів, які утворюються під час обробки і зварювання металів, виготовлення нержавіючої сталі та сплавів, приготування фарб, лаків тощо. Останнім часом забруднення ґрунтових вод і повітря сполуками, що містять Cr^{6+} , прогресивно збільшується. В біологічних рідинах іони Cr^{6+} через проміжні форми Cr^{4+} і Cr^{5+} легко відновлюються до хімічно стійкого Cr^{3+} . При цьому утворюється велика кількість дуже токсичних активних кисневих радикалів, які чинять оксидативний стрес з пероксидним окисненням ліпідів, ДНК і білків, що активує апоптоз клітин, генні та хромосомні мутації. В шлунково-кишковому тракті більша частина іонів Cr^{6+} швидко відновлюється й надходить у кров переважно у вигляді Cr^{3+} . Водночас іони Cr^{6+} , що потрапили в легені з аерозолями, спричинюють розвиток фіброзу і раку.

Встановлено, що за дефіциту хрому в організмі знижується толерантність до глюкози, збільшується потреба в інсуліні, підвищується рівень у крові холестерину, пришвидшується розвиток атеросклерозу. Помічено, що у хворих на цукровий діабет II типу іони Cr^{3+} знижують рівень глікемії та концентрацію в крові холестерину й інсуліну. Проте у здорових людей вони такої дії не чинять. У хворих на цукровий діабет II типу всмоктуван-

ня хрому з кишківника збільшується втричі, рівень його в сироватці крові підвищується, а концентрація в клітинах – зменшується. Це свідчить про можливість спадкового порушення за цукрового діабету II типу транспорту Cr^{3+} у клітини, де він необхідний для забезпечення нормальної чутливості до інсуліну. Дефіцит хрому в їжі посилює інсулінорезистентність, що пришвидшує розвиток цукрового діабету II типу та атеросклерозу. Оскільки до 50 % населення, насамперед діти споживають субнормальні кількості трихвалентного хрому, логічно вважати, що помірні добавки Cr^{3+} з нетоксичними лігандами можуть чинити профілактичну дію проти цукрового діабету II типу, інсулінорезистентного ожиріння, атеросклерозу.

9.6. Обмін ванадію та його роль в організмі

Вміст ванадію в організмі дорослої людини не перевищує 100 мкг. У кишківнику всмоктується близько 1 % харчового ванадію переважно у складі аніонів. Транспортується цей мікроелемент в крові трансферином, виводиться в основному з сечею. Накопичується ванадій у кістках, жировій тканині, печінці, нирках, селезінці, тестикулах. В еритроцитах його більше, ніж у сироватці крові. Джерелами харчового ванадію є олії, гречка, петрушка, овес, рис, морква, капуста, кріп, редис. Додаткова потреба дорослої людини в цьому мікроелементі становить 12–30 мкг.

Ванадій значно поширений в навколишньому середовищі, його інтенсивно використовують у виробництві сталі, сплавів, скла, гуми, фарб, лаків, фотоматеріалів. Через промислові викиди, діючі вулкани, продукти спалювання нафтопродуктів, випаровування морської води підтримується його значна концентрація в повітрі. Побутове сміття є головним джерелом накопичення ванадію в ґрунтових водах.

За хімічними і біологічними властивостями ванадій багато в чому подібний до хрому. З одного боку, ці важкі метали є необхідними компонентами життєдіяльності організму, з іншого – у високих концентраціях вони здатні індукувати гостру чи хронічну інтоксикацію, що пошкоджує структуру клітин, спричинює

патологічні наслідки. Токсичність цих мікроелементів великою мірою визначається ступенем їх окиснення, тобто валентністю. Найчастіше ванадій входить до складу ванадатів (у формі V^{5+}) або ванадилів (V^{4+}).

За інтрацелюлярного відновлення V^{5+} до V^{4+} утворюються реактивні кисневі радикали, які викликають розвиток запалення і пухлини через пошкодження ДНК, посттранскрипційну модифікацію білків або ліпідну пероксидацію. За потрапляння в організм надмірної кількості ванадію фіксуються гематологічні, біохімічні, нефрологічні, імунологічні та репродукційні порушення, затримується розвиток організму, змінюється поведінка людини (манії, депресії). Останнім часом на ванадій покладають великі надії в лікуванні цукрового діабету, атеросклерозу, пухлин.

1899 р., ще до відкриття інсуліну, було помічено, що сіль ванадію полегшує перебіг цукрового діабету в людини, проте лише в останні роки з'ясовано механізм цього феномену. Ванадій так само, як і хром, підвищує чутливість м'язів, адипоцитів і, можливо, гепатоцитів до інсуліну. Молекулярною основою цього процесу є стимулювання інсуліном тирозинкінази, яка фосфорилує тирозин у білку, необхідному для транслокації в мембрану глюкозного транспортера 4 (ГЛЮТ 4), і переводить його в активний стан. У свою чергу ванадій і хром пригнічують активність тирозинової фосфатази, яка відщеплює фосфорильну групу від тирозину. Це подовжує період перебування білка, який транслокує ГЛЮТ 4 у мембрану, в активному стані, а отже, і час активної дії ГЛЮТ 4. Отже, ванадій і хром зменшують інсулінорезистентність за цукрового діабету II типу, подовжують час і силу дії інсуліну. Підвищення чутливості тканин до інсуліну є також основою антиатерогенної дії ванадію і хрому. Для профілактики і лікування цукрового діабету II типу, ожиріння, атеросклерозу найперспективнішими видаються низькі дози сульфату ванадію в комбінації з антиоксидантами.

Ванадій чинить також парадоксальний протипухлинний ефект, що пояснюють індукцією апоптозу пухлинних клітин та (або) активуванням генів супресорів клітинного поділу. Причиною такої дії може бути блокада тирозинфосфатази та (або) акти-

ування тирозинфосфорилази. Крім того, ванадій здатний індукувати затримання клітинного циклу та (або) чинити цитотоксичний ефект на пухлинні клітини, ушкоджувати ДНК, ядерні транскрипційні фактори, ліпідні мембрани активними кисневими радикалами. Можливо ванадій зменшує метастатичний потенціал ракових клітин шляхом модуляції клітинних адгезивних молекул. Інформація про здатність ванадію блокувати Na^+ , K^+ -АТФазу на сучасному етапі розвитку науки не підтверджена.

9.7. Патолофізіологія обміну молібдену

Кількість молібдену, що міститься в організмі дорослої людини, за різними джерелами, коливається від 20 до 70 мг. Його концентрація найбільша в печінці та нирках. У крові аніонні комплекси молібдену зв'язані з білками. Він добре всмоктується в тонкій кишці як із неорганічних сполук, розчинених у воді, так і з продуктів харчування. Багато молібдену міститься в зелених овочах, зернових, бобових, у нирках і печінці. Відомо, що кишкову абсорбцію молібдену пригнічують мідь і сульфати. Добова потреба дорослої людини в цьому мікроелементі – 75–250, немовлят – лише 15–30 мкг.

В організмі людини молібден входить до складу активних центрів трьох важливих ферментів: альдегідоксидази, ксантинооксидази, сульфітоксидази. Перші два є флавопротеїдами, які крім молібдену містять залізо і сірку. Альдегідоксидаза окиснює альдегіди до карбонових кислот. Ксантинооксидаза виконує важливу роль на кінцевому етапі обміну пуринів, окиснює гіпоксантин і ксантин відповідно до ксантину і сечової кислоти. У цих реакціях іони Mo^{6+} відновлюються до Mo^{5+} і далі до Mo^{4+} , поглинається кисень, виділяються супероксидні аніон-радикали та пероксид водню.

За генетичного дефекту ксантинооксидази розвивається ксантинурія, у сечовивідних шляхах утворюються ксантинові камені. В регіонах із геохімічним надлишком молібдену в організмі активується синтез ксантинооксидази, що призводить до розвитку подагри, яка характеризується відкладанням солей сечової кислоти

в сухожиллях і суглобах. Затримується також ріст кісток у дітей, відбуваються функціональні зміни печінки, розвиваються гіпотонія, анемія, лейкопенія. Аерозолі молібдену можуть спричинити ураження бронхів і пневмоконіоз.

9.8. Патофізіологія обміну селену

Концентрація селену в людському організмі великою мірою залежить від його вмісту в ґрунті та рослинах і значно відрізняється між географічними регіонами. Концентрація селену в плазмі крові населення різних регіонів, де він знаходиться у вигляді як органічних, так і неорганічних сполук, становить 50–820 мкг/л. У нирках, які є головним шляхом виведення цього мікроелемента, його концентрація коливається від 640 до 6170 мкг/кг маси тіла. В інших органах і тканинах селен входить до складу білків і його концентрація стабільніша. Так, у м'язах вона становить 110–430, в легенях і серці – 570–800, у печінці – 370–720 мкг/кг маси тіла. Багато селену в клітинах імунної системи, сперматозоїдах і мозку, де він зберігається навіть за умов селенодефіциту. В новонароджених і в дітей перших місяців життя рівень селену доволі низький, з віком він поступово збільшується.

Хоча селен може потрапляти в організм крізь шкіру й через легені, переважна його кількість надходить з їжею. Селен може засвоюватись у формі неорганічних сполук, таких як селеніт натрію (Na_2SeO_3), селенат натрію (Na_2SeO_4), проте органічні форми селену більш біопридатні і менш токсичні. У тваринних продуктах і материнському молоці селен міститься переважно у формі селеноцистеїну. Багато цього мікроелемента в пивних дріжджах, злакових, хлібі, бобових, де він переважно входить до складу селенометіоніну, що є основною формою надходження селену в організм дорослої людини і дітей старшого віку.

Розчинні форми селену всмоктуються в тонкій кишці на 80–100 %. Селенометіонін і селеноцистеїн абсорбуються за участю натрійзалежної амінокислотної транспортної системи. Неорганічні сполуки селену в кишківнику частково відновлюються із

селенатів до селенітів, а останні – до селенідів натрію (Na_2Se) й абсорбуються вторинно активною транспортною системою.

Оскільки організми вищих тварин не здатні синтезувати й розрізняти селенометіонін і метіонін, частина селенометіоніну, який всмоктався в кишківнику, неспецифічно вбудовується в різні білки на місця, призначені для метіоніну. Така заміна метіоніну на селенометіонін істотно не позначається на функції білків, але може слугувати засобом депонування селену в організмі.

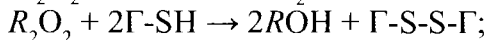
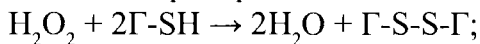
Біологічну функцію селену здійснюють лише ті селенопротеїни, які містять в своїй первинній структурі селеноцистеїн. Ця 21-ша амінокислота локалізована в активних центрах селеноензимів. Включення селеноцистеїну здійснюється на основі генетичної експресії за допомогою унікальної селеноцистоїніл-тРНК, яку розпізнають специфічні УГА-кодони в мРНК. Отже, селен є єдиним мікроелементом, що знаходиться під прямим генетичним контролем.

Хоча більша частина селенометіоніну внаслідок транссульфування перетворюється на селеноцистеїн, останній безпосередньо не включається в білки, а деградує в печінці до серину і селеніду водню (H_2Se) за участю ферменту β -ліази. Селеніти, у свою чергу, за участю глутатіонової системи перетворюються на H_2Se в еритроцитах і плазмі через селенодиглутатіон і глутатіонселеноперсульфід. Селенід водню є ключовим метаболітом, який утворює або активну форму селенофосфату для включення в селенопротеїни у вигляді селеноцистеїну, або метилується за участю S-аденозилметіоніну до метилселенолу [CH_3SeH], диметилселеніду [$(\text{CH}_3)_2\text{Se}$], триметилселеноніуму [$(\text{CH}_3)_3\text{Se}^+$]. Диметилселенід може видалятися із повітрям, що видихається, а триметилселеноніум виводиться з сечею. Незначна кількість селену видаляється через кишківник, але за нормальних умов гомеостаз селену регулюється в основному екскрецією його похідних із сечею.

На сьогодні ідентифіковано понад 30 селенопротеїнів, що містять у своїй первинній структурі селеноцистеїн. Близько половини з них очищено, для 9 – секвеновано й клоновано кДНК, що дало змогу вивчити і схарактеризувати їх функцію.

Першими були вивчені ферменти родини глутатіонпероксидаз (ГП), серед яких розрізняють гастроінтестинальну, цитозольну, позаклітинну та зв'язану з плазматичними мембранами.

Усі селеновмісні ГП за участю відновленого глутатіону каталізують реакції відновлення й детоксикації пероксиду водню та органічних пероксидів і гідропероксидів до нетоксичних сполук:



Водночас субстратом каталази і ГП, що не містить у своїй структурі селену, є лише пероксид водню.

Гастроінтестинальна ГП утворюється виключно у шлунково-кишковому тракті та функціонує як бар'єр, що запобігає всмоктуванню гідропероксидів з їжі, причому низької, але стабільної концентрації цього ферменту, яка спостерігається за дефіциту селену, достатньо для запобігання абсорбції гідропероксидів і пошкодженню ними епітелію.

Цитозольна ГП захищає внутрішньоклітинні білки печінки, серця, мозку, легенів і клітин крові від ушкодження пероксидом водню, ліпопероксидами, ліпогідропероксидами, відновлюючи їх до нетоксичних сполук.

Позаклітинна ГП є секреторним ферментом, який відновлює органічні пероксиди й гідропероксиди в материнській децидуальній оболонці, ембріональній ентодермі, жовтковому мішку, міокарді плода, у ділянках скостеніння, ембріональній жировій тканині, епітелії та шкірі. Дефіцит селену в організмі жінок спричинює безплідність і спонтанні аборти, що свідчить про захисну роль селенопротеїнів у ембріональному розвитку. У дітей і дорослих значні кількості позаклітинної ГП виявлено в проксимальних ниркових каналцях, менші концентрації – в міокарді передсердь, кишківнику, шкірі, жировій тканині.

Зв'язана з плазматичними мембранами ГП захищає їх від пероксидного окиснення мембранних ліпідів.

Тіоредоксинредуктаза (TrP), як і глутатіонпероксидаза, є селеновмісним антиоксидантним ферментом, який за допомогою НАДФН відновлює тіоредоксин та інші сполуки. Відомі три ізо-

форми ТрР: цитозольна, мітохондріальна і позаклітинна, локалізовані переважно в яєчках. Цей фермент захищає клітини від оксидативних ушкоджень, інгібує апоптоз, впливає на сигнальну кіназу 1 апоптозу, регулює клітинні процеси, захищає від пошкодження різні транскрипційні фактори, відновлює нуклеотиди до дезоксинуклеотидів. Загалом, селеновмісні ТрРази сприяють виживанню клітин.

Три типи селеновмісних йодотироніндєйодиназ каталізують перетворення тетраїодтироніну (тироксину) на активніший триїодтиронін.

Селенопротеїн Р, молекула якого містить 10 атомів селену, переносить селен із печінки в інші органи, насамперед у мозок і яєчка. В період вагітності він транспортує селен до плода. Близько 60 % селену плазми включено в цей білок. Відсутність селенопротеїну Р у тварин зумовлює накопичення селену в печінці та зниження його концентрації в плазмі крові та інших органах. Крім транспортної функції він виконує роль антиоксиданта. Вважають, що недостатність цього селенопротеїну може бути патогенетичною основою одного із субтипів шизофренії.

Селенопротеїн W необхідний для нормального метаболізму м'язів.

Селенопротеїн капсули сперматозоїдів із молекулярною масою 17 кілодальтон бере участь у формуванні джгутиків та стабілізує їх цілісність, що, ймовірно, обумовлює властивість селену підтримувати високу фертильність (плодючість) чоловіків.

Крім того, невідомі досі селенопротеїни чи низькомолекулярні неорганічні форми селену стимулюють мембранний транспорт глюкози внаслідок збільшення кількості транспортерів глюкози 1 (ГЛЮТ 1) у плазматичних мембранах адипоцитів і фібробластів навіть за їх інсулінорезистентності. Селен також демонструє інсуліноподібну дію, пригнічує ліполіз в адипоцитах і гліоконеогенез у печінці, стимулює гліколіз, пентозофосфатний шунт і синтез жирних кислот. Механізм інсуліноподібного впливу селену з'ясований не цілком, проте встановлено, що він активує ключові білки, які формують каскад інсулінових сигналів.

Селен регулює активний стан імунної системи, захищає організм від запальних факторів, зокрема при бронхіальній астмі. За фізіологічних рівнів він пригнічує активність транскрипційного ядерного фактора капіа В (NF- κ B), який контролює експресію генів, що кодують синтез запальних цитокінів. Це призводить зокрема до того, що селен значно гальмує синтез печінкою С-реактивного білка (CRP) у відповідь на дію фактора некрозу пухлин α (TNF α).

На основі численних епідеміологічних спостережень і досліджень на тваринах і культурах пухлинних клітин встановлено антиканцерогенні ефекти селену. Статистичний аналіз зв'язку між вмістом селену в ґрунті та продуктах харчування, його добовим споживанням і концентрацією в крові, з одного боку, й частотою розвитку раку – з іншого переконливо довів негативну кореляцію між ними. Зокрема Б.П. Сучков ще у 1981 р. встановив, що значно підвищена захворюваність на злоякісні пухлини сільського населення передгірної лісостепової зони Чернівецької області пов'язана зі зниженим вмістом селену в ґрунті місцевих полів і пасовищ.

Згодом у Великій Британії та інших країнах було виявлено, що додаткове споживання сполук селену людьми у вигляді харчових добавок сприяє значному зниженню рівнів загальної захворюваності на рак і смертності від нього, причому антиканцерогенний ефект селену був набагато потужнішим, ніж ретинолу, β -каротину чи вітаміну Е.

Нещодавно встановлено, що антибластомна дія селену не пов'язана із синтезом селенопротеїнів та їх антиоксидантною дією. Серед усіх хімічних сполук селену найсильнішу хемопревентивну дію має його монOMETИЛЬОВАНА форма – метилселенол (CH_3SeH), що утворюється в результаті метилювання селеніду водню. Цікаво, що такі рослини, як астрагали, особливо *Astragalus genus*, і добре відомий нам часник крім селенометіоніну синтезують у 100–1000 разів більше, ніж інші рослини, Se-метиЛселеноцистеїну, який за допомогою β -ліазної реакції легко і прямо перетворюється на метилселенол.

Метилселенол у мікромолярних дозах індукує апоптоз трансформованих клітин незалежно від ступеня пошкодження ДНК і без участі білка p53. Ця дія селену, можливо, пов'язана з тим, що його монометильована форма здатна інгібувати протеїнкіназу клітинного циклу cdk-2 і протеїнкіназу С за механізмом модифікації цистеїнових залишків з утворенням похідних селену – селенотрисульфїду чи селенїлсульфїду або каталізацією утворення дисульфїду.

Головною причиною дефіциту селену в організмі людей і тварин є недостатнє його споживання з їжею в регіонах із низьким вмістом селенїтів і селенатів у ґрунті. Сільськогосподарська діяльність людини призводить до поступового зниження концентрації селену як у ґрунті й рослинах, так і в крові людей. У дітей селенодефіцит також може бути спричинений штучним чи парентеральним вигодовуванням або ж виникає внаслідок мальабсорбції.

Нестача селену викликає кардіоміопатію, значно збільшує ризик смерті від інфаркту міокарда. Ендемічна форма міокардіопатії в деяких провінціях Китаю відома ще з 1935 р. як хвороба Кешана. Вона супроводжується фокальними некрозами міокарда, аритміями, розвитком серцевої недостатності. Введення селенїту натрію запобігає розвитку цієї хвороби, яка найтипівіша для дітей і вагітних жінок. За хвороби Кешана виявляються також дегенеративні зміни м'язів нижніх кінцівок, що нагадують алїментарну м'язову дистрофію (білом'язова хвороба) молодняка корів, коней, свиней, ягнят, свїйської птиці, яка теж виникає за нестачі селену. Дегенерація серцевого і скелетного м'язів обумовлена вільнорадикальними ушкодженнями мембран і білків за недостатнього утворення селеновмісних антиоксидантних ферментів, а також, можливо, пов'язана з нестачею селенопротеїну W.

За дефіциту селену зменшуються кількість та функціональна активність Т-лімфоцитів і, як уже зазначалось, у 2–3 рази збільшується ймовірність захворювання на рак, провокується внутрішньоутробна загибель плода, у чоловіків розвивається азооспермія або знижується рухливість сперматозоїдів унаслідок відриву хвоста (джгутика) від голівки.

Селенодефіцит у перинатальний період призводить до муковісцидозу в дітей молодшого віку. Це захворювання характеризується кістозно-фіброзним переродженням вивідних протоків підшлункової залози.

За нестачі селену розвиваються також гепатози й некрози печінки, можливі емоційні та психічні розлади.

Токсична дія селену виявляється в регіонах з високим його вмістом у ґрунті та воді, коли добове його споживання перевищує рекомендовану дозу більш як у 5 разів. За хронічного отруєння селеном його концентрація в сечі може збільшуватися в 100 разів порівняно з такою в людей, які споживають оптимальні кількості цього мікроелемента, і в 400 разів порівняно з вмістом селену в сечі за хвороби Кешана, що свідчить про значну адаптаційну здатність нирок підтримувати гомеостаз згаданого мікроелемента. За селенового токсикозу найхарактернішими є ураження нігтів і випадіння волосся. У дітей також порушується формування зубної емалі та кісток. Можливі хронічні дерматити, артрити, анемії, дегенерація печінки, гастроентерити, депресивні стани.

Хоча механізми цитотоксичної дії селеніту та інших неорганічних сполук селену залишаються нез'ясованими, припускають, що спочатку вони каталізують окиснення тіолів й одночасно продукують супероксидні аніон-радикали, що призводить до загибелі клітин унаслідок апоптозу чи некрозу. Крім того, H_2Se здатний зв'язуватись із металами з утворенням нерозчинних комплексів. Ця властивість селену може бути корисною при детоксикації отруєнь важкими металами. Проте токсичні дози селену здатні вивільняти метали з металопротеїнів, що призводить до порушення функцій останніх.

9.9. Патолофізіологія обміну йоду

В організмі дорослої людини за нормальних умов міститься близько 20–30 мг йоду, з яких 30 % – у щитоподібній залозі. Порівняно з м'язами та деякими іншими органами концентрація цього мікроелемента підвищена в печінці, нирках, слинних і наднирникових залозах, гіпофізі, яєчниках, у макрофагах і ней-

трофільних лейкоцитах. У крові здорової людини міститься 50–120 мкг/л йоду, причому 40–80 мкг/л представлено його органічними сполуками, зв'язаними з білками плазми. 85–90 % йоду плазми крові входить до складу тетраїодтироніну (T_4 , тироксин) і лише 4–5 % – трийодтироніну (T_3). Дуже незначна частина йоду міститься в крові у вигляді вільних T_4 і T_3 , концентрація яких становить відповідно 20 і 6 нг/л. Вміст неорганічних йодидів у плазмі крові коливається в межах 0,8–6,0 мкг/л.

Неорганічні сполуки йоду добре розчинні у воді, тому з дощами й талим снігом поступово переміщуються в моря та океани, де концентрація цього мікроелемента досягає 50–60 мкг/л. Унаслідок випаровування з поверхні Світового океану йод знову потрапляє на суходіл, але основна його частина осідає в приморських районах. Тому вміст йоду в питній воді, рослинних і тваринних продуктах великою мірою залежить від віддаленості місця проживання людини від моря. Найбіднішими на йод є гірські місцевості.

Основні джерела цього мікроелемента для людини – морська риба, молюски, морські водорості та йодована сіль. Діти грудного віку отримують йод з материнським або коров'ячим молоком. Вміст йоду в жіночому молоці становить 40–80 мкг/л, у коров'ячому, де він знаходиться лише у формі йодидів – 70–140 мкг/л.

Тривалий час вважали, що добова потреба в йоді дорослих і дітей з 11 років становить 100–150 мкг. Дітям від народження до 6 місяців рекомендували 40 мкг цього мікроелемента на добу, від 6 місяців до 1 року – 50, від 1 до 3 років – 70, від 4 до 6 років – 90 мкг. Вагітним жінкам радили вживати 175, а в період лактації – 200 мкг/доба. Нині такі дози вважають мінімальними, а оптимальне споживання йоду, на думку американських фахівців, має становити 200–600 мкг/доба. Найбільше цього мікроелемента потрібно в період статевого дозрівання та вагітним жінкам і жінкам, що годують груддю.

З їжею йод потрапляє переважно у вигляді йодидів, добре всмоктується в кишківнику в іонній формі шляхом полегшеної дифузії з використанням переносників та іонних каналів. Йодовані амінокислоти абсорбуються за механізмом натрійзалежного

вторинно-активного транспорту. Інші сполуки йоду перед всмоктуванням відновлюються до йодидів.

Виведення йоду з організму можливе з молоком, потом і калом, але основна його частина видаляється з сечею.

Фізіологічна і патологічна роль йоду обумовлена в основному його вмістом у структурі тиреоїдних гормонів, які необхідні для нормального росту, розвитку нервової й кісткової тканини, синтезу білків, енергетичного обміну та репродуктивної функції. Крім того, йод, як і інші галоїди, у мікро- та макрофагах утворює йодиди й оксиди йоду, які чинять бактерицидну дію.

Дефіцит йоду, зумовлений недостатнім надходженням його з їжею і водою, може призвести до порушення гормональної функції щитоподібної залози, яка для нормального синтезу і секреції гормонів має щодоби отримувати з крові близько 60 мкг йоду. Гіпойодоз спочатку компенсується гіпертрофією і гіперплазією тиреоїдного епітелію та збільшенням маси щитоподібної залози, що до певної міри забезпечує нормальний рівень синтезу T_4 і T_3 . Проте подальше недостатнє надходження йоду призводить до гіпофункції щитоподібної залози.

Таке захворювання називають ендемічним зобом, воно масово поширене в Альпах, на Алтаї, в Андах, Гімалаях, на Кавказі, в Карпатах, Кордильєрах, на Тянь-Шані. В Україні крім Карпат ендемічний зоб трапляється на Поліссі. Всього у світі, за даними ВООЗ, на це захворювання страждають 200–400 млн людей. Хвороба характеризується хронічною втомлюваністю, гальмуванням обмінних, насамперед окиснювальних, процесів, зниженням температури тіла, сповільненням основного обміну. Тривалий дефіцит йоду в організмі в дитячому віці призводить до кретинізму з відставанням розумового і фізичного розвитку. За гіпотиреозу в дорослих розвивається мікседема (слизовий набряк). За нестачі йоду в організмі вагітної жінки немовля може мати ознаки вродженої мікседеми.

Крім того, існують спадкові й набуті дефекти здатності щитоподібної залози захоплювати і концентрувати йод, а також синтезувати або секретувати тиреоїдні гормони. Надлишок йоду в організмі може бути наслідком ятрогенної або професійної інтокси-

кації йодидами. Проникнення йоду крізь шкіру і слизові оболонки здатне спричинити алергічний дерматит, який називають йодизмом. За парентерального введення препаратів йоду також може порушуватись функція щитоподібної залози.

За гіпертиреозів, які характеризуються значним збільшенням продукції гормонів щитоподібної залози, концентрація йоду в крові може перевищувати 1000 мкг/л. Проте це не є наслідком збільшеного надходження йоду в організм, а спричинено надмірним захопленням його щитоподібною залозою та посиленням синтезу і секреції тиреоїдних гормонів у кров, де вони зв'язуються з білками плазми, що унеможливує їх фільтрацію в клубочках нефрону та екскрецію з сечею.

9.10. Патолофізіологія обміну фтору

В організмі людини майже весь фтор локалізований у твердих тканинах у складі гідроксіапатиту $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. Іони фтору здатні замішувати іони гідроксилу як у молекулі гідроксіапатиту, так і в активних центрах метало-, а інколи й неметалоферментів та неферментних білків. Співвідношення між іонами OH^- і F^- у твердих тканинах у середньому становить 40 : 1, але може значно змінюватись залежно від біодоступності фтору. В тканині зубів його середня концентрація досягає 560, у кістках – 490 мг/кг. Серед твердих тканин зуба найбільше фтору міститься в цементі, за ним ідуть дентин, емаль. Губчасті кістки містять фтору більше, ніж трубчасті, причому в кістках немовлят вміст фтору мінімальний і поступово збільшується до старечого віку, коли його накопичення припиняється. Кісткова тканина деякою мірою регулює концентрацію фтору в позаклітинній рідині, швидко зв'язує його за надлишку й віддає в кров за дефіциту.

У м'яких тканинах вміст фтору дуже низький, але стабільний. За кальцифікації стінок судин та інших органів в них зростає також вміст цього мікроелемента.

В крові людини концентрація фтору коливається від 0,03 до 0,15 мг/л. У плазмі він міститься в іонній та органічній формах. Як і в кістках, у плазмі крові вміст фтору збільшується з віком.

Іони фтору всмоктуються в шлунку і тонкій кишці шляхом простої дифузії, хоча можливо існують механізми і полегшеної дифузії. В нормі засвоюється близько 80 % фтору, що надходить у шлунково-кишковий тракт переважно у вигляді розчинних неорганічних сполук з водою та їжею. Немовлята отримують фтор з материнським молоком. Фтор здатний швидко проникати в організм крізь легені та шкіру. Гомеостаз фтору, як і всіх інших аніонів, регулюють переважно нирки, через які видаляється близько 90 % його надлишку. Решта виводиться з калом і лише незначна частина – з потом.

Фтор доволі поширений у природі, інтенсивно використовується в діяльності людини. Найбільше його в районах діючих і згаслих вулканів та в родовищах фосфатів. Значні кількості фтору потрапляють у ґрунт із фосфатними добривами, але найнебезпечнішими для навклишнього середовища є викиди в повітря сполук фтору при виробництві алюмінію. Від народження і до 6 місяців в організм людини щодобово має надходити 0,1–0,5 мг фтору. Потреба у фторі дорослих незалежно від статі становить 1,5–4 мг/доба.

Порівнянно з іншими мікроелементами особливістю фтору є відносно мала різниця між фізіологічною й токсичною дозами.

Роль фтору в організмі дітей полягає в тому, що він сприяє первинній мінералізації кісток і зубів, особливо емалі, формує центри кристалізації гідроксіапатиту. Дуже важливою є здатність фтору запобігати розвитку карієсу зубів. Механізм такого ефекту фтору досі достатньою мірою не з'ясований. Саме по собі фторування гідроксіапатиту не збільшує міцності твердих тканин зуба, проте за наявності фтору, можливо, інактивуються металоферменти бактерій, які спричиняють демінералізацію емалі з розвитком карієсу.

Дефіцит фтору, що виникає за його концентрації в питній воді менш як 0,5 мг/л, виявляється в дітей і дорослих у збільшенні захворюваності на карієс. Вроджений гіпофтороз, а також нестача фтору в організмі в грудному і ранньому дитячому віці супроводжується також затриманням росту, запізненням прорізування зубів. Застосування профілактичного фторування води і фторо-

вмісних зубних паст у регіонах з низьким вмістом фтору в питній воді значно зменшує ураження зубів карієсом.

Надмірне споживання фтору з раннього дитинства, яке спостерігається за його концентрації у питній воді понад 1,5 мг/л, що має місце в деяких районах південного сходу України, призводить до ендемічного флюорозу в дітей. Це захворювання характеризується появою на емалі зубів молочно-матових або жовтуватих плям. Зуби стають крихкими і швидко руйнуються без запального процесу. При цьому в дітей виражені ламкість кісток, слабкість м'язів, втрата маси тіла, анемії. Всі ці прояви вважають наслідком інгібування ферментів при зв'язуванні фтору з іонами заліза, міді, цинку, мангану та інших металів або із залишками деяких амінокислот в активних центрах цих ферментів. Фтор може також інактивувати ферменти, які не містять металів, але активуються ними, що найхарактерніше для магнію. Зокрема, інактивація фосфатаз в остеобластах і одонтобластах призводить до порушення структури й міцності кісток і зубів на тлі високої резистентності до карієсу.

Водночас фтор, активуючи G-білки, стимулює такі ферменти, як аденілатциклаза і фосфоліпаза C, що, у свою чергу, через вторинні месенджери – цАМФ, інозитолтрифосфат, діацилгліцерол і кальцій призводить до численних порушень клітинних функцій. Зокрема, змінюється мембранний транспорт іонів, посилюється скорочення клітин гладких м'язів, порушується бар'єрна функція ендотелію. Крім того, фтор незалежно від G-протеїнового механізму активує кальцієві канали в саркоплазматичному ретикулімі й інгібує серин/треонінові фосфатази.

Для хронічної інтоксикації фтором характерними ознаками є: астеничні стани з нейроциркуляторною дистонією, артеріальна гіпертензія, атеросклероз судин, токсичні гастрити, коліти, гепатити, нефропатії, неврити, радикуліти, ознаки гіпофункції ендокринних залоз. Поблизу підприємств, що виробляють суперфосфати та алюміній, населення найчастіше страждає на захворювання органів дихання. Спостерігаються носові кровотечі, риніти, бронхіти з астматичним компонентом.

Гостре отруєння фтором не має специфічних ознак, характеризується нудотою, блюванням, проносами, шлунковими коліками. Сильне гостре отруєння, як правило, спричинює фторид натрію, який використовують у побуті для боротьби з гризунами, комахами, грибками. При цьому внаслідок утворення нерозчинного CaF_2 може виникати гіпокальціємія з розвитком судом, пригніченням дихальної та серцевої діяльності.

Висновки до розділу 9

В організмі людини виявлено 81 хімічний елемент з усіх існуючих у природі. Тіло людини на 99 % складається з вуглецю, кисню, водню, азоту, кальцію, фосфору, калію, натрію, магнію, сірки, хлору. Це так звані макроелементи. Всі хімічні елементи, концентрація яких в організмі знаходиться в межах 10^{-3} – 10^{-12} %, називають мікроелементами і поділяють на есенційні й токсичні. До есенційних, тобто абсолютно необхідних організму, належать 15 (залізо, мідь, цинк, кобальт, хром, молібден, нікель, ванадій, манган, селен, йод, фтор, силіцій, арсен, літій). Усі вони утворюють комплекси з ферментами, гормонами, вітамінами, транспортними і структурними білками, чинять значний вплив на всі аспекти життєдіяльності організму. Загальновідомими токсичними мікроелементами є ртуть, свинець, кадмій, берилій, алюміній, арсен, фтор, хром. Поділ мікроелементів на есенційні та токсичні значною мірою умовний. Так, з одного боку, більшість, а можливо і всі, токсичні мікроелементи є есенційними, з іншого – передозування життєво необхідних мікроелементів призводить до інтоксикації.

Мікроелементи потрапляють в організм людини переважно з їжею та водою, але можуть надходити і через легені та шкіру. Більшість мікроелементів всмоктується у проксимальному відділі кишківника. Абсорбція катіонів-металів специфічна і селективна, потребує спеціальних білків-переносників і ферментів. Виводяться вони переважно зі злущеним епітелієм шлунково-кишкового тракту, жовчю, епідермісом і волоссям. Аніони-

неметали всмоктуються відносно легко і виводяться в основному з сечею.

Кількісний склад мікроелементів в організмі людини великою мірою визначається їх вмістом у зовнішньому середовищі, насамперед у рослинах, воді і тваринних організмах.

Поверхня Землі поділена на біогеохімічні провінції, області, що різняться за вмістом (у ґрунті, воді тощо) хімічних елементів (або сполук), з якими пов'язані певні біологічні реакції з боку місцевої флори і фауни. Склад ґрунтів впливає на добір, розподіл рослин, їх мінливість під впливом тих чи інших хімічних сполук або хімічних елементів, що містяться в ґрунтах. Поширення певної флори чи фауни в межах однієї ґрунтової зони нерідко збігається з територією розвитку відомих гірських порід або геологічних формацій. Добре відома специфічна рослинність, поширена на серпентинітах, вапняках, у безстічних засолених місцевостях, на пісках. Виразна нестача або надмірний вміст будь-якого хімічного елемента в середовищі викликає в межах біогеохімічної провінції ендемії-захворювання рослин, тварин і людей. Наприклад, за нестачі йоду в їжі і воді – зоб у тварин і людей, за надлишку селену в ґрунті – появу отруйної селенової флори. За генезисом виділяють два типи біогеохімічних провінцій. Для перших характерні в певних ґрунтових зонах окремі плями або області з нестачею того чи іншого хімічного елемента в середовищі. Наприклад, для зон підзолистих і дерново-підзолистих ґрунтів Північної півкулі характерні біогеохімічні провінції з нестачею йоду, кальцію, кобальту, міді. Подібні провінції з характерними для них ендеміями (зоб, акабальтоз, ламкість кісток) не трапляються в сусідній зоні чорноземів. Причина полягає у великій рухливості іонів Γ , Ca^{2+} , Co^{2+} , Cu^{2+} , які легко вимиваються з підзолистих ґрунтів. Для біогеохімічних провінцій другого типу характерні ендемії, що трапляються в будь-якій зоні. Вони інтразональні й виникають на тлі первинних або вторинних ореолів розсіяння рудної речовини родовищ, соляних відкладів, вулканогенних еманцій. Наприклад, борні (серед флори і фауни) виявлені на безстічних територіях; флюороз людини і тварин – у зоні нещодавно діючих вулканів, родовищ флюориту і фторапатиту; молібденоз тварин –

у межах родовищ молібдену. Цей тип провінцій та ендемій пов'язаний з надмірним вмістом хімічних елементів у середовищі. Хімічні елементи, що утворюють добре розчинні сполуки в ґрунті, викликають найсильнішу біологічну реакцію місцевої флори. Має значення і форма знаходження хімічних елементів у середовищі. Наприклад, молібден спричинює у тварин захворювання тільки в районах з лужними ґрунтами (молібденова кислота утворює розчинні сполуки з лугами); в районах кислих ґрунтів надлишок молібдену безпечний. Описано механізми засвоєння мікроелементів, їх транспорт в організмі та шляхи виведення, біологічні функції, клінічні прояви їх дефіциту і надлишку тощо.

Список літератури до розділу 9

1. *Виноградов А.П.* Биогеохимические провинции // Труды юбилейной сессии АН СССР памяти В.В. Докучаева. – М.: Изд-во АН СССР, 1949. – С. 59.
2. *Виноградов А.П.* Биогеохимические провинции и их роль в органической эволюции / Геохимия. – 1963. – № 3. – С. 199–212.
3. *Виноградов А.П.* Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. – 2-е изд., доп. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – 240 с.
4. <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/422896/human-nutrition>.
5. <http://toyhealth.ru/page/hvoroba-osteoporoz-i-stonshuvannjakistkovoyi-tkanini>.
6. <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/422916/nutritional-disease>.

РОЗДІЛ 10

КАЛЬЦІЙ У МІНЕРАЛЬНИХ ВОДАХ ТА ОРГАНІЗМІ ЛЮДИНИ: ФІЗІОЛОГІЯ І КЛІНІКА

(В.І. Малюк, Г.Г. Репецька)

Кальцій у значних кількостях входить до складу багатьох мінеральних вод. Так у загальновідомому «Нарзані» міститься 62 % гідрокарбонату кальцію (тут і далі вказано відсотки відносно загальної кількості мінеральних солей у воді). Гідрокарбонатно-сульфатні натрієво-кальцієві води железноводських джерел – «Славяновская» і «Смирновская» – містять до 35 % кальцію. Хлоридно-кальцієва вода «Лугела» (Грузія) – це 5 %-й розчин хлориду кальцію.

В Україні є великі ресурси лікувально-профілактичних мінеральних вод. До вод сульфатно-кальцієвого (гіпсового) типу належить мінеральна вода «Буковинська», в якій міститься 64 % сульфату кальцію (гіпсу) [1]. Серед лікувальних вод України важливими є гідрокарбонатно-кальцієві з мінералізацією до 1,5 г/л (тип нарзану). Величезні запаси таких вод знаходяться в Закарпатті (м. Хуст, с. Поляна, с. Плоске та ін.). Кальцій входить до складу більшості трускавецьких вод. Води з великим вмістом іонів кальцію (кальцієві води) нормалізують тонус серцевого м'яза, стабілізують роботу серця, сприяють зміцненню кісток, підвищенню імунітету. Славетна лікувальна вода «Нафтуса» за хімічним складом гідрокарбонатна магнієво-кальцієва з мінералізацією 0,6–0,8 г/л і вмістом органічного вуглецю 24,1–43,0 мг/л [2]. Мінеральна вода «Шаянська-242» за складом наближається до мінеральних вод «Боржомі» (Грузія) та «Vichy Celestins» (Франція), «Шаянська-4» – до славетних карловарських вод. До складу обох видів «Шаянської» входять біологічно значущі кількості кальцію (25 % добової норми), магнію, заліза, літію та інших елементів [3]. Хімічний склад майже усіх мінеральних вод комплексний, тому їхні цілющі властивості неможливо пояснити дією лише якогось

одного компонента, зокрема кальцію. Заразом треба мати на увазі, що харчові раціони населення Європи та Північної Америки дефіцитні на кальцій, насамперед це стосується людей другої половини життя, особливо жінок. Тому там широко вживають харчові добавки та збагачену кальцієм питну воду [2]. В Україні через економічну кризу такими можуть бути відносно недорогі й доступні питні води, що містять кальцій («Моршинська», «Поляна квасова» та інші води Карпатського регіону).

Кальцій – один з основних мінералоутворювальних елементів, його вміст становить 3,39 % маси земної кори [4]. Сполуки кальцію вапняки, доломіти, мармур, крейда, арагоніт, силікати значно поширені в природі і мають велике промислове значення.

Не менш важлива роль кальцію та його сполук в організмі людини. Це основний елемент, що забезпечує механічну опору, міцність і твердість кісток та зубів. Солі кальцію становлять 70 % маси кісток. Близько 99 % кальцію міститься в кістках і зубах, решта циркулює в крові, де він виконує різноманітні функції [5]. В організмі дорослої людини кальцію близько 1,2–1,9 % загальної маси тіла. Функції цього елемента складно переоцінити. Відомо, що він необхідний для нормального росту й розвитку скелета людини, регулює передачу нервових імпульсів, забезпечує нормальну роботу серця і скелетної мускулатури. За дефіциту кальцію порушується процес зсідання крові, втрачається еластичність судин, підвищується їх проникність. В організмі людини кальцій постійно використовується для забезпечення нормального функціонування серця і м'язів, саме тому він має регулярно надходити в організм в оптимальній кількості. Чим вища рухова активність людини і чим швидше відбуваються процеси життєдіяльності, тим більше кальцію потрібно організму. Середня добова потреба чоловіків і жінок у цьому елементі становить 450–800 мг. Людям, які ведуть активний спосіб життя, зокрема спортсменам, рекомендовано збільшувати щоденне споживання цього елемента до 1000–1200 мг/доба. Стільки ж кальцію потрібно і дітям через швидкий ріст їхніх кісток та постійну підвищену рухливість. Найбільше кальцію потребує організмі вагітної жінки, особливо в другій половині вагітності, оскільки плід швидко росте й міц-

ніє, всі реакції в організмі майбутньої матері відбуваються набагато швидше. Тому добова доза кальцію в першій половині вагітності становить 1100–1400, у другій – 1500–1800 мг. Не варто знижувати щоденне споживання кальцію і жінкам, які годують груддю, бо необхідно не тільки забезпечити ним малюка, що росте, а й відновити запаси кальцію у власній кістковій тканині [6].

10.1. Джерела кальцію в продуктах харчування

Найліпшим джерелом кальцію традиційно вважають сир, хоча набагато більше цього елемента міститься в таких продуктах, як мигдаль, шпинат, твердий сир, сметана, кунжут. У дещо менших кількостях він є в оселедцях, скумбрії, м'ясі, квасолі, хлібі, фініках, інших продуктах. Цікаво, що в насінні кунжуту кальцію вдсятеро більше, ніж у сирі. Чому ж як джерело кальцію рекомендують не кунжут, а саме сир, твердий сир, оселедець і м'ясо? Річ у тому, що кальцій, як і інші активні речовини, рідко трапляється в природі у чистому стані, частіше у формі солей. Відомо, що більшість солей кальцію нерозчинні, а це істотно ускладнює їх всмоктування в травній системі. Тому обмін кальцію відбувається тільки за наявності вітаміну D, легка для засвоєння форма якого міститься виключно в продуктах тваринного походження. У зв'язку з цим сир є ціннішим джерелом кальцію, ніж будь-який рослинний продукт. Більше, ніж у кисломолочному сирі, кальцію в легкій для засвоєння формі тільки в твердих сортах сиру, найціннішим з яких вважають «Чеддер».

10.2. Функції кальцію в організмі

Кальцій в організмі постійно потрібен для формування структури кісткової тканини. Щомиті в організмі людини відбуваються тисячі біохімічних реакцій, старі клітини гинуть, нові утворюються. Кісткова тканина не є винятком. Її клітини й відповідні структури постійно оновлюються, для цього потрібен кальцій, який у кістках знаходиться у формі сполуки гідроксилапатиту $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ [7].

Велику роль кальцій відіграє в забезпеченні роботи серця. Він гасить нервовий імпульс, унаслідок чого серцевий м'яз у фазі діастоли розслабляється. Оскільки серце працює все життя без зупинок, фаза відпочинку для нього дуже важлива.

Кальцій також розслаблює скелетні м'язи, блокує надмірне збудження нервових закінчень. Саме тому солі цього елемента застосовують для зняття судомних скорочень м'язів. Разом з тим, кальцій стимулює скорочення матки під час пологів, бере участь у продукуванні молока.

Однією з найважливіших його функцій в організмі є забезпечення зсідання крові. Якщо кальцію в організмі мало, то потрібно більше часу, щоб рану або подряпину закрити тромб. За цей час можна не тільки втратити більше крові, а й інфікувати рану, що уповільнить її загоєння.

10.3. Регуляція обміну кальцію

У сироватці крові кальцію міститься 9–12 мг/100 мл. Половина цієї кількості – кальцій, зв'язаний з білками, інша половина – вільний, або іонізований кальцій. Фізіологічно активний лише іонізований елемент. Засвоєння і зміни концентрації кальцію в крові відбуваються як у фізіологічних умовах, так і при захворюваннях людини.

Кальцій, що надходить з їжею, всмоктується в тонкій кишці, переходить у кров, а далі більша його частина досягає кісток і зубів. Найефективніша абсорбція кальцію залежить від наявності в організмі вітаміну D, що є ключовим фактором серед різних гормонів, які забезпечують перехід кальцію з травної системи в кров, кістки і зуби. Крім того, за оптимального співвідношення фосфору і кальцію останній використовується повністю. Гормони парашитоподібної й щитоподібної залоз внутрішньої секреції (відповідно паратгормон і кальцитонін) також беруть участь у підтриманні рівноваги кальцію в крові. Ці регуляторні механізми запобігають розвитку його дефіциту. Коли такий дефіцит все ж розвивається, під дією паратгормону і вітаміну D кальцій з кісток переміщується в кров, щоб підтримати дуже важливий нормальний його рівень у крові.

Результатом навіть помірної нестачі кальцію, але протягом тривалого часу, може бути остеопороз, хвороба, що характеризується стоншенням і зменшенням міцності кісток. Порушення метаболізму кальцію в дитячому організмі може призвести до рахіту. Згідно з нещодавніми дослідженнями, дефіцит кальцію в питній воді і продуктах харчування – можлива причина серцево-судинних хвороб у цілому [8] і гіпертонічної хвороби зокрема [9], а також раку товстої кишки. Значний дефіцит кальцію, або гіпокальціємія, що виявляється у зменшенні концентрації кальцію в крові нижче від норми, має власні клінічні ознаки. Головний синдром – тетанія (спазмофілія), яка проявляється болісними спазмами м'язів, онімінням і поколюванням навколо рота та кінчиків пальців, що піддаються лікуванню кальцієм. Клінічно виявляють дефіцит кальцію відносно нечасто, це майже завжди є проявом дефіциту гормону паращитоподібної залози або вітаміну D, тобто двох головних регуляторів метаболізму кальцію. За своєчасного розпізнавання і лікування тетанії та рахіту прогноз сприятливий. Кальцій виводиться з організму переважно з калом, менша його частина – з сечею.

Гіперкальціємія, тобто підвищення рівня кальцію в крові, буває у немовлят після 4 діб життя, у недоношених дітей, а також у дорослих при пухлинах паращитоподібної залози чи передозуванні вітаміну D. За внутрішньовенного введення хлориду кальцію з терапевтичною метою можливий розвиток короткотривалої гіперкальціємії, до якої організм відносно толерантний [10].

10.4. Найпоширеніші хвороби, пов'язані з порушенням обміну кальцію, їх профілактика та лікування

Розглянемо детальніше найпоширеніші хвороби, пов'язані з порушенням обміну кальцію, особливо способи їх профілактики та лікування.

До хвороб із переважанням недостатності кальцію належать остеопороз, рахіт і гіпопаратиреоз (тетанія, спазмофілія), до хвороб із надлишком кальцію – гіперпаратиреоз (хвороба Реклінгаузена), гіпервітаміноз D.

Остеопороз

Остеопороз – системне захворювання скелета, яке характеризується зменшенням маси кістки в одиниці об'єму, порушенням мікроархітектури кісткової тканини, що призводить до підвищення крихкості кісток, високого ризику їх переломів.

Причини захворювання. Для підтримання нормальної роботи всіх систем організму постійно потрібні мінеральні речовини. Кісткова тканина – це щось на зразок складу, в якому зберігається «запас» мінеральних речовин. Коли їх у їжі не вистачає, організм позичає їх у кісток. Постійне запозичення призводить до того, що кістки стають крихкими, порожнистими та менш щільними, кісткова тканина втрачається, її маса зменшується й у результаті – остеопороз – підвищена ламкість кісток через нестачу в них кальцію.

Фахівці виділяють дві групи чинників ризику розвитку остеопорозу в жінок: традиційні та сучасні. Традиційно розвиток остеопорозу пов'язують зі зниженням з віком (особливо в період менопаузи) вироблення жіночого гормону – естрогену, який уповільнює процеси зменшення маси кісткової тканини, її розрідження. Другою групою чинників є виснаження внутрішніх запасів кальцію в період вагітності та годування груддю.

Сучасними передумовами захворювання медики вважають: дієти для схуднення, гіподинамію (малорухливий спосіб життя жінок ХХІ століття), тривале лікування препаратами кортикостероїдних гормонів (преднізолон, триамсинолон, полькортолон та ін.), паління, яке дедалі частіше стає шкідливою звичкою жінок. У жіночого населення сформувалися неправильні стереотипи харчування: воно споживає багато рафінованих продуктів та ігнорує продукти, багаті на кальцій. Як наслідок, майже кожна жінка може захворіти на остеопороз.

Остеопороз – велика загроза і для чоловіків. Наразі доведено, що зниження рівня чоловічого гормону тестостерону в чоловіків літнього і старечого віку (за термінологією зарубіжних дослідників – Partial Androgenic Deficiency Ageing Male, PADAM) призводить до зменшення кісткової маси, розвитку остеопорозу й осте-

опенії, причому показники летальності серед чоловіків із переломами шийки стегнової кістки вищі ніж у жінок.

Згідно з класифікацією, розрізняють первинний і вторинний остеопороз.

Первинний стосується тих пацієнтів, у яких причини розвитку остеопорозу пов'язані з менопаузою і старінням.

Вторинний остеопороз є наслідком якогось основного захворювання. Як правило, вторинні форми остеопорозу класифікують відповідно до наведених нижче причин.

- ендокринні порушення (гіпертиреоз, гіперкортицизм, цукровий діабет, гіпогонадизм, гіперпаратиреоз, захворювання гіпофіза);
- призначення лікарських засобів (глюкокортикоїди, гепарин, метотрексат, препарати літію, антациди);
- захворювання органів травлення (гастректомія, запальні захворювання кишківника, синдром мальабсорбції, захворювання гепатобіліарної системи);
- захворювання нирок (хронічна ниркова недостатність, нирковий канальцевий ацидоз, синдром Фанконі);
- захворювання крові (лейкоз, лімфоми, системний мастоцитоз, мієломна хвороба, таласемія та інші анемії, хвороба Гоше);
- захворювання сполучної тканини (недосконалий остеогенез, синдром Елерса–Данлоса, синдром Марфана, ревматоїдний артрит, системний червоний вовчак);
- інші причини: вагітність та лактація, іммобілізація, злоякісні новоутворення, нервово-психічна анорексія, зловживання алкоголем, гіперфосфатемія, синдром Рейлі–Дея).

Симптоми. Спочатку змінюється статура, потім хода людини (рис. 10.1). Нажаль це не завжди обумовлено літнім віком. Маса кісток, щільність кісткової тканини в наш час починають зменшуватися ще в доволі молодому віці людини. І це дуже небезпечно, бо за остеопорозу кістки не тільки швидше ламаються, а й гірше зростаються, отже, людина довше лікується, стає інвалідом, страждає від болю.



Рис. 10.1. Літня жінка з гіперкіфозом, класичною ознакою остеопорозу

Ускладнення. Згідно з останніми дослідженнями остеопороз і атеросклероз – взаємопов’язані процеси. Встановлено, що порушення кальцієвого обміну в кістковій тканині безумовно інтенсифікують перебіг атеросклерозу й підвищують ризик його подальших ускладнень. За результатами інших досліджень, у разі зниження мінеральної щільності кісткової тканини в коронарних артеріях відкладається більше кальцію. Разом із різними жирами він утворює атеросклеротичну бляшку, яка через надлишок холестерину в крові відкладається на внутрішній стінці артерії й закупорює її. Артерія стає менш еластичною, що призводить до порушення кровообігу та утворення тромбів, внаслідок чого людину може уразити інсульт або інфаркт. Щоб запобігти негативним наслідкам остеопорозу (атеросклерозу), слід знати все про цю хворобу та способи її профілактики.

Антропометрія. Серед багатьох чинників, що впливають на розвиток порушень структурно-функціонального стану кісткової тканини й розвиток остеопорозу, важливими є особливості будови тіла людини. За результатами дослідження, у жінок віком 50–

89 років із порушеними структурно-функціонального стану кісткової тканини (остеопенія, остеопороз) вірогідно зменшувались такі антропометричні показники, як зріст, довжина голови (тільки у віковій групі 70–89 років), діаметр плечей, обхват грудної клітки (В.В. Поворознюк, О.П. Дмитренко, 2001). У групах жінок віком 50–89 та 50–69 років зменшувалась довжина лопатки та збільшувалась довжина шиї. Крім того, у цих групах жінок із нормальним структурно-функціональним станом кісткової тканини зменшувались антропометричні показники, що характеризували особливості жирового обміну (товщини складок на спині, на плечі, на животі, на стегні, на гомілці). Такі показники, як довжина стегна, довжина гомілки, обхват плеча, ширина плеча, обхват широкої частини передпліччя, діаметр гомілки, ширина ступні, поперечний діаметр грудної клітки, діаметр таза, мали тенденцію до зменшення у хворих на остеопороз. У пацієток з остеопоротичними переломами порівняно з пацієнтками без переломів вірогідно знижувались такі антропометричні показники, як довжина стегна, обхват кисті, обхват вузької частини гомілки, висота обличчя.

Сучасні методи діагностики. Сьогодні в Україні доступні найсучасніші методики діагностики остеопорозу, золотим стандартом якої є двоенергетична рентгенівська денситометрія, або абсорбціометрія, що дає змогу визначати мінеральну щільність кісткової тканини. В нашій країні є 7 таких денситометрів, один із них, найсучасніший – у Києві, в Українському науково-медичному центрі проблем остеопорозу. Методом ультразвукової денситометрії можна визначати ступінь остеопорозу в пацієнтів із груп ризику, до яких у разі потреби поглибленої діагностики застосовують методику абсорбціометрії. Крім того, нині в діагностиці остеопорозу використовують рентгеноморфометрію, кількісну комп'ютерну томографію, біохімічні маркери метаболізму кісткової тканини.

Профілактика. Раціональне харчування – важливий профілактичний захід щодо розвитку остеопорозу в людини в усі вікові періоди. Воно відіграє істотну роль у формуванні піка кісткової маси в молодому віці та темпах втрати кісткової тканини в жі-

нок у постменопаузний період. Дані щодо фактичного харчування населення вказують, що практично в усіх економічно розвинених країнах люди літнього віку вживають значно менше кальцію порівняно з фізіологічними нормами. У дослідженнях, проведених спільно зі співробітниками лабораторії гігієни харчування Інституту геронтології НАМН України, в населення старших вікових груп встановлено значний дефіцит Ca (42 % рекомендованих показників). Рівні вживання основних макронутрієнтів, які впливають на ремоделювання кісткової тканини, кальцію, магнію, фосфору в добовому раціоні жінок усіх вікових груп були вірогідно нижчими за рекомендовані. Тільки у 3,2 % жінок вміст кальцію в харчовому раціоні перевищував 1000 мг/доба, у більшості пацієнток він був меншим за 200 мг/доба.

Кальцій – основний негормональний засіб, який використовують для профілактики та лікування остеопорозу. Доведено, що додаткове його введення (500–1500 мг/доба) вірогідно зменшує втрату кісткової маси в жінок у постменопаузний період. Вживання кальцію сприяє зниженню частоти переломів хребців і стегнової кістки в літньому й старечому віці. Згідно з результатами проведених досліджень, число переломів стегнової кістки у чоловіків і жінок, вміст кальцію у фактичному раціоні харчування яких перевищував 700 мг/доба, знижувалось на 60 % порівняно з тими, хто споживав його менш як 500–700 мг/доба. З їжею організм має отримувати достатню кількість кальцію, оскільки від нього залежить маса кістки, яка починає зменшуватися вже після 30 років. Це важливо, тому що кісткова тканина – депо кальцію і 98 % його знаходиться саме там. Добова доза цього елемента для жінок віком понад 45 років – 1200 мг. Проте важливо знати міру, бо передозування може спровокувати появу каменів у нирках, подагру або артрит. Кальцієві комплекси потрібно поєднувати з вітаміном D, який сприяє засвоєнню кальцію.

Дієта. Ключове слово тут – кальцій. Однак на міцність кісток впливає не стільки абсолютна його кількість у їжі, скільки співвідношення в харчовому раціоні кальцію і фосфору: кількість кальцію має в 1,5–2 рази перевищувати кількість фосфору. Крім того, для повноцінного засвоєння кальцію до складу раці-

ону мають входити магній, бор, мідь, манган, цинк, вітаміни В₆, С, К, фоліева кислота, а також певні білки й жири, що сприяють засвоєнню вітаміну D. Правильно складена дієта, що містить усі необхідні компоненти, істотно зменшує загрозу розвитку остеопорозу.

Отже, на столі мають бути продукти, перелічені нижче.

1. Молоко й молочні продукти (краще знежирені). В них оптимальне співвідношення кальцію і фосфору. Крім того, жир ускладнює засвоєння кальцію, тому ліпше вживати молочні продукти зі зниженою жирністю.
2. Свіжі овочі та фрукти, особливо всі види капусти (білокачанна, брокколи, цвітна), морква, ріпа. Крім кальцію вони містять усі мікроелементи, необхідні для повноцінного засвоєння кальцію.
3. Бобові, волоські горіхи, гарбузове й соняшникове насіння, олії. Всі вони містять білки і жири, необхідні для зміцнення кісткової тканини та засвоєння вітаміну D.

Із раціону слід виключити продукти, які погіршують засвоєння кальцію або сприяють його вимиванню з тканин організму.

1. Цукор, мед, вироби з пшеничного борошна (макарони, білий хліб), кава, чай. Усі рафіновані продукти і кофеїн порушують всмоктування кальцію в кишківнику.
2. М'ясні продукти заводського виготовлення (натуральне м'ясо на засвоєння кальцію не впливає).
3. Надмірна кількість солі. Сіль витісняє з організму кальцій, який виходить разом із сечею. Всього одна зайва чайна ложка солі в день може призвести до зменшення кісткової маси на 1,5 % за рік.
4. Алкоголь. Зловживання алкоголем нерідко викликає остеопороз навіть у чоловіків середнього віку, які взагалі до нього зовсім не схильні. Чітко виражений остеопороз із ламкістю кісток розвивається в усіх жінок, які зловживають алкоголем, причому дуже рано.

Взимку й навесні темпи розвитку остеопорозу пришвидшуються, бо для побудови кісткової тканини одного кальцію мало. Ще потрібен вітамін D, але він утворюється в організмі тільки

під впливом сонячних променів. Для профілактики остеопорозу досить двічі на місяць відвідувати солярій.

Лікування. Гормонозамісна терапія. Призначають гормон естроген у формі таблеток або трансдермальних пластирів. Він збільшує щільність кісток, зменшує втрату кісткової маси. Хоча цей метод ще кілька років тому був доволі поширеним, сьогодні гінекологи від нього відмовляються. Річ у тому, що вживання гормонів може збільшити ймовірність захворювання на рак молочної залози. Препарати стронцію частіше застосовують за старечого остеопорозу. Бісфосфанати – блокують клітини, які розсмоктують кістку, найчастіше їх призначають для лікування постменопаузного остеопорозу. Препарати кальцитоніну інтенсифікують синтез кістки, їх застосовують у формі ін'єкцій або назального спрею. В кожного з цих методів лікування є певні побічні ефекти, тому важливий індивідуальний підхід (як і при інших захворюваннях) [11].

Статистика. В останні десятиліття проблема остеопорозу набула особливого значення внаслідок двох тісно пов'язаних демографічних процесів: різкого збільшення в популяції кількості людей літнього й старечого віку, зокрема жінок постменопаузного періоду життя. Приблизно у кожній третій жінки після 65 років трапляється щонайменше один перелом кісток. Остеопоротичні переломи істотно впливають на захворюваність і смертність. Переломи стегнової кістки призводять до скорочення очікуваної середньої тривалості життя на 12–15 %. Після такого перелому до 20 % хворих помирають протягом перших 6 місяців, близько 50 % пацієнтів не можуть пересуватися без сторонньої допомоги, третина – втрачає здатність до самообслуговування. Згідно з результатами проведених нами досліджень, летальність серед хворих із остеопоротичними переломами проксимального відділу стегнової кістки протягом двох років досягла 18,6 %; 47 % хворих із зазначеної групи померло протягом перших 6 місяців після перелому. Сумарний ризик остеопоротичних переломів у віці 50 років для жінок становить 39,7, для чоловіків – 13,1 %.

Найчастіше остеопороз уражує жінок, що пов'язано з дефіцитом естрогенів у постменопаузі, нижчим піком кісткової маси,

ніж у чоловіків тощо. На остеопороз страждає від третини до половини всіх жінок у постменопаузний період. Втрата кісткової маси розпочинається у жінок приблизно з 35–40 років і становить 0,5–1 % на рік; з настанням менопаузи, а також у перші 3–5 років постменопаузи цей показник зростає до 3–7 % на рік. Отже, в перші роки постменопаузи жінка може втратити до 9–35 % кісткової маси.

У 4 із 10 жінок трапляється один або більше остеопоротичних переломів протягом життя. Згідно з даними ВООЗ, кількість ліжко-днів на рік для жінок у постменопаузний період з остеопоротичними переломами проксимального відділу стегнової кістки більша за аналогічний показник для таких захворювань, як рак молочної залози, гострий інфаркт міокарда, хронічні захворювання легенів, цукровий діабет та ін. Летальність унаслідок ускладнень, зумовлених остеопоротичними переломами, в популяції білих жінок віком 50 років і старших становить 2,8 %, що відповідає летальності від злоякісних пухлин молочної залози. Разом з тим ризик перелому стегнової кістки дорівнює об'єднаному ризику раку молочної залози, раку матки і раку яєчників.

Захворюваність на остеопороз в Україні. Доктор медичних наук, професор Інституту геронтології НАМН України (Український науково-медичний центр проблем остеопорозу) В.В. Поворознюк дослідивши структурно-функціональний стан кісткової тканини у жінок віком 20–89 років, виявив остеопороз: у 13 % жінок – у віковій групі 50–59 років, у 25 % – у групі 60–69 років, у 50 % – у групі 70–79 років, у 53 % – у групі 80–89 років.

Загальна передбачувана кількість жінок України, які страждають на остеопороз, дорівнює 3 млн 5 тис., або 11,8 % усього жіночого населення. Згідно з отриманими даними, істотно збільшилась кількість жінок, хворих на остеопороз, у віковій групі 50–59 років – до 387,0 тис.; у старших вікових групах цей показник зростав (60–69 років – 754,2 тис.; 70–79 років – 1 млн 235 тис.) аж до вікової групи 80 років і старших, зниження показника в останній групі зумовлене зменшенням її кількісного складу.

Отримані результати свідчать, що остеопороз у нашій державі набуває характеру непередбачуваної за своїми масштабами

епідемії, запобігти якій можливо за умови створення загальнодержавної програми діагностики, профілактики і лікування цього захворювання та його грізних ускладнень [12, 13].

Рахіт

Рахіт (від грец. $\rho\acute{\alpha}\chi\iota\varsigma$ – хребет) – захворювання дітей грудного і раннього віку, полягає в порушенні мінерального обміну, насамперед фосфорно-кальцієвого, що призводить до розладу правильного формування скелета, функцій внутрішніх органів і систем. На рахіт хворіють діти переважно віком від 3 місяців до 1 року, часто на 2-му і значно рідше – на 3–4-му році життя. Це захворювання описав у середині XVII ст. Ф. Гліссон.

Незважаючи на прогрес у вітамінології, рахіт є поширеним захворюванням дітей. Про наслідки перенесеного в дитинстві рахіту свідчить велика кількість дорослих з X- та O-подібними деформаціями ніг. Захворюваність визначається соціально-економічним, культурним рівнем населення, гігієнічними умовами життя, способом вигодовування дитини, генетичною схильністю.

Кальциферол (вітамін D) – єдиний вітамін, який сам утворюється в організмі з провітаміну дегідрохолестерину, що міститься в епідермісі, капілярах шкіри. Під дією ультрафіолетового опромінювання дегідрохолестерин у шкірі перетворюється на холекальциферол (вітамін D).

Для правильного розвитку кісткової системи необхідні холекальциферол та інші вітаміни. За відсутності ретинолу й тіаміну розвивається остеопороз. Аскорбінова кислота сприяє кращому засвоєнню кальциферолу, посилює його дію. Тому рахіт треба розцінювати як полігіповітаміноз із основними значеннями дефіциту кальциферолу та враховувати дефіцит кальцію, фосфору і мікроелементів – цинку, заліза, кобальту, міді, магнію.

Після всмоктування в кишках холекальциферол, зв'язаний з транспортним білком, перетворюється в печінці на оксивітамін D (25-дигідроксихолекальциферол). Останній у ниркових каналцях переходить в активну форму – 1,25-дигідроксихолекальциферол, що бере участь у фосфорно-кальцієвому обміні (синтез

білка, який зв'язує кальцій, всмоктування кальцію в кишках, синтез цитрату в тканинах).

Явища рахіту можуть спостерігатися за недостатнього надходження кальцію з їжею, зв'язування його в кишках фітином і щавлевою кислотою, стеатореї (втрата жирів та інтенсивне виділення кальцію), підвищеного виділення кальцію і фосфору з сечею, порушення остеогенезу. Оптимальне всмоктування кальцію в кишках відбувається за добового надходження 300 мг кальциферолу. Чинниками, які спричинюють виникнення рахіту, є недоношеність дитини, раннє змішане і штучне вигодовування, нерациональне харчування, незадовільні побутові умови, часті захворювання органів дихання і травного каналу, народження дитини в осінньо-зимовий період.

На обмін кальцію впливають парацитоподібна, щитоподібна залози, надниркові залози, гіпофіз. За гіповітамінозу D регуляторну функцію бере на себе паратиреоїдний гормон.

Згідно із сучасною класифікацією рахіту, розрізняють періоди хвороби, тяжкість процесу та його перебіг.

Класифікація рахіту

Клініка. Початковий період рахіту найчастіше діагностують у дітей віком 2–3 місяці, він виявляється змінами вегетативної нервової системи, дитина неспокійна, погано спить, пітніє (особливо голова), підвищуються вазомоторна збудливість і чутливість шкіри. Діти другого півріччя життя стають лякливими. На шкірі з'являється пітниця: піт, подразнює шкіру, спричинює свербіння, дитина неспокійна, постійно крутиться, витирає волосся на потилиці, з'являється облісіння.

Через 2–3 тижні після появи змін з боку нервової системи виявляються кісткові зміни. Краї переднього тім'ячка стають м'якими, піддатливими, розм'якшується ділянка заднього тім'ячка за ходом лямбдоподібного і стрілового швів, луски потиличної кістки, тім'яні кістки – розвивається краніотабес (розм'якшення кісток черепа).

Рахітичний процес уражує весь скелет, але передусім ті кістки, які в цей період ростуть найінтенсивніше. За деформація-

ми кісток можна робити висновок про час появи рахіту. Кістки голови дитини деформуються у перші 3 місяці життя, кістки тулуба і грудної клітки – у 3–6 місяців, кінцівок – у другому півріччі.

За гострого перебігу захворювання переважають ознаки розм'якшення (остеомалачії) і деформації кісток, за підгострого – розростання кісткової тканини (остеоїдна гіперплазія).

М'якість кісток черепа призводить до появи деформацій: плоска потилиця, асиметрії. Одночасно з розм'якшенням кісток черепа збільшуються лобні і тім'яні горби, які надають голові дитини квадратної форми, рідше – сідницеподібної. Зуби прорізуються пізно, відмічається схильність до карієсу, що зумовлено дефектами емалі.

На грудній клітці в місцях з'єднання кісткової і хрящової частин ребер утворюються потовщення – чотки. Через м'якість ребер з'являються бічні стиснення, посилюється кривизна ключиць, грудна клітка деформується у формі поперечного заглиблення (борозна Гаррісона) вздовж лінії прикріплення діафрагми. Передня частина грудної клітки разом із грудиною може виступати вперед у вигляді «курячих грудей» або «корабельного кіля». За стиснення мечеподібного відростка грудини формуються «груди шевця». Можливі дугоподібне викривлення хребта назад – кіфоз (рахітичний горб) або сколіоз – бічні викривлення.

Після досягнення дитиною віку 6–8 місяців починають деформуватись кінцівки: а) з'являються «рахітичні браслетки», «нитки перлів», зумовлені потовщенням епіфізів кісток; б) викривлюються довгі трубчасті кістки (найчастіше – нижніх кінцівок) – ноги набувають O- та X-подібної форми; в) деформуються кістки таза (за тяжких форм) – таз набуває плоскої рахітичної форми.

Суглоби розхитуються, збільшується амплітуда рухів у них (через гіпотонію м'язів) – діти можуть закидати ноги до обличчя, за голову. У дітей збільшується живіт (стає жаб'ячим) через гіпотонію м'язів черевного преса і гладких м'язів кишок. Діти, хворі на рахіт, пізніше починають сидіти, стояти, ходити.

У період реконвалесценції (одужання) основні симптоми рахіту поступово зникають: відновлюється функція нервової систе-

ми, ущільнюються кістки, зменшується їх деформація, нормалізуються обмінні процеси.

Після перенесеного рахіту середнього або тяжкого ступеня у дітей віком 2–3 роки фіксують залишкові зміни: деформації кісток, збільшення печінки і селезінки.

Розрізняють три ступені тяжкості рахіту.

I ступінь (легкий) характеризується слабо вираженими ознаками з боку нервової та кісткової систем: пітливість, неспокій, розм'якшення кісток черепа незначні, чотки виражені нечітко.

II ступінь (середньої тяжкості) розвивається через 1,5–2 місяці від початку захворювання. Погіршується загальний стан дитини, фіксуються помірно виражені зміни з боку нервової, м'язової та кісткової систем, можливе збільшення печінки і селезінки.

III ступінь (тяжкий) – ураження нервової та кісткової систем значні, тонус м'язів знижений, суглоби розхитані, кісткові деформації виражені, печінка і селезінка збільшені, порушена діяльність серцево-судинної та дихальної систем, травного каналу.

Рентгенологічно рахіт характеризується остеопорозом (розрідженням) кісток у зв'язку зі зменшеною кальцинацією. Порушується трабекулярна структура кістки, особливо в зонах росту. В місцях великого навантаження на кістку, кісткова речовина може розсмоктуватися.

Диференціальна діагностика. Кістки черепа, грудної клітки, хребта, кінцівок можуть деформуватися і при інших захворюваннях.

Рахітичний кіфоз (викривлення хребта назад) слід відрізнити від туберкульозного спондиліту, за якого в ділянці уражених хребців утворюється кут, що не зникає й тоді, коли дитину підіймають за ніжки в положенні лежачи на животі.

Запідозрити перенесений рахіт можна при природженій дисплазії кульшових суглобів, коли в дитини качина (перевальцем) хода. Однак діагноз дисплазії потрібно ставити після народження дитини, задовго до виявлення ознак рахіту.

За природженого спадкового захворювання – хондродистрофії – порушується ріст скелета: короткі кінцівки (мікромелія) за нормальної довжини тулуба, різкий поперековий лордоз, кисті у

вигляді тризубців. Характерний вигляд хворих дає змогу виключити рахіт уже на першому році життя дитини.

Рахіт диференціюють і від ламкості кісток (незавершеного кісткоутворення), що є вродженим захворюванням. Повні переломи кісток зі зміщенням відламків, множинними кістковими мозолями спричинюють деформації скелета. Характерними є голубі склери, мікромелія. За рахіту можливі надломи кісток за типом «зеленої гілки».

Затримання прорізування зубів, пізнє закриття переднього тім'ячка, відставання в рості, великий живіт характерні при гіпотиреозі, який помилково можна розцінити як рахіт. Однак за гіпотиреозу відсутні остеомаліяція та остеодна гіперплазія, але в дитини сідлоподібний ніс, великий язик, суха шкіра, вона відстає в психічному розвитку.

Природжений сифіліс виявляється у змінах конфігурації черепа, кісток гомілки, збільшенні печінки і селезінки, які можуть траплятися і при рахіті. За сифілісу розвиваються риніт, пухирчатка, розеолоподібні висипання, мармуровість шкіри, характерні сідлоподібний ніс, паренхіматозний кератит, гетчинсонівські зуби, шабленоподібні гомілки, позитивна реакція Вассермана.

Синдром Дауна – відставання дитини у фізичному розвитку, м'язова гіпотонія, розхитаність суглобів, які можливі і при рахіті. Проте діти із синдромом Дауна мають специфічний зовнішній вигляд: монголоїдний розріз очей, широке перенісся, епікантус, великий язик, поперечна смуга на долоні, вони розумово відстають.

Рахіт потрібно також диференціювати від групи захворювань, подібних до нього за механізмом розвитку патологічного процесу, але відмінних за етіологією та відсутністю ефекту від застосування кальциферолу (вітаміну D). Ці хвороби описано в групі рахітоподібних захворювань.

Профілактику рахіту слід проводити ще до народження дитини (антенатально) та в перші 2 роки її життя (постнатально). В антенатальний і постнатальний періоди профілактику рахіту поділяють на неспецифічну і специфічну. Антенатальна неспецифічна профілактика включає: 1) руховий режим майбутньої мате-

рі; 2) її перебування на свіжому повітрі; 3) збалансоване харчування; 4) споживання овочів, фруктів, молока, молочних продуктів, м'яса, моркви, риби, печінки. Антенатальна специфічна профілактика передбачає: 1) ультрафіолетове опромінення (УФО) в останні 2 місяці вагітності; 2) призначення вітамінних препаратів (1 драже ергокальциферолу 1000 мг 1 раз на день); 3) призначення препарату «Гендевіт» по 1 драже (250 мг ергокальциферолу) 2 рази на день в останні місяці вагітності, всього на курс 60 000 мг ергокальциферолу. Неспецифічна постнатальна профілактика рахіту охоплює: 1) руховий режим; 2) прогулянки; 3) повітряні ванни; 4) масаж; 5) ЛФК; 6) збалансоване харчування (а) вигодовування дитини груддю; б) адаптовані суміші за змішаного і штучного вигодовування; в) соки, овочеве підгодовування, печінка, м'ясо). Специфічну постнатальну профілактику в недоношених дітей починають із двотижневого віку. Призначають ергокальциферол (олійний або спиртовий розчин) чи відехол (25 днів по 20 000 мг на добу, на курс 500 000 МО препарату разом із препаратами кальцію). Закінчивши профілактичне лікування ергокальциферолом або відехолом, на 1 місяць призначають цитратну суміш, потім проводять УФО (25 сеансів). У разі потреби (осінньо-зимовий період, обтяжений антенатальний період) курс УФО повторюють через 1–2 місяці доношеним дітям з 20–30-го дня життя призначають ергокальциферол або відехол протягом 15–20 днів по 20 000–25 000 МО на добу (на курс 300 000–400 000 мг). Якщо дитину вигодовують сумішами «Малютка», «Малыш», «Виталакт» (сухий препарат), дозу кальциферолу зменшують удвічі.

Лікування при рахіті передбачає вжиття неспецифічних або специфічних заходів. До неспецифічних належать: 1) дієтотерапія (коригування харчування, соки, овочеві страви на 1 місяць раніше, печінка, м'ясо, жовток); 2) руховий режим, повітряні ванни, прогулянки; 3) масаж, ЛФК; 4) лікувальні ванни (соляні, хвойні); 5) теплові процедури (парафін, пісок).

Специфічними заходами є: призначення ергокальциферолу або відехолу за I ступеня рахіту по 40 000 мг на добу протягом 15 днів, усього 600 000 мг, за II ступеня – по 40 000 мг на добу

протягом 20 днів, усього 800 000 мг; за III ступеня – по 40 000 мг на добу протягом 25 днів, усього 1 000 000 мг. Препарати кальцію призначають за гострого перебігу хвороби. За м'язової гіпотонії вводять вітаміни (тіамін, рибофлавін, піридоксин, нікотинову й аскорбінову кислоти), АТФ, дибазол, за анемії – антианемічні препарати. Після закінчення курсу ергокальциферолу або відехолу призначають цитратну суміш на 1 місяць, після неї 2 курси УФО з перервою 1–2 місяці. Дітей із I і II ступенями рахіту доцільно лікувати в амбулаторних умовах, із III ступенем – у стаціонарі. Якщо призначено високі дози ергокальциферолу, щотижня потрібно проводити пробу Сульковича (визначення вмісту кальцію в сечі). Загальна кількість ергокальциферолу, яку дитина отримує протягом першого року життя, має бути не більшою за 1 000 000 мг.

Рахітоподібні захворювання і форми рахіту, які трапляються рідко. Природжений рахіт – захворювання, що розвивається внутрішньоутробно і зумовлене неповноцінним харчуванням жінки під час вагітності, нестачею вітамінів, ураженням ендокринної і кісткової систем плода. У немовляти фіксують клінічні ознаки рахіту (краніотабес, чотки, «нитки перлів», остеопороз).

Пізній рахіт – прогресування захворювання, загострення процесу в дітей віком 5 років. Клінічно виявляється поганим апетитом, пітливістю, болем у ногах. Виражені викривлення кісток нижніх кінцівок (О- та Х-подібна форма ніг). Лабораторно пізній рахіт визначається анемією, зниженням рівня фосфору в крові дитини, підвищенням активності фосфатази.

Лікування – призначення ергокальциферолу, раціональна дієта, лікувальна гімнастика, масаж. Рахітоподібні остеопатії трапляються за хронічних захворювань травного каналу, порушень засвоєння жирів і кальциферолу, хронічного гломерулонефриту, природжених аномалій нирок.

Клініка подібна до клінічної картини рахіту.

Гіпофосфатемічна, або ниркова, остеодистрофія (фосфатний діабет за Фанконі і Жірандо) – спадкове захворювання, причиною якого є зниження всмоктування фосфатів у каналцях нирок, кишках.

Клініка – біль у нижніх кінцівках, їх деформація, відставання дитини в рості. За лабораторних досліджень встановлюють гіпофосфатемію, гіперфосфатаземію, при цьому вміст кальцію в крові в нормі або дещо підвищений.

Лікування – раціональне харчування, максимально можливе перебування на свіжому повітрі, призначення ергокальциферолу по 50 000–100 000 МО на день (необхідний контроль за вмістом фосфору і кальцію в крові, активністю фосфатаз). У разі нормалізації лабораторних і рентгенологічних показників доцільним є ортопедичне лікування.

Синдром де Тоні–Добре–Фанконі – спадкове захворювання, пов'язане з порушенням зворотного всмоктування фосфатів, глюкози та амінокислот.

Клініка – поліурія, блювання, відсутність апетиту, деформації кісток, відставання в рості, підвищена ламкість кісток, збільшення печінки і селезінки. В крові – ознаки гіпофосфатемії, гіпокальціємії, зниження лужного резерву, в сечі – вміст амінокислот, білка і глюкози.

Гіперфосфатемічна, або ниркова, остеодистрофія (гіперфосфатемічний рахіт Фанконі) – захворювання, пов'язане зі зниженою здатністю клубочків до виведення фосфатів.

Клініка – деформація нижніх кінцівок, затримання росту. За лабораторних досліджень виявляються гіперфосфатемія, гіпокальціємія, підвищений вміст залишкового азоту, гіперхолестеринемія.

Лікування спрямоване на відновлення функції нирок. Призначають ергокальциферол у великих дозах під контролем показників крові [14].

Гіпопаратиреоз (тетанія, спазмофілія)

Гіпопаратиреоз – захворювання, що розвивається внаслідок нестачі паратгормону, що виробляється паращитоподібними залозами, або порушення рецепторної тканинної чутливості до нього. Функціональна активність паращитоподібних залоз знижена у 0,3–0,4 % населення, може розвинути у будь-якому віці, призводить до порушення обміну кальцію і фосфору.

Паратгормон разом із гормоном щитоподібної залози кальцитоніном і вітаміном D відповідає за регуляцію в організмі фосфорно-кальцієвого обміну. За його нестачі в крові знижується рівень кальцію і підвищується вміст фосфатів. У результаті порушуються мінеральний баланс (рівновага між іонами K^+ , Na^+ , Mg^{2+}), проникність клітинних мембран, що виявляється в посиленні нервово-м'язової збудливості, судомах. Гіпокальціємія і гіперфосфатемія спричинюють відкладання солей кальцію у внутрішніх органах і на стінках кровоносних судин.

Розвиток гіпопаратиреозу нерідко пов'язаний із захворюваннями щитоподібної залози, що пов'язано з їх близьким анатомічним розміщенням і тісним функціональним взаємозв'язком. Гіпопаратиреоз може розвинути у результаті:

- хірургічного втручання на щитоподібній залозі чи інших органах ший з пошкодженням паращитоподібних залоз; так званий післяопераційний гіпопаратиреоз зазвичай виникає після повного видалення щитоподібної залози (тиреоедектомія) за онкологічного діагнозу;
- крововиливів у паращитоподібну залозу за травм ший;
- запальних процесів у паращитоподібних залозах;
- пухлинних метастазів у паращитоподібну залозу та ділянку ший;
- природженої патології (внутрішньоутробного недорозвитення паращитоподібних залоз) – трапляється за синдрому Ді Джорджі, характеризується порушенням розвитку паращитоподібних залоз, аплазією тимусу, природженими вадами серця;
- впливу радіації (при лікуванні токсичного зобу радіоактивним йодом);
- ендокринних порушень (первинний гіпотиреоз, хронічна недостатність надниркових залоз);
- аутоімунного синдрому, системних захворювань (гемохроматоз, амілоїдоз).

Класифікація гіпопаратиреозу. Сучасна ендокринологія виділяє такі форми гіпопаратиреозу, обумовлені характером перебігу захворювання:

- *гостра* – стан тяжко компенсується, часто виникають тяжкі напади судом;
- *хронічна* – нечасті напади провокують інфекції, фізичні навантаження, нервові перенапруження, менструації, психологічна травма; загострюється гіпопаратиреоз зазвичай навесні і восени; за адекватного лікування добиваються тривалої ремісії;
- *латентна* (прихована) – зовнішні прояви захворювання відсутні, виявляється тільки у разі проведення спеціального обстеження.

З урахуванням причини розрізняють гіпопаратиреоз:

- післяопераційний (після хірургічних втручань на щитоподібній і паращитоподібних залозах);
- посттравматичний (після променевого та інфекційного впливу, крововиливів тощо);
- ідіопатичний, аутоімунний;
- природжений (за відсутності або недорозвинення паращитоподібних залоз).

Симптоми. Основний клінічний прояв гіпопаратиреозу – судомний (тетанічний) синдром. Наростання нервово-м'язової збудливості за недостатньої секреції паратгормона призводить до судом – сильних м'язових скорочень, що супроводжуються болем.

Нападу судом може передувати відчуття оніміння, скутості м'язів, «повзання мурашок» над верхньою губою, на пальцях рук і ніг, поколювання, похолодання кінцівок. Після провісників судоми зводять окремі групи м'язів, розміщених симетрично з обох боків тіла (зазвичай м'язи рук, потім – ніг). Іноді різко скорочуються м'язи обличчя, рідше – м'язи тіла і внутрішніх органів.

Залежно від зведених судомою м'язів розвиваються характерні прояви з боку відповідних органів.

Судомний синдром за гіпопаратиреозу супроводжується судомою м'язів:

- верхніх і нижніх кінцівок (переважно уражуються м'язи згиначі); за судом рук – верхня кінцівка зігнута в ліктьовому і зап'ястному суглобах і притиснена до тулуба;

- обличчя (характерні стиснені щелепи, опущені куточки рота, насуплені брови, напівопущені повіки);
- судин серця (розвивається різкий біль);
- тулуба (тулуб вигинається назад);
- шиї, міжреберних м'язів, діафрагми і м'язів живота (призводить до утруднення дихання, задишки, спазму бронхів);
- стравоходу, шлунка, кишківника (порушується ковтання, розвиваються запори, кишкова коліка);
- сечового міхура з проявом анурії (відсутність сечовиділення).

За гіпопаратиреозу судоми різняться мінливістю. За легкої форми захворювання вони трапляються 1–2 рази на тиждень, можуть тривати хвилинами; за тяжкої форми – виникають неодноразово упродовж доби і тривають годинами. З'являються спонтанно або провокуються зовнішніми подразниками (механічними, больовими, термічними, електричними). Спазм м'язів може супроводжуватись блідістю шкіри, посиленням серцебиття, розладом травлення (блювання, пронос). У тяжких випадках гіпопаратиреозу пацієнт може знепритомніти.

Симптомами вегетативних порушень за гіпопаратиреозу є: підвищена пітливість, запаморочення, непритомнення; дзвін у вухах, відчуття «закладеності» вух, зниження гостроти слуху; порушення зорового концентрування і сутінкового зору; біль у серці, порушення серцевих скорочень; порушення чутливості рецепторів (слухових – збільшення чутливості до різких звуків, шуму, гучної музики; смакових – зниження сприйнятливості кислого і підвищення – солодкого і гіркого смаків, порушення адекватного сприйняття навколишньої температури – відчуття холоду або жару).

За тривалого низького рівня кальцію в крові пацієнтів, хворих на гіпопаратиреоз, змінюється їх психіка: знижується інтелект, ослаблюється пам'ять, розвиваються неврози, емоційна лабільність (депресія, туга), порушується сон.

За хронічного гіпопаратиреозу відбуваються трофічні порушення. Характерні лущення, сухість і зміна пігментації шкіри,

ламкість нігтів, поява на шкірі везикул із серозним вмістом, екзема, грибкові захворювання. Порушується ріст волосся, фіксується часткове або повне облісіння, раннє посивіння. Пошкоджується тканина зубів: у дітей порушується формування зубів, з'являються ділянки гіпоплазії емалі; у пацієнтів усіх вікових груп – пошкоджується емаль зубів, розвивається карієс. Діти також відстають у рості.

За тривалого гіпопаратиреозу можливий розвиток катаракти (помутніння кришталіка зі зниженням гостроти зору і розвитком сліпоти), за латентного перебігу захворювання спазми м'язів можуть виникати в разі гострих інфекцій, інтоксикації, вагітності, нестачі вітамінів.

Ускладнення гіпопаратиреозу. За різкого зниження рівня кальцію в крові розвивається гіпокальціємічний криз (тетанія). Судомний напад виникає спонтанно або в результаті зовнішнього подразнення (механічного, акустичного, гіпервентиляції). Зазвичай він починається раптово, рідше – із симптомів-провісників (поява загальної слабкості, парестезія обличчя і кінчиків пальців), настають швидкі посмикування окремих м'язів, потім – тонічні або клонічні судоми.

За спазму м'язів рук посилюється тонус згинальних м'язів (руки переходять у позицію «руки акушера»). За м'язових судом ніг сильніше напружуються розгинальні м'язи (підшва – «кінська стопа»). Під час нападів тетанії пацієнт притомний. Спазм гладкої мускулатури може проявитися печінковою або нирковою колікою. Розвиток бронхоспазму, ларингоспазму різко порушує дихання, небезпечний для життя хворих на гіпопаратиреоз, особливо дітей.

За гіпопаратиреозу незворотними є ускладнення, зумовлені тривалою нестачею кальцію – катаракта, кальцифікація тканин мозку та інших органів.

Діагностика явних клінічних форм гіпопаратиреозу ґрунтується на результатах зовнішнього обстеження хворого, наявності типового анамнезу (перенесені операції на щитоподібній або паращитоподібних залозах, променева терапія радіоактивним

йодом), симптомів підвищеної нервово-м'язової збудливості (судомна готовність або напади тонічних судом).

Лабораторна діагностика гіпопаратиреозу передбачає дослідження рівня кальцію і фосфору, паратгормону в крові й сечі. За гіпопаратиреозу фіксують гіперфосфатемію, гіпокальціємію, зниження концентрації паратгормону в сироватці крові, гіпокальціурію, гіпофосфатурію.

На рентгенограмах виявляють остеосклероз, звапніння реберних хрящів, за результатами денситометрії – підвищену щільність кісток, за даними МРТ – відкладання кальцію у внутрішніх органах, підшкірній клітковині, гангліях головного мозку.

Для виявлення прихованих форм гіпопаратиреозу проводять проби на визначення підвищеної судомної готовності, пробу з гіпервентиляцією.

Лікують гіпопаратиреоз і запобігають судомним нападам під постійним контролем ендокринолога.

Призначають дієту, багату на кальцій, магній і бідну на фосфор (молочні продукти, овочі, фрукти). У період загострення гіпопаратиреозу необхідно різко обмежити або повністю відмовитись від споживання м'ясних продуктів. Важливий прийом з їжею вітаміну D₂ (ергокальциферолу), який міститься в жовтку яєць, печінці, риб'ячому жирі.

За гіпопаратиреозу призначають препарати кальцію (кальцій карбонат, глюконат кальцію). Для підвищення всмоктування в кишківнику кальцію їх обов'язково потрібно приймати одночасно з хлоридом амонію, шлунковим соком або розбавленим розчином соляної кислоти. Повністю нормалізувати рівень кальцію в крові при гіпопаратиреозі монотерапією кальцію не вдається, тому додатково застосовують препарати вітаміну D (ергокальциферол, альфакальцидол, холекальциферол). Щоб активувати вироблення вітаміну D у власному організмі, пацієнтам із хронічним гіпопаратиреозом рекомендують помірне фізіотерапевтичне ультрафіолетове опромінення або прийняття сонячних ванн.

Для профілактики судомного синдрому призначають проти-судомні та заспокійливі препарати (люмінал, броміди); у разі гі-

покальціємічного кризу внутрішньовенно вводять розчин глюконату кальцію.

Прогноз при гіпопаратиреозі сприятливий. Лікування гіпопаратиреозу й запобігання судомним нападам потребують постійного контролю лікаря-ендокринолога. Контроль здійснюють з метою оцінювання компенсації захворювання і коригування курсу лікування 1 раз на 3 місяці; один раз на півроку необхідне обстеження лікаря-окуліста з приводу можливого розвитку катаракти.

Профілактика. Для запобігання гіпопаратиреозу при хірургічному втручанні на щитоподібній залозі застосовують щадну оперативну техніку щодо парашитоподібних залоз. Щоб запобігти розвитку гіпопаратиреозу, пацієнтам з рецидивуючим токсичним зобом рекомендовано проводити променеву терапію радіоактивним йодом замість хірургічного втручання. Важливе значення мають профілактика післяопераційних ускладнень (спайки, інфільтрати), які можуть порушити кровопостачання парашитоподібних залоз, а також раннє виявлення у пацієнтів після хірургічного втручання на щитоподібній залозі симптомів підвищеної нервово-м'язової збудливості і своєчасне вжиття заходів.

Для запобігання судомному синдрому і розвитку гострого гіпокальціємічного кризу за гіпопаратиреозу необхідні виключення провокувальних чинників, профілактика інтоксикацій та інфекцій.

Пацієнтам, хворим на гіпопаратиреоз, необхідно дотримуватися дієти: вона має бути збагачена на кальцій і збіднена на фосфор, обов'язково потрібно повністю відмовитися від м'ясних продуктів, оскільки вони сприяють розвитку тетанії. За гіпопаратиреозу здійснюють диспансерний контроль за вмістом кальцію і фосфору в крові пацієнтів [15].

Гіперпаратиреоз

Гіперпаратиреоз (гіперпаратиреоз, хвороба Реклінгхаузена, гіперпаратиреозна фіброзна остеодистрофія) – захворювання, спричинене підвищенням секреції паратгормону парашитоподібними залозами (рис. 10.2). Паратгормон збільшує виділення фосфору із сечею, що призводить також до втрати кальцію, його

мобілізації з кісток із гіперкальціємією, деякого посилення виділення кальцію із сечею та відкладання його в тканинах.

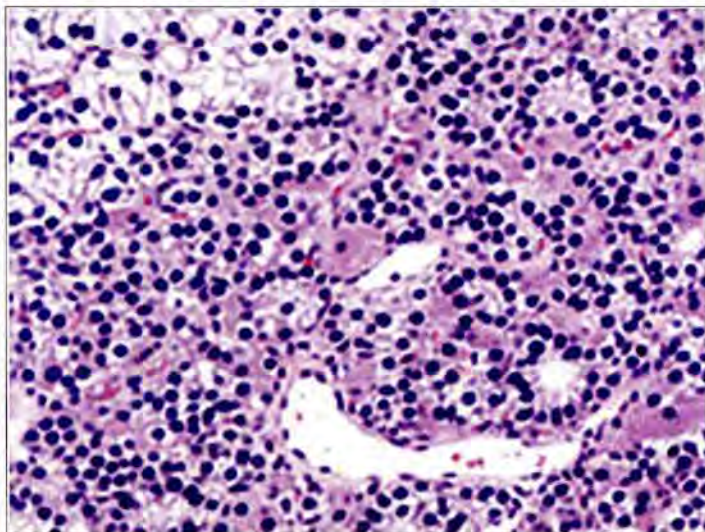


Рис. 10.2. Мікроснімок аденоми паращитоподібної залози (фарбування Г-Е)

Класифікація гіперпаратиреозів

Первинний гіперпаратиреоз обумовлений гіперкальціємією внаслідок надмірного синтезу паратгормону. Розрізняють кілька його клінічних форм: кісткову, ниркову, шлунково-кишкову (виразка шлунка, панкреатит, холецистит), серцево-судинну (артеріальна гіпертонія) та ін. У 50 % випадків хвороба не має явних проявів, і тільки виявлена гіперкальціємія дає підставу запідозрити гіперпаратиреоз. За наявності клінічних симптомів первинного гіперпаратиреозу характерні ураження центральної нервової системи, швидка стомлюваність, слабкість, головний біль, депресії, порушення апетиту, психози, коматозні стани.

Вторинний гіперпаратиреоз є компенсаторною реакцією на тривалу гіпокальціємію, розвивається в результаті порушення процесів всмоктування кальцію в кишківнику (синдром мальабсорбції) при рахіті, синдромі Фанконі, хронічній нирковій недостатності. Вміст кальцію в сироватці крові нормальний або зни-

жений (ніколи не буває підвищеним), а концентрація неорганічного фосфату підвищена (за ниркової форми вторинного гіперпаратиреозу) або знижена (за кишкової форми). Клінічно вторинний гіперпаратиреоз виявляється симптомами й ознаками основного захворювання. За гіпокальціємії виявляють парестезії різної локалізації з характерними спазмами м'язів кистей і стоп. У проксимальних відділах кінцівок розвивається слабкість м'язів. Зміни кісткової тканини проявляються остеопорозом, остеосклерозом або фіброзно-кістозним оститом.

Третинний гіперпаратиреоз. Вторинний гіперпаратиреоз за хронічного гемодіалізу швидко переходить у третинний, коли гіперплазія паращитоподібних залоз трансформується в аденому з надмірною секрецією паратгормону.

Причинами цього захворювання є:

- аденома паращитоподібної залози (рис. 10.2, 10.3);
- синдром множинної ендокринної неоплазії.



Рис. 10.3. Макропрепарат аденоми паращитоподібної залози (автор Thomas Zimmermann)

Симптоми. Фіксують слабкість, втрату апетиту, болі в кістках, диспептичні явища. Об'єктивно виявляють тахікардію. Особливу увагу привертає біль у кістках, який може поступово наростати і супроводжуватись спонтанними переломами. Крім того, за ультразвукового дослідження нирок можна виявити камінці.

Рентгенологічно визначають субперіостальну резорбцію кістки, на пізніших стадіях – великі осередки розрідження кісткової тканини.

На ЕКГ можливі ознаки гіперкальціємії: вкорочення інтервалу Q-T, поширення QRS, зменшення зубця T, збільшення зубця R.

Відкладання кальцію в нирках може призвести до їх значного пошкодження з розвитком гіпертонії та порушенням видільної функції.

Аналогічні порушення кальцієвого обміну з відповідними клінічними проявами можливі при передозуванні вітаміну D, метастазах пухлин у кістки, деяких ураженнях нирок, що необхідно враховувати при встановленні діагнозу.

Діагностика складається з таких етапів:

- вимірювання рівня паратгормону;
- вимірювання рівня загального та іонізованого кальцію (Ca^{2+});
- вимірювання рівня неорганічного фосфату в крові;
- сканування з Tc-99m-MIB ;
- ультразвукове дослідження органів шії.

Лікування передбачає видалення пухлини або резекцію парацитоподібних залоз у разі їх дифузної гіперплазії [16, 17].

Передозування вітаміну D та гіпервітаміноз D

При застосуванні неадекватних доз вітаміну D за тривалого лікування може розвинути гостре чи хронічне отруєння (D-гіпервітамінози).

У разі передозування вітаміну D фіксують:

- слабкість, втрату апетиту, нудоту, блювання, діарею, запори;
- різкі болі у суглобах, головний та м'язовий біль;

- лихоманку, підвищення артеріального тиску, судоми, сповільнення пульсу, задишку.

Тривале застосування вітаміну D у підвищених дозах чи використання його в надвисоких дозах може призвести до:

- розсмоктування строми кісток, розвитку остеопорозу, демінералізації кісток;
- посилення синтезу мукополісахаридів у м'яких тканинах (судини, клапани серця та ін.) з наступною їх кальцифікацією;
- відкладання солей кальцію у нирках, судинах, серці, легенях, кишківнику, що супроводжується значним порушенням їх функцій (астенізація, головний біль, запаморочення, блювання, порушення сну, спрага, поліурія, артралгії).

Гіперкальціємія та гіпервітаміноз D. Патогенез. За тривалого лікування ергокальциферолом чи холекальциферолом гіперкальціємію зазвичай зумовлює накопичення $25(\text{OH})\text{D}_3$, хоча вона може бути спричинена одночасним надмірним вживанням харчів, багатих на кальцій, наприклад молочних продуктів. Гіпервітаміноз D описаний також при споживанні молочних продуктів, збагачених вітаміном D. За гіпервітамінозу D рівень $25(\text{OH})\text{D}_3$ у плазмі крові може у 5–10 разів перевищувати норму, а рівень $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ – зазвичай нормальний чи трохи підвищений. Гіперкальціємія та гіперкальціурія спричиняються дією $25(\text{OH})\text{D}_3$ на рецептори вітаміну D у тонкій кишці й можливо, у кістковій тканині. Через накопичення $25(\text{OH})\text{D}_3$ у м'язах і жировій тканині, повільне його вивільнення високий рівень $25(\text{OH})\text{D}_3$ у плазмі та прояви гіпервітамінозу D зберігаються протягом тижнів і місяців після припинення вживання вітаміну D.

Ризик розвитку гіперкальціємії зростає в разі застосування препаратів, активніших за ергокальциферол і холекальциферол. До таких належать кальцифедол, кальцитріол та синтетичні препарати дигідротакістерол, альфакальцидол. У печінці дигідротакістерол та альфакальцидол перетворюються на гормонально активні речовини – відповідно $25(\text{OH})$ дигідротакістерол і $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$. Оскільки усі названі препарати метаболізуються швидко, тривалість гіперкальціємії після їх застосування менша,

ніж після припинення вживання ергокальциферолу та холекальциферолу.

Лікування. Відміна препаратів вітаміну D, обмеження вживання кальцію з їжею. За тяжких форм гіперкальціємії на кілька тижнів або місяців внутрішньо призначають глюкокортикоїди, наприклад преднізон, 40–60 мг/доба. Кортикостероїди блокують дію вітаміну D на тонку кишку й кістки.

Передозування вітаміну D у дітей. Часом унаслідок інтенсивного введення в організм дитини препаратів вітаміну D, що відбувається безконтрольно, та застосовування високих їх доз у короткий проміжок часу, може настати передозування. В цьому разі гіпервітаміноз виявляється відкладанням кальцію в різних органах (нирках, судинах, м'язі серця). Інтوكсикація вітаміном D переважно фіксується у дітей, яких вигодовують штучно, травмованих при пологах, недоношених, з низькою масою тіла при народженні, підвищеною чутливістю, гіпотиреозом. Небезпеку розвитку інтоксикації збільшують інтенсивні сонячні або кварцові опромінення, прийом препаратів кальцію. Тому призначати вітамін D дітям має лише лікар. Він зможе правильно обрати необхідну дозу препарату і проконтролювати, чи достатня вона для малюка.

Передозування ергокальциферолу. Симптоми. При передозуванні препарату можливі втрата апетиту, порушення сну, дратівливість, гіпертермія, зміни показників аналізу сечі (лейкоцити, білок, гіалінові циліндри). Гіпервітаміноз D супроводжується підвищенням рівня кальцію в крові та посиленою екскрецією його із сечею.

Лікування. За появи описаних ефектів препарат відмінюють, максимально обмежують надходження кальцію в організм, у тому числі з їжею. У разі передозування препарату викликають блювання або промивають шлунок потерпілого суспензією активованого вугілля, призначають сольові проносні засоби. Кориguють водно-електролітний баланс. Ефективні гемо- і перитонеальний діалізи.

Передозування альфакальцидолу. Симптоми. Слабкість, млявість, запаморочення, головний біль, нудота, сухість у роті,

запор, діарея, печія, блювання, біль в епігастрії, животі, кістках, свербіж, тахікардія.

Лікування. Слід негайно припинити прийом препарату. В ранній період гострого передозування позитивний ефект може дати промивання шлунка і (або) призначення мінеральної олії (сприяє зменшенню всмоктування і збільшенню виведення препарату з калом).

У тяжких випадках внутрішньовенно вводять ізотонічний розчин натрію хлориду, призначають петльові діуретики, глюкокортикостероїди.

Передозування дигідротахістеролу. *Симптоми.* Посилення побічних ефектів, пов'язаних із гіперкальціемією, можливе виникнення атаксії, амнезії, дезорієнтації, галюцинацій, синкопальних станів, гіпотонії, гіперкальціемійної коми.

Лікування. Негайно припиняють прийом препарату, інтенсивно вживають велику кількість рідини, дотримуються постільного режиму та дієти з низьким вмістом кальцію.

У тяжких випадках внутрішньовенно вводять ізотонічний розчин натрію хлориду, призначають петльові діуретики, проносні засоби, кортикостероїди, цитрати, сульфати, фосфати, ЕДТА, мітроміцин, проводять гемодіаліз.

Передозування кальцитриолу. *Симптоми.* Слабкість, головний біль, втрата апетиту, нудота, блювання, спазми шлунка, запаморочення і шум у вухах.

Лікування. Специфічного антидоту немає. В разі передозування лікування має бути симптоматичним.

Передозування холекальциферолу. *Симптоми.* Токсичні симптоми у дорослих в результаті гострого отруєння виявляються рідко, частіше у немовлят та дітей після застосування 100 000 МО або більше вітаміну на день.

У разі передозування розвиваються слабкість, відсутність апетиту (анорексія), нудота, блювання, запори, неспокій, спрага, поліурія, гіперацидність шлунка, пронос, кишкова коліка, біль у животі, діарея, гіперкальціемія, гіперкальціурія. Частими симптомами є: біль у м'язах (міалгія) і суглобах (артралгія), головний біль, порушення психіки, запаморочення, шум у вухах, атак-

сія, ступор, прогресуюча втрата маси тіла, сонливість, депресія, амнезія, дезорієнтація, галюцинації, синкопе, кома. Порушується функція нирок з альбумінурією, еритроцитурією, поліурією, полідипсією, підвищеною втратою калію, гіпостенурією, ніктурією, підвищенням тиску крові середнього ступеня.

У тяжких випадках можливе помутніння рогівки ока, рідше – набряк сосочка зорового нерва, запалення райдужної оболонки аж до розвитку катаракти.

В нирках можуть утворитися камінці, є небезпека звапнування у нирках, м'яких тканинах, таких як кровоносні судини, серце, легені, шкіра.

Рідко розвивається холестатична жовтяниця.

За хронічних отруєнь порушення функцій органів може призвести до смерті.

Лікування. Негайна відміна препарату, постільний режим, низькокалорійна дієта, інтенсивне вживання рідини, застосування послаблювальних засобів. За значної гіперкальціємії – внутрішньовенне введення великої кількості ізотонічного розчину натрію хлориду, введення фуросеміду або похідних етакринової кислоти, препаратів кальцитоніну, проведення гемодіалізу. Можна також призначати кортикостероїди, вітамін Е, препарати магнію, калію, вітаміну С, ретинолу, тіаміну [18].

Висновки до розділу 10

Кальцій – один з основних мінералоутворювальних елементів. Його сполуки мають велике промислове значення. Не менш важливу роль вони відіграють в організмі людини. Солі кальцію забезпечують механічну опору кісток, міцність зубів. Вміст кальцію в організмі дорослої людини становить 1,2–1,9 % загальної маси тіла. Він необхідний для нормального зростання і розвитку скелета людини, адже 99 % кальцію відкладається саме в кістковій тканині, надає їй міцності і твердості. Середня потреба в кальції чоловіків і жінок становить 450–800 мг/доба. Велика роль кальцію в роботі серця, він гальмує нервовий імпульс, унаслідок чого серцевий м'яз розслаблюється. Оскільки серце працює

все життя без зупинок, фаза відпочинку для нього дуже важлива. Кальцій також забезпечує розслаблення скелетних м'язів, блокує надмірне збудження нервових закінчень. Однією з найважливіших його функцій в організмі є забезпечення зсідання крові. Якщо кальцію в організмі мало, то цей процес уповільнюється. Хворобами з переважанням нестачі кальцію є остеопороз, рахіт, гіпопаратиреоз (тетанія, спазмофілія), з надлишком кальцію – гіперпаратиреоз (хвороба Реклінгаузена), гіпервітаміноз D. Описано поширення, механізми, клінічні прояви, діагностику, способи лікування і профілактики цих хвороб.

Список літератури до розділу 10

1. https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%B0
2. karpatia.com.ua/ru/likuvannya-0/mineralna-voda.htm
3. www.hotelvisak.com/index.php/health/mineralnaya-voda
4. *Holtzclaw H.F., Jr., Robinson W.R. General chemistry, D.C.Heath a. Co., Toronto, 1988. – P. 363.*
5. <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/89068/calcium-deficiency>
6. <http://fitfan.ru/nutrition/vitamins/3238-kalcij.html>
7. <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/279146/hydroxylapatite>
8. *Вступ до медичної геології: У 2 т. / За ред. Г.І. Рудька, О.М. Адаменка. – К.: Академпрес, 2010. – Т. 2. – С. 112.*
9. *Вступ до медичної геології: У 2 т. / За ред. Г.І. Рудька, О.М. Адаменка. – К.: Академпрес, 2010. – Т. 2. – С. 116.*
10. *Малюк В.И. Энергетический обмен миокарда при пороках сердца и метаболическая коррекция его нарушений. Дис. ... д-ра мед. наук. – Киев, 1977. – 366 с.*
11. <http://toyhealth.ru/page/hvoroba-osteoporoz-i-stonshuvannja-kistkovoyi-tkanini>
12. <http://m-l.com.ua/?aid=678>

13. <http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B7>.
14. <http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B0%D1%85%D1%96%D1%82>.
15. <http://mdovidka.com/gipoparatireoz.html>.
16. Гульчий Н.В., Куцаева Е.С., Макеев С.С. и др. Использование сцинтиграфии с Tc-99m-МИБИ для диагностики заболеваний щитовидной и паращитовидных желез // Укр. мед. часопис. – 2003. – № 1(33). – С. 43–55.
17. Fraser W.D. Hyperparathyroidism. Lancet 2009; 374 (9684). – С. 145–58.
18. <http://vitaminz.su/overdose-D.html>.

◆ РОЗДІЛ 11

СТОМАТОЛОГІЧНЕ ЗДОРОВ'Я ДІТЕЙ, ЯКІ ПРОЖИВАЮТЬ НА ТЕРИТОРІЯХ ІЗ РІЗНИМ СКЛАДОМ МІНЕРАЛЬНИХ ВОД

(Н.І. Смоляр, Е.В. Безвушко, Н.І. Мельничук)

11.1. Ураженість карієсом зубів у дітей, які проживають на території із різним складом мінеральних вод

На формування дитячого організму значно впливають природні геохімічні умови навколишнього середовища [1–6]. Доволі цікавими в цьому контексті є біохімічні провінції, зокрема Закарпаття, оскільки у згаданому регіоні багато родовищ мінеральних вод різного складу. Територія Закарпаття належить до біогеохімічних провінцій з вираженим дефіцитом йоду, фтору, міді, кобальту у ґрунтах та воді. Крім цього, на досліджуваній території багато родовищ мінеральних вод, які значно відрізняються за своїм складом. Так, Свалявський район, що знаходиться у передгірній природній зоні, характеризується нестачею мікроелементів йоду, фтору, бром, кобальту і значним надлишком бору в підземних водах. Це унікальний район Закарпаття за насиченістю водопроявами вуглекислих борних гідрокарбонатних натрієвих вод різної мінералізації, що найбільш популярні серед населення через свої антацидні (кислотонейтралізуючі) властивості.

Рахівський район розкинувся у гірській природній зоні, крім типової для цього ландшафту нестачі азоту, фосфору, калію, кальцію, він характеризується вираженою нестачею таких мікроелементів, як йод, бром, кобальт, нікель, фтор, меншою мірою – міді, молібдену. Мінеральні води на цій території – переважно арсеністи та залізо-арсеністи [7].

Природний мікроелементний склад ґрунтів, мінеральних вод Закарпаття, надлишок чи нестача їх у середовищі обумовлюють перебіг у живих організмах певних біологічних реакцій, на тлі яких і розвиваються захворювання. Встановлено, що територія

Закарпаття характеризується високим рівнем ураженості зубів насамперед карієсом [3, 8]. Крім цього, в ендемічних районах поширені залізодефіцитні анемії, відхилення у фізичному розвитку дітей, порушення процесів скостеніння кісток і статевого дозрівання [9]. Згідно з результатами дослідження [10], в населення Закарпаття виявлено деякі особливості загальної захворюваності залежно від вживання ним різних типів мінеральних вод. На думку автора, неоднозначна картина щодо показників захворюваності може свідчити про адаптацію місцевого населення до вживання мінеральних вод, що виключає або зменшує їх вплив на організм. Це підтверджує необхідність подальшого з'ясування питань формування здоров'я дітей у природних біогеохімічних провінціях Закарпаття.

Безумовно, специфічні клімато-географічні та екологічні особливості цієї території істотно впливають і на стоматологічну захворюваність дітей.

Щоб оцінити ураженість зубів карієсом, ми обстежили 440 дітей віком 7, 12 і 15 років Свалявського та Рахівського районів Закарпаття.

Населені пункти, в яких проживають обстежені діти, мають певні клімато-географічні відмінності. Так, на території Рахівського району поширені залізо-арсенисті води, у підземних водах Свалявського району міститься надмірна кількість бору і мало таких мікроелементів, як йод, фтор, бром, кобальт [7].

На основі проведеного дослідження встановлено, що поширеність карієсу постійних зубів дітей у середньому становить $75,23 \pm 2,06$ %, що відповідає середньому рівню поширеності цього захворювання за критеріями ВООЗ. З віком дітей цей показник зростає: від $52,41 \pm 3,88$ % у 7-річних до $87,6 \pm 3,0$ та $90,2 \pm 2,4$ у 12- і 15-річних ($p_1 < 0,001$, $p_2 < 0,001$; рис. 11.1).

За даними порівняльного аналізу, поширеність карієсу постійних зубів у дітей із різних населених пунктів дещо нижча у м. Свалява ($71,02 \pm 3,86$ %), де в мінеральних водах виявлено надлишок бору, порівняно з м. Рахів та с. Кваси (відповідно $76,80 \pm 13,14$ і $77,69 \pm 3,79$ %) – районами зосередження залізо-арсенистих вод.

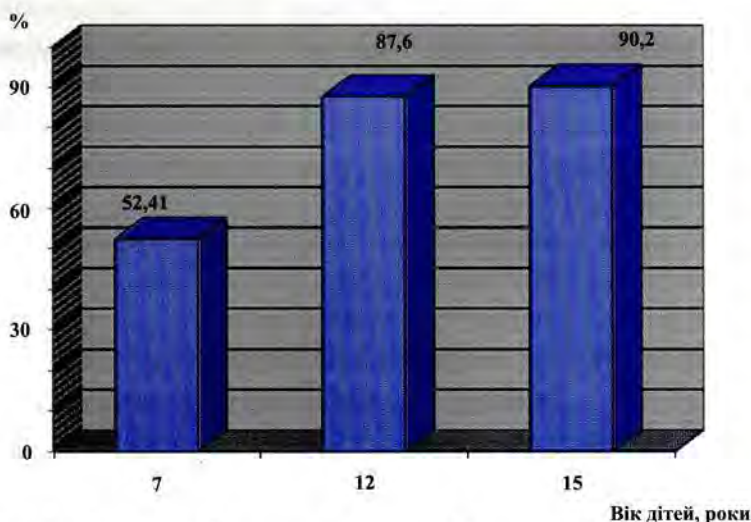


Рис. 11.1. Поширеність карієсу постійних зубів у обстежених дітей

Встановлено, що інтенсивність карієсу постійних зубів у дітей становить $3,82 \pm 0,47$ зуба, причому на одну дитину припадає $2,75 \pm 0,49$ каріозного (К) та $0,91 \pm 0,19$ пломбованого (П) постійного зуба. З віком дітей усі ці показники зростали (табл. 11.1). Так, якщо у 7-річних дітей показник каріозних, пломбованих і видалених (КПВ) зубів становив $1,04 \pm 0,21$ зуба, то у 12-річних він зростав у 4,07 раза, у 15-річних – у 5,96 раза. Привертають увагу дані щодо ефективності санації ротової порожнини, продемонстровані показником пломбованих зубів (П), який виявився найвищим у дітей 15 років – $1,79 \pm 0,31$ зуба, тоді як каріозних зубів у цих дітей було $4,08 \pm 0,36$, тобто найбільше серед усіх дітей.

Таблиця 11.1

Інтенсивність карієсу постійних зубів у обстежених дітей залежно від їх віку

Вік дитини	Кількість дітей	Показник ураженості зубів			
		К	П	В	КПВ
1	2	3	4	5	6
7	166	$0,95 \pm 0,67$	$0,09 \pm 0,05$	–	$1,04 \pm 0,21$

Закінчення табл. 11.1

1	2	3	4	5	6
12	121	3,22 ± 0,42	0,84 ± 0,20	0,17 ± 0,08	4,23 ± 0,46
15	153	4,08 ± 0,36	1,79 ± 0,31	0,32 ± 0,13	6,19 ± 0,47
Загалом	440	2,75 ± 0,49	0,91 ± 0,19	0,16 ± 0,07	3,82 ± 0,47

Слід зазначити, що до 15 років у дітей зростали показники не лише каріозних і пломбованих, а й видалених (В) зубів – до $0,32 \pm 0,13$.

Інтенсивність ураження карієсом постійних зубів дітей залежно від місця їх проживання виявилась найвищою у дітей с. Кваси (табл. 11.2). Так, показник КПВ у цьому населеному пункті становив $4,62 \pm 0,50$ зуба, тоді як у Сваляві – $3,04 \pm 0,30$, у Рахові – $3,79 \pm 0,33$ зуба ($p_1 < 0,05$, $p_2 > 0,05$). Найвищий показник каріозних постійних зубів зафіксовано також у обстежених дітей с. Кваси – $3,62 \pm 0,45$ зуба, в той час як у дітей, які мешкають в Рахові він становив $2,80 \pm 0,27$, у Сваляві – $1,82 \pm 0,25$ зуба. Натомість показник пломбованих зубів, що свідчить про якість санації, у м. Свалява переважав і становив $1,10 \pm 0,18$ зуба, що вище від аналогічного показника м. Рахів та с. Кваси – відповідно $0,93 \pm 0,18$ і $0,68 \pm 0,21$ зуба ($p_1 > 0,05$, $p_2 > 0,05$).

Таблиця 11.2

Структура показника ураженості зубів у обстежених дітей залежно від місця їх проживання

Населений пункт	Кількість дітей	Показник ураженості зубів			
		К	П	В	КПВ
с. Кваси	121	3,62 ± 0,45	0,68 ± 0,21	0,32 ± 0,11	4,62 ± 0,50
м. Свалява	138	1,82 ± 0,25 ^{*1}	1,10 ± 0,18 ^{*2}	0,12 ± 0,04 ^{*3}	3,04 ± 0,30 ^{*2}
м. Рахів	181	2,80 ± 0,27 ^{*3}	0,93 ± 0,18 ^{*3}	0,06 ± 0,06 ^{*3}	3,79 ± 0,33 ^{*3}

Примітка: ^{*1} $p_1 < 0,05$; ^{*2} $p_2 < 0,01$; ^{*3} $p_3 > 0,05$.

За даними дослідження, показник видалених зубів у дітей с. Кваси становив $0,32 \pm 0,11$ зуба і майже в 3 рази перевищував аналогічний показник у дітей м. Свалява – $0,12 \pm 0,04$ зуба, та більш, як у 6 разів – у дітей м. Рахів – $0,06 \pm 0,06$ зуба.

Рівень стоматологічної допомоги дітям (РСД) із цього регіону в середньому становить 23,82 % і оцінений як недостатній (рис. 11.2).

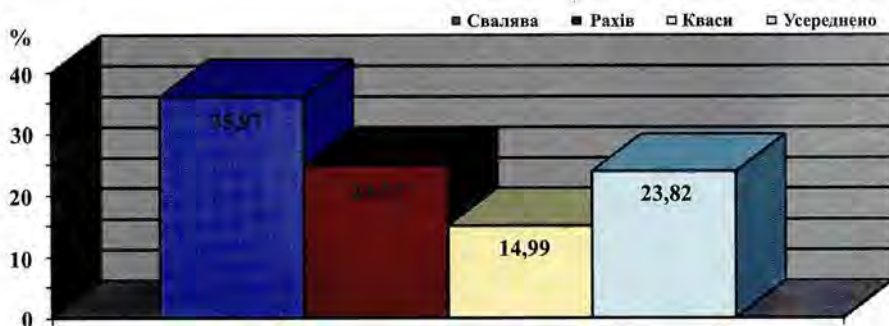


Рис. 11.2. Рівні стоматологічної допомоги дітям із різних населених пунктів

Найнижчий показник РСД дітям був у с. Кваси – 14,99 %, найвищий – у м. Свалява – 35,97 %.

У результаті порівняльного аналізу поширеності та інтенсивності карієсу постійних зубів у дітей, які мешкають в різних населених пунктах, виявлено дещо нижчі показники в м. Свалява з надлишком бору у мінеральних водах порівняно з м. Рахів та с. Кваси – районами зосередження залізо-арсенистих вод.

Наведені дані свідчать про певні особливості ураження твердих тканин зубів дітей залежно від населеного пункту, в якому вони проживають, що обумовлює актуальність і доцільність подальшого дослідження з метою виявлення причинно-наслідкових чинників ураження зубів дітей карієсом у цьому регіоні та розробки комплексу профілактичних заходів.

11.2. Карієс зубів та фізичний розвиток дітей, які проживають у різних біогеохімічних провінціях Закарпаття

Взаємозв'язок між фізичним розвитком дітей та карієсом зубів оцінено у 440 дітей віком 7, 12 і 15 років у населених пунктах Свалявського та Рахівського районів Закарпаття.

Згідно з результатами обстеження, поширеність карієсу зубів у дітей м. Свалява в середньому становить $71,02 \pm 3,79$ %, що значно нижче, ніж у дітей м. Рахів ($77,69 \pm 3,79$ %). Інтенсивність карієсу у дітей м. Свалява дорівнює в середньому $2,9 \pm 0,6$ зуба, що вдвічі нижче порівняно з аналогічним показником у дітей м. Рахів – $4,7 \pm 0,6$ зуба ($p < 0,05$, табл. 11.3). Відмінність ураженості зубів карієсом виражена в усіх вікових групах дітей Сваляви і Рахова. Особливо значні відмінності виявлено у дітей 7-річного віку (в середньому $0,5 \pm 0,1$ зуба у дітей м. Свалява та $1,3 \pm 0,3$ зуба ($p < 0,05$) у дітей м. Рахів) та у дітей 15-річного віку (в середньому $4,8 \pm 0,4$ зуба у дітей м. Свалява та $8,2 \pm 0,6$ зуба ($p < 0,01$) у дітей м. Рахів).

Аналіз ураженості зубів карієсом в залежності від статі дітей встановив дещо вищі значення інтенсивності карієсу у хлопців ($3,2 \pm 0,8$ зуба у м. Свалява та $5,4 \pm 0,6$ зуба, $p < 0,01$ у м. Рахів) по відношенню до дівчат (відповідно $2,8 \pm 0,9$ зуба і $4,2 \pm 0,4$ зуба). Найвища інтенсивність карієсу спостерігалась у хлопців м. Рахова, особливо у 15-річних ($8,8 \pm 0,6$ зуба).

Виявлено певну залежність фізичного розвитку дітей від місця їх проживання. Так, показники зросту ($146,7 \pm 3,3$ см) та маси тіла ($42,9 \pm 2,4$ кг) хлопців із м. Свалява вищі порівняно з аналогічними показниками їхніх однолітків із м. Рахів (відповідно $141,3 \pm 3,4$ см і $38,2 \pm 2,3$ кг). Значущу різницю в зрості виявлено серед 7-річних хлопців зі Сваляви і Рахова (відповідно $119,2 \pm 3,2$ і $107,3 \pm 2,3$ см, $p < 0,01$) та в показниках маси тіла 12-річних хлопців (відповідно $43,8 \pm 2,2$ і $37,7 \pm 1,4$ кг, $p < 0,05$). Вищий зріст та більшу масу тіла мали дівчата, які проживають у м. Свалява, порівняно з дівчатами із м. Рахів. Особливо низькі показники зросту виявлено у 7-річних дівчат із м. Рахів ($97,9 \pm 2,3$ см) та маси тіла 12-річних дівчат ($38,8 \pm 1,5$ кг) порівняно з їхніми однолітками з м. Свалява (відповідно $122,4 \pm 3,2$ см і $42,7 \pm 1,1$ кг, $p < 0,05$).

Отримані результати (табл. 11.4) підтвердили, що в дівчат із м. Рахів усіх вікових груп низький зріст вірогідно ($p < 0,05$) поєднується з високими показниками КПВ, а вищий зріст – з низькими показниками КПВ. Цей висновок зроблено на основі отриманих коефіцієнтів парної кореляції: $-0,37$ для 7-річних дівчат; $-0,49$ для 12-річних та $-0,43$ – для 15-річних.

Карієс зубів і фізичний розвиток обстежених дітей зі Сваляви та Рахова

Вік дитини (роки)	Хлопці			Дівчата		
	Зріст, см	Маса, кг	КПВ	Зріст, см	Маса, кг	КПВ
м. Свалява						
7	119,2 ± 3,2	26,4 ± 1,2	0,6 ± 0,2	122,4 ± 3,2	22,7 ± 1,3	0,4 ± 0,2
12	151,2 ± 2,3	43,8 ± 2,2	3,7 ± 0,7	152,8 ± 4,5	42,7 ± 1,1	3,3 ± 0,6
15	169,5 ± 2,1	57,9 ± 2,3	4,9 ± 0,6	160,5 ± 3,4	51,2 ± 2,3	4,5 ± 0,3
м. Рахів						
7	107,3 ± 2,3**	23,1 ± 1,2	1,5 ± 0,3*	97,9 ± 2,3**	22,1 ± 0,9	1,0 ± 0,2*
12	150,4 ± 3,4	37,7 ± 1,4*	5,3 ± 0,7	151,7 ± 2,8	38,8 ± 1,5*	3,9 ± 0,6
15	162,4 ± 2,3*	53,1 ± 1,8	8,8 ± 0,6**	160,0 ± 2,6	51,2 ± 1,2	7,3 ± 0,5**

Примітки: Різниця між аналогічними показниками у дітей зі Сваляви та Рахова: *($p < 0,05$); **($p < 0,01$).

Таблиця 11.4

Коефіцієнти парної кореляції між зростом обстежених дітей і показником КПВ

Вік дитини, роки	м. Свалява		м. Рахів	
	Хлопці	Дівчата	Хлопці	Дівчата
7	-0,26	-0,27	-0,21	-0,37*
12	-0,42*	-0,36*	-0,54*	-0,49*
15	-0,48*	-0,46*	-0,71*	-0,43*

Примітка: *Коефіцієнт кореляції вірогідний ($p < 0,05$).

Водночас у 12- і 15-річних хлопців із м. Рахів та у дівчат і хлопців аналогічних вікових груп із м. Свалява виявлено такі самі взаємозв'язки: низький зріст вірогідно ($p < 0,05$) поєднував з високими показниками КПВ, тоді як високий – з низькими КПВ.

Згідно з даними, наведеними на рис. 11.3, у 12-річних дівчат зі Сваляви залежність між зменшенням середнього показника КПВ і збільшенням їх середнього зросту вірогідна.

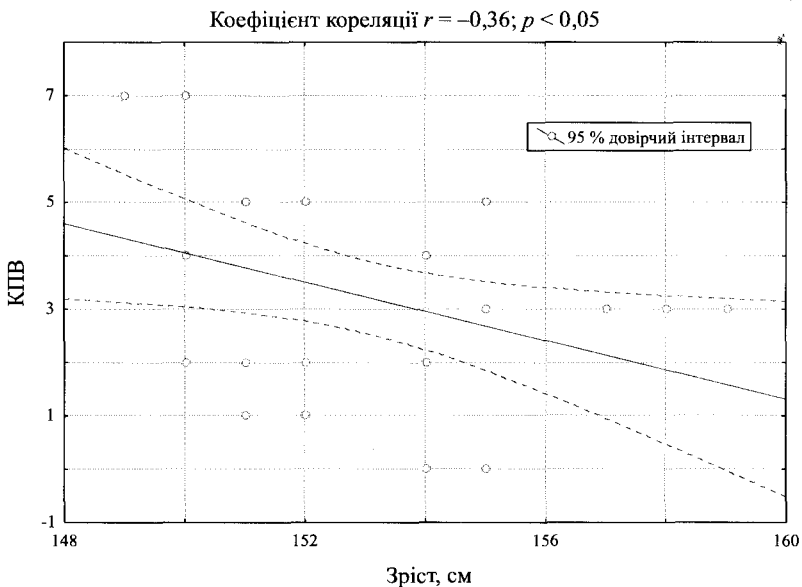


Рис. 11.3. Зв'язок між зростом і показником КПВ у 12-річних дівчат, які проживають у м. Свалява

Встановлено також вірогідний зв'язок між показником КПВ та антропометричними показниками у 15-річних хлопців із м. Рахова. Відтак найвищі показники КПВ (> 15) зафіксовано у низьких хлопців (< 158 см) з низькою масою тіла (до 48 кг), найнижчі показники КПВ (до 3) констатували у високих (> 166 см) хлопців із масою тіла 52–58 кг (рис. 11.4).

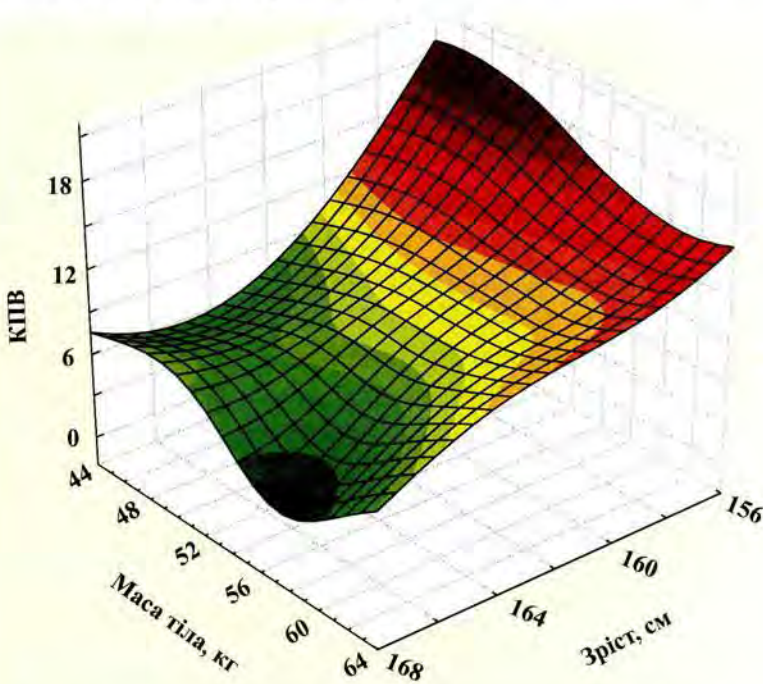


Рис. 11.4. Зв'язок між зростом і показником КПВ у 15-річних хлопців, які проживають у м. Рахів

Висновки до розділу 11

Визначені особливості ураження зубів карієсом та фізичного розвитку дітей обстежених регіонів свідчать про необхідність постійного моніторингу на регіональному рівні за показниками популяційного здоров'я дітей.

Склад мінеральних вод Закарпаття істотно впливає на фізичний розвиток дітей. Діти, які мешкають на території, де пошире-

ні залізо-арсенисті мінеральні води (Рахівський район), нижчі на зріст і мають меншу масу тіла порівняно з дітьми, які проживають на території залягання борних гідрокарбонатних натрієвих мінеральних вод (Свалявський район).

Список літератури до розділу 11

1. *Безвушко Е.В.* Комплексна оцінка стоматологічного здоров'я та фізичного розвитку дітей, що проживають у регіоні з комбінованим впливом забруднення довкілля та дефіциту фтору і йоду / Е.В. Безвушко // Довкілля та здоров'я. – 2010. – № 1. – С. 45–47.
2. *Воронцов И.М.* Закономерности физического развития детей и методы его оценки: Учеб.-метод. пособие / И.М. Воронцов. – Л.: ЛПМИ, 1986. – 56 с.
3. *Горзов І.П.* Екологічні аспекти карієсу зубів та хвороб пародонту / І.П. Горзов, А.М. Потапчук. – Ужгород: Патент, 1998. – 225 с.
4. *Деньга О.В.* Мікроелементи та стоматологічне здоров'я дитячого населення / О.В. Деньга, О.М. Світлична, Ю.М. Ворохта // Довкілля та здоров'я. – 2008. – № 1. – С. 53–55.
5. *Казакова Р.В.* Чинники ризику виникнення стоматологічних захворювань у дітей Прикарпаття / Р.В. Казакова // Новини стоматології. – 1996. – № 4. – С. 48–50.
6. *Косенко К.М.* Роль водного фактора у формуванні стоматологічного здоров'я населення / К.М. Косенко // Вісник стоматології. – 2011. – № 4. – С. 92–95.
7. *Гецянин-Дичка Л.В.* Зв'язок між захворюваністю населення та мікроелементним складом мінеральних вод Закарпаття / Л.В. Гецянин-Дичка, І.С. Лемко, Л.П. Киртич та ін. // Довкілля та здоров'я. – 2003. – № 3. – С. 21–25.
8. *Смоляр Н.І.* Ураженість карієсом постійних зубів у дітей Закарпаття / Н.І. Смоляр, Е.В. Безвушко, Н.Л. Чухрай, М.І. Мельничук // Профілактична та дитяча стоматологія: наук.-практ. журн. – Львів: ТЗОВ «ГалДент», 2012. – № 2(7). – С. 43–45.

9. *Крюченко Н.О.* Біогеохімічні провінції Закарпаття / Н.О. Крюченко, П.С. Папарига, Ю.К. Осадчук // Пошукова та екологічна геохімія. – 2009. – № 1(9). – С. 53–55.
10. *Дичка Л.В.* Вплив мінеральної води різних типів при використанні як питної на стан здоров'я населення: Автореф. дис. ... канд. мед. наук: спец. 14.02.01 – Гігієна та професійна патологія (медичні науки) / Л.В. Дичка. – Київ, 2008. – 22 с.

РОЗДІЛ 12

ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ м. ЛЬВІВ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВОДИ РІЗНОЇ ЯКОСТІ НА ПОКАЗНИКИ КРОВІ ЛЮДИНИ

(О.О. Мацієвська)

12.1. Якість питної води, що надходить у мережу централізованого водопостачання м. Львів

Місто Львів за географічним положенням знаходиться на хребті Головного європейського вододілу, в місцевості, бідній на джерела водопостачання. Водопостачання міста здійснюється з підземних джерел (17 водозаборів), розміщених на відстані 20–110 км на території Львівської області. Проектна потужність водозаборів – 452 тис. м³/доба, загальна кількість свердловин – 182 шт. завглибшки 40–200 м (глибина окремих свердловин сягає 250 м).

Водозабори, що експлуатуються для водопостачання м. Львів, об'єднані в 4 групи: західну, північну, східну та південну (рис. 12.1).

Західна група включає водозабори: Воля-Добростанська, Кам'янобрід, Великополе, Будзень, Мальчиця та Керниця, які експлуатують нижньобаденські родовища підземних вод і розміщені на схилі території Розточчя.

Одним з основних, що має важливе значення для господарсько-питного водопостачання, є водоносний горизонт верхньокрейдяних відкладів, поширений на північному схилі Розточчя. На ньому облаштовані найбільші водозабори для м. Львів – так звана *північна група*. До неї входять водозабори Рава-Руська, Магерів, Крехів, Кунин, Зарудці.

Східну групу формують водозабори Вільшаниця, Ремезівці та Плугів. Перший відбирає підземні води верхньокрейдяних відкладів і є аналогом водозаборів північної групи.

До південної групи входять водозабори Стрийської групи (Жулинський, Братківський, Любинецький), а також водозабори Бібрка та Глинна Наварія.

Кожен район Львова отримує воду з різних водозаборів. Вода відповідає вимогам стандарту якості за всіма показниками, крім твердості та вмісту заліза.

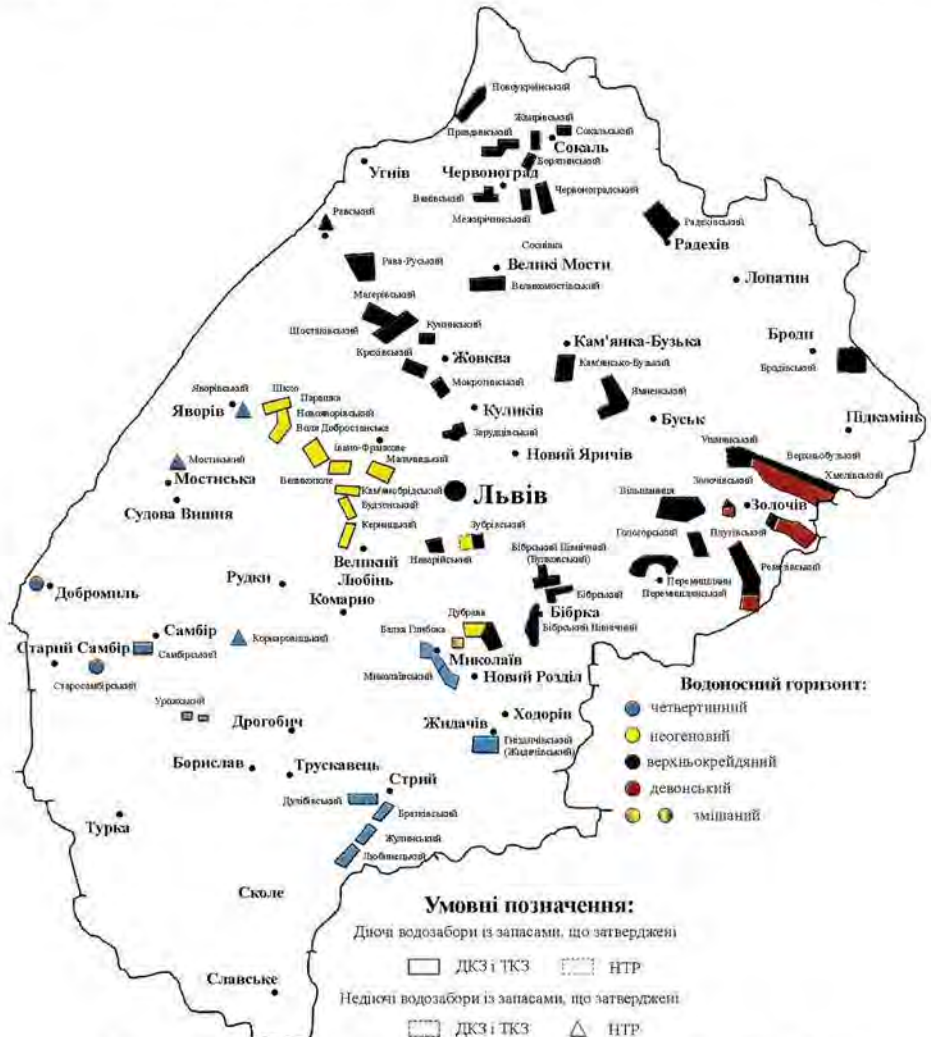


Рис. 12.1. Схема розміщення основних водозаборів у Львівській області

Підвищений вміст заліза у воді, що видобувається на водозаборах Будзень і Бібрка. Для поліпшення якості води на майданчику насосної станції Будзень-2 у 2005 р. було споруджено станцію знезалізнення води з фільтрами, заповненими цеолітом.

Вода з підземних джерел, що надходить до Львова, характеризується дещо вищою загальною твердістю. Таку воду отримують дві третини львів'ян. Воду з підвищеною твердістю подає насосна станція Пługів (Золочівський напрямок). М'яку воду для третини мешканців Львова подають водозабори Стрий, Воля-Добростанська, Великополе, Кам'янобрід, Мальчиці.

Якість води, що подається населенню міста, постійно контролює відомча лабораторія ЛМКП «Львівводоканал», а також служба держсанепідемнагляду м. Львів за санітарно-хімічними та мікробіологічними показниками.

Хімбакалаторія ЛМКП «Львівводоканал» перевіряє якість води в 11 контрольних точках – вода для аналізу з них відбирається щодня. Результати хімічного й бактеріологічного аналізу води (середньорічні за період жовтень 2011–жовтень 2012), що подається в систему централізованого водопостачання м. Львів, наведено в табл. 12.1.

У Львівській міській СЕС воду перевіряють вибірково, проби води відбирають паралельно з ЛМКП «Львівводоканал». Львівська міська СЕС щомісячно перевіряє воду на насосних станціях (табл. 12.2), у старих зношених мережах і ділянках з підвищеною аварійністю, щоквартально – воду з тупикових водорозбірних колонок та ліній, запасних резервуарів, один раз на рік – моніторить якість природної води на водозаборах [1].

Аналіз даних, наведених у табл. 12.1, 12.2, свідчить, що якість води, яка подається в мережу централізованого водопостачання м. Львів, у контрольних точках (на межі міста) та на насосних станціях відповідає нормативним вимогам [2]. Воду з підвищеною загальною твердістю подає в місто східна група водозаборів.

12.2. Стан розподільної водопровідної мережі м. Львів та її вплив на якість питної води

Якість питної води у розподільній мережі міста може змінюватися. Основними причинами забруднення води, що транспортується господарсько-питними водопроводами є: протяжність

Результати аналізу води, що подається (середньорічні за період жовтень 2011)

Показник	Будзень- III, Керниця	Глинна Наварія, Бібрка	Стрий	Рава- Руська, Магерів, Крехів, Кунин, Зарудці
	Будзень- III	Сихів	Сокільники	Збойськ
<i>I</i>	2	3	4	5
Санітарно-хімічні показники				
Запах за 20 °С, бал	0	0	0	0
Запах за 60 °С, бал	0	0	0	0
Кольоровість, град	0	0	0	0
Каламутність, мг/дм ³	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Смак і присмак за 20 °С, бал	0	0	0	0
Водневий показник рН	7,37	7,23	7,52	7,30
Амонійний азот, мг/дм ³	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Нітрити, мг/дм ³	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Нітрати, мг/дм ³	15,98	3,41	4,79	2,65
Залізо загальне, мг/дм ³	0,13	0,14	< 0,1	0,11
Твердість загальна, ммоль/дм ³	6,5	7,3	3,8	7,6
Лужність, ммоль/дм ³	5,1	6,1	3,9	6,4
Окиснюваність, мг О ₂ /дм ³	1,73	1,65	0,87	1,53
Хлориди, мг/дм ³	23,5	25,4	13,9	22,9
Сухий залишок, мг/дм ³	496,62	515,49	322,07	591,07
Залишковий хлор, мг/дм ³	0,36	0,15	0,36	0,34

мережі, зношеність трубопроводів, зміна гідравлічного режиму роботи ділянок мережі, корозія металевих труб, потрапляння в трубопровід домішок під час аварій або ремонту труб, невідповідний склад води для промивання трубопроводів, матеріал труб, утворення осаду на внутрішній поверхні трубопроводів тощо.

Таблиця 12.1

ентралізовану систему водопостачання м. Львів
овтень 2012, за даними ЛМКП «Львівводоканал»)

забір, контрольна точка						
Воля-Добростанська, Великополе, Кам'янобрід, Мальчиці		Вільшаниця, Ремезівці, Пługів				Стрий, Сокольники
Ясне-II	Карачинів	Винники	Кривчиці (н)	Кривчиці (с)	Довга	Міська смуга
6	7	8	9	10	11	12
впечності та якості питної води						
0	0,5	0	0	0	0	0
0	0,5	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
0	0	0	0	0	0	0
7,4	7,41	7,31	7,32	7,31	7,35	7,4
< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
0,005	0,005	< 0,003	< 0,005	< 0,003	< 0,003	< 0,003
7,40	7,19	1,63	1,78	1,73	1,75	3,98
< 0,1	< 0,1	0,16	0,15	0,16	0,14	0,13
5,1	5,2	8,5	8,4	8,4	8,42	6,35
4,3	4,4	6,9	6,7	6,8	6,83	4,78
0,96	0,92	1,24	1,28	1,29	1,34	1,23
13,0	11,4	11,1	12,6	12,1	11,78	16,19
353,11	381,98	649,42	613,62	642,07	632,13	436,33
0,07	0,4	0,32	0,22	0,21	0,22	0,16

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Характер осаду	Н.в.	Н.в.	Н.в.	Н.в.
Показники епідемічні				
Загальне мікробне число, КУО/см ³	0	0	0	0
Загальні коліформи, КУО/100 см ³	0	0	0	0
Ентерококи, КУО/100 см ³	0	0	0	0

Примітка. Тут і в табл. 12.2: Н.в. – не виявлено

**Результати аналізу води, що подається
(середньорічні за період жовтень 2011-**

Показник	Будзень-III, Керниця	Глинна Наварія, Бібрка	Стрий
	Будзень-III	Сихів	Сокільники
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Санітарно-хімічні показники			
Запах за 20 °С, бал	0,5	1	0,5
Запах за 60 °С, бал	0,5	1	0,5
Кольоровість, град	0	0	0
Каламутність, мг/дм ³	< 0,17	< 0,17	< 0,17
Смак і присмак за 20 °С, бал	0	0	0
Водневий показник рН	7,24	7,26	7,45
Амонійний азот, мг/дм ³	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Нітрити, мг/дм ³	0,005	< 0,003	< 0,003
Нітрати, мг/дм ³	16,49	6,18	5,06
Залізо загальне, мг/дм ³	0,11	0,14	< 0,1
Твердість загальна, ммоль/дм ³	6,5	7,3	4,0
Лужність, ммоль/дм ³	–	–	–
Окиснюваність, мг О ₂ /дм ³	1,84	1,68	1,12

Закінчення табл. 12.1

6	7	8	9	10	11	12
Н.в.	Н.в.	Н.в.	Н.в.	Н.в.	Н.в.	Н.в.
Безпеки питної води						
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0

Таблиця 12.2

централізовану систему водопостачання м. Львів
 жовтень 2012, за даними Львівської міської СЕС)

Водозабір, контрольна точка

Рава-Руська, Магерів, Крехів, Кунин, Зарудці	Воля- Добростанська, Великополе, Кам'янобрід, Мальчиці	Вільшаниця, Ремезівці, Плугів			Стрий, Сокільники
Збойськ	Рясне-II	Винники	Кривчиці	Довга	Міська смуга
5	6	7	8	9	10
Безпечності та якості питної води					
1	0	0,5	1	0	0,5
1	0	0,5	1	0	0,5
0	0	0	0	0	0
< 0,17	< 0,17	< 0,17	< 0,17	< 0,17	< 0,17
0	0	0	0	0	0
7,2	7,36	7,26	7,31	7,3	7,4
< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,005	< 0,003	< 0,003
2,39	7,87	1,78	1,59	1,87	5,34
0,12	< 0,1	0,14	0,13	0,13	0,11
7,7	5,1	8,3	8,4	8,2	5,2
—	—	—	—	—	—
2	1,3	1,68	1,44	1,76	1,6

1	2	3	4
Хлориди, мг/дм ³	27	31	13
Сульфати, мг/дм ³	51,04	90,6	35,4
Сухий залишок, мг/дм ³	–	–	–
Залишковий хлор, мг/дм ³	–	–	–
Характер осаду	Н.в.	Н.в.	Н.в.
Показники епідемічно			
Загальне мікробне число, КУО/см ³	0	0	0
Загальні коліформи, КУО/100 см ³	0	0	0
Ентерококи, КУО/100 см ³	0	0	0

Система водопостачання м. Львів розвивалась із 1901 р. Протяжність міської розподільної мережі становить: вуличних водопровідних мереж – 850 км, внутрішньоквартальних і внутрішньодворових – 245 км. Експертними дослідженнями вітчизняних і закордонних спеціалістів встановлено, що технічний стан 76 % міських мереж незадовільний. З огляду на це було досліджено зміну якості питної води в різних районах міста (за участю М.В. Курти).

Місто Львів поділене на шість адміністративних районів: Шевченківський, Личаківський, Сихівський, Франківський, Залізничний та Галицький (рис. 12.2).

У кожен адміністративний район подається вода з певних насосних станцій, проте в межах міста вода з різних водозаборів змішується.

Для проведення досліджень відібрано 8 проб води з мережі господарсько-питного водопостачання за адресами (рис. 12.3):

- вул. Масарика, 3 (Шевченківський район);
- вул. Китайська, 14 (Личаківський район);
- вул. Майорівка, 1 (Личаківський район);
- вул. Драгана, 14 (Сихівський район);
- вул. Пулюя, 34 (Франківський район);
- вул. Любінська, 98 (Залізничний район);
- вул. Кольберга, 6 (Галицький район);
- вул. Вітовського, 53 (Галицький район).

Закінчення табл. 12.2

5	6	7	8	9	10
23,5	8,5	10	10	11	13
151,04	23,95	171,8	80,7	100	57,29
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
Н.в.	Н.в.	Н.в.	Н.в.	Н.в.	Н.в.
Безпеки питної води					
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0

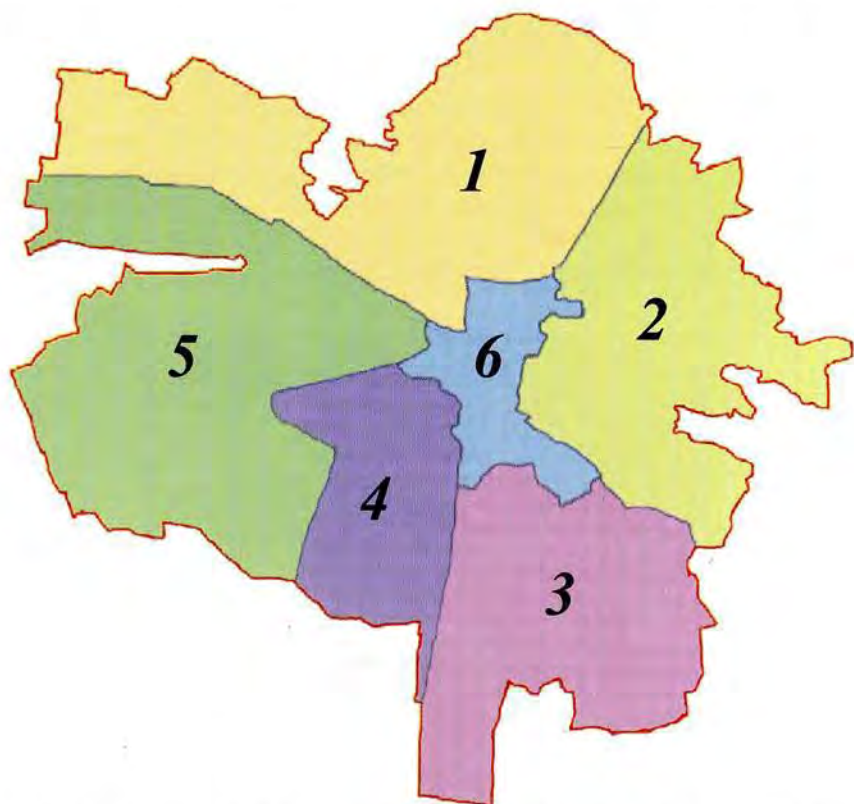


Рис. 12.2. Схема адміністративного поділу м. Львів на райони:
 1 – Шевченківський; 2 – Личаківський; 3 – Сихівський; 4 – Франківський;
 5 – Залізничний; 6 – Галицький



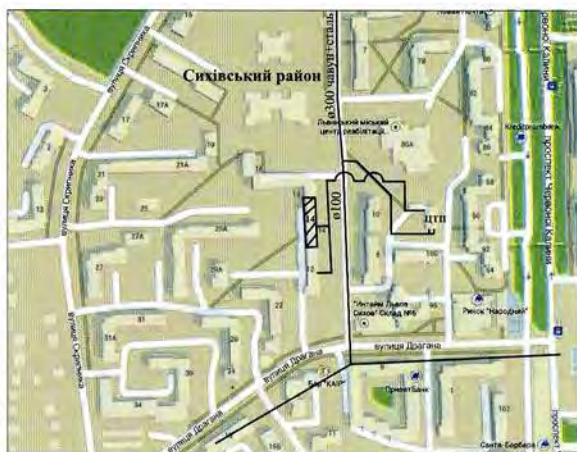
1) Насосна станція «Збойськ» ø600: вул. Багалія ø600–вул. Щурата ø600–вул. П. Орлика ø600–вул. Топольна ø600–вул. Кругла ø600–вул. Під Голоском ø600–вул. На Нивах ø600–вул. Малоголосківська ø600–вул. Млинова ø500–вул. Загули ø400–вул. Варшавська ø400–вул. Липинського ø400–вул. Масарика, 3 (ввід у будинок через ЦТП – сталевя труба ø100)



2) Насосна станція «Довга» ø600: вул. Табірна ø600–вул. Кошова ø600–вул. Козацька ø600–вул. Тракт Глинянський ø600–вул. Голинського ø600–вул. Голубця ø600–вул. Грибова ø600–вул. Пасічна ø500–вул. Китайська, 14, ø200



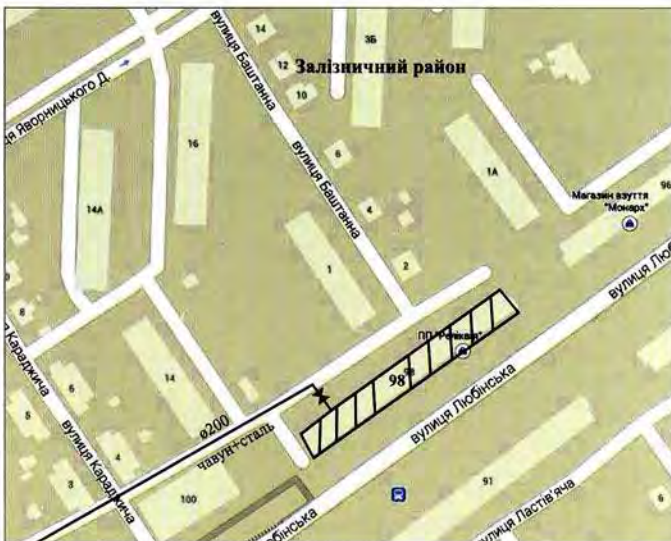
3) Насосна станція «Кривчиці» $\varnothing 500$: вул. Козацька $\varnothing 600$ –вул. Тракт Глинянський $\varnothing 600$ –вул. Голинського $\varnothing 600$ –вул. Голубця $\varnothing 600$ –вул. Грибова $\varnothing 600$ –вул. Пасічна $\varnothing 500$ –вул. Медової Печери $\varnothing 400$ –вул. Медової Печери, 69А (ЦТП) $\varnothing 200$ –вул. Майорівка, 1 (ввід у будинок – сталева труба $\varnothing 150$)



4) Насосна станція «Сокільники» $\varnothing 1240$: вул. Стрийська $\varnothing 1240$ –вул. Хуторівка $\varnothing 500$ –вул. Чукаріна $\varnothing 500$ –вул. Червоної Калини $\varnothing 500$ –вул. Драгана $\varnothing 300$ –вул. Драгана, 14 (ввід у будинок через ЦТП – труба чавун–сталь $\varnothing 100$)



5) Насосна станція «Сокільники» $\varnothing 1240$: вул. Стрийська $\varnothing 1240$ –вул. Наукова $\varnothing 500$ –400–вул. Кн.Ольги $\varnothing 300$ –вул. Трускавецька $\varnothing 300$ –врізка на вул. Пулюя, 34 $\varnothing 100$ (чавун–поліетилен)–вул. Кульпарківська $\varnothing 500$



6) Насосна станція «Будзень» $\varnothing 900$: вул. Конюшина $\varnothing 900$ –вул. П'ясецького $\varnothing 800$ –вул. Полковника Болбочана $\varnothing 800$ –вул. Ганцова $\varnothing 800$ –вул. Курмановича $\varnothing 800$ –вул. Патона $\varnothing 700$ –вул. Ряшівська $\varnothing 600$ –вул. Сигнівка $\varnothing 600$ –вул. Виговського $\varnothing 600$ –вул. Любінська, 98 (ввід у будинок – труба чавун–сталь $\varnothing 200$)



7) Насосна станція «Сокільники» $\varnothing 1240$: вул. Стрийська $\varnothing 1240$ –вул. Наукова $\varnothing 500$ –вул. Кульпарківська $\varnothing 400$ –вул. Героїв УПА $\varnothing 500$ –вул. С. Бандери $\varnothing 200$ –вул. Кольберга, 6 (ввід у будинок – чавунна труба $\varnothing 100$)



8) Насосна станція «Сокільники» $\varnothing 1240$: вул. Хуторівка $\varnothing 500$ –вул. П. Мирного $\varnothing 500$ –вул. Стуса $\varnothing 500$ –вул. Зелена $\varnothing 400$ –вул. Тарнавського $\varnothing 400$ –вул. Тютюнників $\varnothing 400$ –вул. Волоська $\varnothing 400$ –вул. Зарицьких $\varnothing 400$ –вул. Вітовського, 53 (ввід у будинок – чавунна труба $\varnothing 100$)

Рис. 12.3. Схеми розташування досліджуваних ділянок водопровідної мережі м. Львів

За даними ЛМКП «Львівводоканал» визначено робочі параметри трубопроводів розподільної мережі міста, проаналізовано зміну якості води під час її транспортування від насосних станцій (на межі міста) до споживачів (табл. 12.3, 12.4).

Робочі параметри трубопроводів водорозподільної

Насосна станція	Адміністративний район	Діаметр трубопроводу від насосної станції, мм	Адреса споживача	Діаметр труби на ввід в будинок, мм
1	2	3	4	5
Сокільники	Галицький	1240	вул. Кольберга, 6	100
Сокільники	Галицький	1240	вул. Вітовського, 53	100
Сокільники	Сихівський	1240	вул. Драгана, 14	300–100
Сокільники	Франківський	1240	вул. Пулюя, 34	100
Збойськ	Шевченківський	600	вул. Масарика, 3	100
Довга	Личаківський	600	вул. Китайська, 14	200–100

Таблиця 12.3

мережі м. Львів (за даними ЛМКП «Львівводоканал»)

Матеріал трубопроводу	Термін експлуатації трубопроводу, роки	Протяжність трубопроводу від насосної станції до споживача, м	Тип аварійних робіт	Примітка
6	7	8	9	10
Чавун	> 50	10 785	2010, 2014 рр.: корозія металу – заміна труби	Під час транспортування збільшується загальна твердість води, проте в межах, зазначених у [2]. Тривалий термін експлуатації трубопроводів. Матеріал труб переважно чавун і сталь, тому можливий підвищений вміст у воді заліза
Чавун	> 50	6761	2012 р.: корозія металу – хомут	
Чавун, сталь	30	4825	2008 р.: корозія металу – заміна труби; 2012 р.: корозія металу – хомут	
Чавун, ПЕ	30	4796	2008 р.: розгерметизація стику – зачеканення стику; 2010 р.: корозія металу – хомут	
Чавун, сталь	2–3	6961	2008 р.: ремонт засувки, корозія металу – хомут; 2010 р.: техогляд; 2012 р.: корозія металу – хомут	
Чавун, сталь, ПЕ	2–3	3522	2008 р.: корозія металу – заміна труби; 2010, 2012, 2014 рр.: корозія металу – хомут	Новий трубопровід, переважно ПЕ, але з вставками чавун–сталь.

1	2	3	4	5
Будзень	Залізничний	900	вул. Любінська, 98	200–100
Кривчиці	Личаківський	500	вул. Майорівка, 1	150

**Показники якості проб питної води, відібраних на насосних
(за даними ЛМКП**

Показник	н/с	6	53	14	34
	Сокільники	вул. Кольберга,	вул. Вітовського,	вул. Драгана,	вул. Пулюя,
1	2	3	4	5	6
Санітарно-хімічні показники					
Запах за 20 °С, бал	0	0	0	0	0
Запах за 60 °С, бал	0	0	0	0	0
Кольоровість, град	0	0	0	0	0
Каламутність, мг/дм ³	< 0,1	< 0,58	< 0,58	< 0,58	< 0,58
Смак і присмак за 20 °С, бал	0	0	0	0	0
Водневий показник рН	7,52	7,42	7,46	7,12	7,59
Амонійний азот, мг/дм ³	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Нітрити, мг/дм ³	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,005	< 0,003
Нітрати, мг/дм ³	4,79	3,98	5,24	2,94	3,76
Залізо загальне, мг/дм ³	< 0,1	< 0,1	0,19	0,16	< 0,1
Твердість загальна, ммоль/дм ³	3,8	4,0	5,6	7,55	4,05

Закінчення табл. 12.3

6	7	8	9	10
Чавун	> 50	6179	2008 р.: корозія металу – хомут; 2012 р.: перелом трубопроводу – накладка	Введено в експлуатацію станцію знесалізнення води на н/с Будзень
ПЕ, сталь	2 20	6895	2008, 2010 рр.: корозія металу – хомут	Трубопровід ПЕ з вставками сталеві труби

Таблиця 12.4

станціях («межа міста») та в розподільній мережі м. Львів
«Львівводоканал»)

Точка відбору проби води							
н/с Збойськ	вул. Масарика, 3	н/с Довга	вул. Китайська, 14	н/с Будзень	вул. Любінська, 98	н/с Кривчиці	вул. Майорівка, 1
7	8	9	10	11	12	13	14
Безпечності та якості питної води							
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
< 0,1	< 0,58	< 0,1	< 0,58	< 0,1	< 0,58	< 0,1	< 0,58
0	0	0	0	0	0	0	0
7,30	7,29	7,35	7,35	7,37	7,53	7,32	7,32
< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,005	< 0,003
2,65	8,63	1,75	1,55	15,98	4,20	1,78	1,99
0,11	0,11	0,14	0,18	0,13	< 0,1	0,15	0,11
7,6	4,55	8,42	8,25	6,5	4,05	8,4	8,4

1	2	3	4	5	6
Лужність, ммоль/дм ³	3,9	3,8	4,7	6,2	3,8
Окиснюваність, мг О ₂ /дм ³	0,87	0,96	–	1,76	0,96
Хлориди, мг/дм ³	13,9	12,5	11,0	23,0	12,0
Сухий залишок, мг/дм ³	322,07	–	–	–	–
Залишковий хлор, мг/дм ³	0,36	0,28	0,14	0,14	0,28
Характер осаду	Н.в.	Н.в.	Н.в.	Н.в.	Н.в.
Показники епідемічної					
Загальне мікробне число, КУО/см ³	0	0	0	0	0
Загальні коліформи, КУО/100 см ³	0	0	0	0	0
Ентерококи, КУО/100 см ³	0	0	0	0	0

Примітки: Н.в. – не виявлено; «–» – показник не визначали.

Питна вода на вул. *Кольберга, 6* надходить з насосної станції «Сокільники» по трубопроводу діаметром 1240 мм на початковій ділянці. Протяжність мережі від насосної станції до споживача становить 10 785 м. У межах міста цей трубопровід з'єднується з іншими, внаслідок чого в ньому змішується вода з різних водозаборів. Термін експлуатації – понад 50 років. Матеріал трубопроводу – переважно чавун. Діаметр вводу в будинок – 100 мм. У 2010 та 2014 р. на цій ділянці проведено аварійні ремонтні роботи із заміни труб унаслідок їх корозії.

Порівняно з водою з насосної станції у пробі води, відібраній у споживача, незначно збільшені загальна твердість та окиснюваність. Це можна пояснити змішуванням води з різних водозаборів, що мають різні загальну твердість та окиснюваність.

До споживачів на вул. *Вітовського, 53* вода надходить з насосної станції «Сокільники» по трубопроводу діаметром 1240 мм на початковій ділянці. Протяжність мережі значно менша порівняно з попередньою точкою відбору проби води – 6761 м, що істотно зменшує ризик забруднення води під час її транспортування. Матеріал трубопроводу – переважно чавун. Термін експлуатації – понад 50 років. Діаметр трубопроводу відгалуження від магістралі, прокладеного по вул. *Зарицьких* – 100 мм. Такий же ді-

Закінчення табл. 12.4

7	8	9	10	11	12	13	14
6,4	3,8	6,83	6,5	5,1	3,8	6,7	6,6
1,53	0,88	1,34	1,04	1,73	1,04	1,28	1,12
22,9	8,0	11,78	12,3	23,5	12,5	12,6	12,0
591,07	–	632,13	–	496,62	–	613,62	–
0,34	0,1	0,22	0,21	0,36	0,28	0,22	0,14
Н.в.	Н.в.	Н.в.	Н.в.	Н.в.	Н.в.	Н.в.	Н.в.
безпеки питної води							
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

метр труби на ввіді в будинок. У 2012 р. виявлено корозію металевої труби, на аварійній ділянці якої встановлено хомут.

Під час транспортування у воді збільшуються такі показники: концентрація нітратів, загального заліза, загальна твердість, лужність.

До споживачів на вул. Драгана, 14 вода надходить з насосної станції «Сокільники» по чавунно-сталевому трубопроводу діаметром 1240 мм на початковій ділянці. Протяжність мережі – 4825 м, термін експлуатації – близько 30 років. Ввід у будинок влаштовано через центральний тепловий пункт (ЦТП) трубопроводом діаметром 300 мм. У 2008 та 2012 р. виявлено корозію сталевого трубопроводу по вул. Драгана 14, пошкоджені ділянки замінено.

Під час транспортування у воді помітно збільшуються такі показники: загальна твердість, лужність, окиснюваність, вміст загального заліза, хлоридів.

До споживачів на вул. Пулюя, 34 вода надходить з насосної станції «Сокільники» по трубопроводу (чавун-поліетилен) діаметром 1240 мм на початковій ділянці. Протяжність мережі – 4796 м, термін експлуатації – близько 30 років. У 2008 р. на ділянці чавунної труби діаметром 150 мм виявлено розгерметизацію стику труб, проведено його зачеканення. В 2010 р. виявлено

корозію металевої труби, на аварійну ділянку якої накладено хомут.

Під час транспортування незначно збільшуються загальна твердість, окиснюваність та рН води.

До споживачів на вул. *Масарика*, 3 вода надходить з насосної станції «Збойськ» по трубопроводу діаметром 600 мм. Протяжність мережі – 6961 м. Трубопровід на цій ділянці новий, термін експлуатації – не більш як 3 роки. Матеріал трубопроводу – чавун, сталь. У 2008 р. проведено ремонт засувки та виявлено корозію металевої труби, в місці руйнування накладено хомут. У 2012 р. знову виявлено корозію металевої труби, накладено хомут.

У пробах води, відібраних у споживача, встановлено перевищення показників якості порівняно з такими на насосній станції за вмістом нітратів.

До споживачів на вул. *Китайська*, 14 вода надходить з насосної станції «Довга» по трубопроводу діаметром 600 мм. Протяжність мережі – 3522 м, термін експлуатації – не більш як 3 роки. Матеріал трубопроводу – чавун, сталь, поліетилен. У 2008 р. внаслідок корозії проведено заміну труби, в 2010, 2012 та 2014 р. виявлено корозію металевих труб, яку ліквідовано за допомогою хомутів.

У пробах води, відібраних у споживача, встановлено незначне збільшення вмісту загального заліза та хлоридів.

До споживачів на вул. *Любінська*, 98 вода надходить з насосної станції «Будзень». Чавунний трубопровід діаметром 900 мм прокладений у 1952 р. Протяжність мережі до споживача – 6179 м. У 2008 р. за допомогою хомута ліквідовано корозію металевої труби. В 2012 р. ліквідовано перелом труби влаштуванням накладки.

У пробах води, відібраних у споживача, виявлено незначне збільшення значення рН.

До споживачів на вул. *Майорівка*, 1 вода надходить з насосної станції «Кривчиці» по поліетиленовому трубопроводу (з вставками сталевих труб) діаметром 500 мм. Протяжність мережі – 6895 м. У 2008 та 2010 р. виявлено корозію металевих труб, яку ліквідовано за допомогою хомутів.

У пробах води, відібраних у споживача, встановлено збільшення вмісту нітратів.

Проаналізовано дані, наведені в табл. 12.3, 12.4. У результаті встановлено, що:

- діаметр труб досліджуваних ділянок водопровідної мережі коливається в межах 100–300 мм;
- термін експлуатації трьох водопровідних ділянок перевищує 50 років, двох ділянок – становить 30 років; основний матеріал труб – чавун і сталь; головна причина аварійних ситуацій – корозія металевих труб;
- термін експлуатації трьох водопровідних ділянок становить 2–3 роки; основний матеріал труб – поліетилен; головна причина аварійних ситуацій – корозія металевих ділянок трубопроводу, ламання чавунних труб;
- збільшення загальної твердості (вул. Кольберга, 6; вул. Вітовського, 53; вул. Драгана, 14; вул. Пулюя, 34) та лужності (вул. Вітовського, 53; вул. Драгана, 14) питної води пов'язано зі змішуванням води з різних водозаборів у межах міста;
- підвищення окиснюваності питної води (вул. Кольберга, 6; вул. Драгана, 14; вул. Пулюя, 53) пояснюється можливими аварійними ситуаціями, внаслідок чого у трубопроводі надходять забруднювальні речовини органічного походження;
- збільшення вмісту загального заліза у воді (вул. Вітовського, 53; вул. Драгана, 14) спостерігається на ділянках водопровідної мережі тривалого терміну експлуатації (30 і понад 50 років) та великої протяжності (4825 та 6761 м);
- збільшення значень показників якості води на досліджуваних ділянках не перевищує гранично допустимих меж, вказаних у [2], а вода відповідає гігієнічним вимогам до води питної, призначеної для споживання людиною.

12.3. Фізіологічна повноцінність питної води з пунктів розливу в м. Львів

Згідно із законом [3], контроль у сфері питної води та питного водопостачання здійснюється з метою визначення відповідності якості питної води державним стандартам.

Контролю підлягає вода, призначена для задоволення питних і господарсько-побутових потреб на всіх стадіях її виробництва та доведення до споживачів, а також об'єкти централізованого питного водопостачання, в тому числі очисні споруди, насосні станції, водопровідні мережі, пункти для розливу питної води (зокрема пересувні), інші об'єкти нецентралізованого питного водопостачання.

Нецентралізоване питне водопостачання – забезпечення індивідуальних споживачів питною водою з джерел питного водопостачання, за допомогою пунктів розливу води (в тому числі пересувних), застосування установок (пристроїв) підготовки питної води та постачання фасованої питної води.

У сфері питної води та питного водопостачання здійснюється державний, виробничий і громадський контроль.

Згідно з вимогами документа [2], пункт розливу питної води – це місце розливу питної води (з автоцистерн, свердловин, каптажів тощо) в тару споживача.

У пунктах розливу питної води має бути інформаційний листок із зазначенням відомостей щодо: її виду (оброблена, необроблена (природна), штучно-мінералізована, штучно-фторована, штучно-йодована, з оптимальним вмістом мінеральних речовин, газована чи негазована тощо); складу («вода питна» та перелік уведених речовин, зокрема консервантів, макро- та мікроелементів); умов зберігання; дати виготовлення; найменування, адреси, телефону виробника, місця її виготовлення; виду вихідної води; місцезнаходження підземного джерела питного водопостачання, номера і глибини свердловини; посилання на нормативний документ, згідно з яким виготовлено питну воду.

Місце реалізації питної води з пунктів розливу має бути: розташоване на території з твердим покриттям, що упорядкована й

благоустроєна, знаходиться на відстані не менш як 50 м від місць забруднення (сміттєзбірники, вбиральні, магістралі з інтенсивним рухом транспорту, автостоянки тощо); облаштовано прилавком, до якого підведено трубопровід з металевим краном для розливу питної води (кран має бути над прилавком на висоті не менш як 0,5 м).

Показники фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води наведено нижче [2].

Показник	Нормативне значення
Загальна твердість, ммоль/дм ³	1,5–7,0
Загальна лужність, ммоль/дм ³	0,5–6,5
Йод, мкг/дм ³	20–30
Калій, мг/дм ³	2–20
Кальцій, мг/дм ³	25–75
Магній, мг/дм ³	10–50
Натрій, мг/дм ³	2–20
Сухий залишок, мг/дм ³	200–500
Фториди, мг/дм ³	0,7–1,2

У м. Львів було відібрано проби води з пунктів розливу питної води та з мережі централізованого водопостачання, в яких визначали: загальну, кальцієву та магнієву твердість, а також загальну лужність за стандартизованими методиками. Це дало змогу у відібраній воді визначити концентрацію катіонів кальцію та магнію, які є головними для людини есенційними елементами. Їх надлишок або нестача в організмі призводить до низки захворювань.

Питна вода з низьким вмістом життєво важливих для організму катіонів кальцію та магнію є істотним екологічним чинником ризику виникнення серцево-судинних патологій та інших Ca-Mg-залежних захворювань.

Максимальна ураженість серцево-судинними захворюваннями спостерігається в разі споживання населенням води в діапазоні від дуже м'якої (0–1,5 ммоль/м³) до води середньої твердості (3,0–4,5 ммоль/м³).

Крім цього, проаналізовано відповідність облаштування пунктів розливу питної води вимогам документа [2].

Результати досліджень наведено в таблиці 12.5. Згідно з цими даними, із 10 пунктів розливу питної води лише 3 улаштовані відповідно до вимог [2].

Аналізом проб води, відібраних із пунктів розливу питної води, встановлено, що жодна з них не відповідає фізіологічній повноцінності за показниками: загальна твердість, загальна лужність, концентрація катіонів кальцію та магнію.

12.4. Дослідження впливу води різної якості на показники крові людини.

Склад крові людини та її основні характеристики

Кров людини складається з рідкої частини плазми, клітин лейкоцитів та постклітинних структур – еритроцитів і тромбоцитів. Вона циркулює системою судин під дією сили ритмічних скорочень серця і безпосередньо з іншими тканинами тіла не контактує через наявність гематопаренхіматозних бар'єрів. У всіх хребетних кров має зазвичай червоний колір (від блідо- до темно-червоного), який визначається гемоглобіном, що міститься в еритроцитах. У деяких моллюсків і членистоногих кров має блакитний колір через вміст у ній гемоціаніну.

Кров складається з плазми крові та формених елементів (клітин), яких у хребетних тварин і людини налічується 3 групи.

Червоні кров'яні тіลця (еритроцити) – найчисленніші з формених елементів. Зрілі еритроцити не містять ядер і мають форму двоввігнутих дисків. Циркують упродовж 120 діб і руйнуються в печінці й селезінці. В еритроцитах міститься складний залізовмісний білок – гемоглобін, який забезпечує головну функцію еритроцитів – транспортування газів, насамперед кисню. Саме гемоглобін надає крові червоного забарвлення. В легенях гемоглобін зв'язує кисень і перетворюється на оксигемоглобін, що має світло-червоний колір. У тканинах кисень вивільнюється, знову утворюється гемоглобін, кров темнішає. Крім кисню гемоглобін у формі карбогемоглобіну переносить із тканин у легені й невелику кількість вуглекислого газу.

Показники якості води, відібраної в пунктах розливу води та в мережі централізованого водопостачання м. Львів

Дата відбору проби води	Місце відбору проби води	Загальна твердість, ммоль/дм ³	Твердість кальцієва, ммоль/дм ³	Твердість магнієва, ммоль/дм ³	Загальна лужність, ммоль/дм ³	Концентрація кальцію, мг/дм ³	Концентрація магнію, мг/дм ³	Відповідність фізіологічній повноцінності питної води	Відповідність вимогам щодо вляштування пунктів розливу питної води
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
07.10.13	вул. Чорновола, 43а – автомат	0	0	0	3,9	0	0	-	-
07.10.13	Водопровідний кран, вул. Карпінського, 6, к. 105	4,20	2,50	1,70	3,4	50,10	20,67	+	
08.10.13	вул. Гетьмана Мазепи, 11а – торговий комплекс «Балатон»	1,40	0	1,40	0,5	0	17,02	-	+
08.10.13	вул. Я. Мудрого – магазин	0	0	0	4,1	0	0	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
15.10.13	вул. Драгана, 4а – торговий комплекс «Санта-Барбара», де- рев'яний кіоск	0,15	0	0,15	3,3	0	1,82	–	+
15.10.13	вул. Драгана, 14	0,45	0,25	0,20	4,2	5,01	2,43	–	–
17.10.13	вул. Роксолани, 57 – автомат	0,08	0	0,08	4,1	0	0,97	–	–
17.10.13	Торговий комплекс «Санта-Барбара» – автоцистерна	0,85	0,15	0,70	3,3	3,01	8,51	–	–
17.10.13	Водопровідний кран, вул. Роксолани, 59	5,70	2,60	3,10	4,0	52,10	37,70	+	
21.10.13	Вода фасована «Срібна», 6 дм ³	1,65	1,05	0,60	2,0	21,04	7,30	+	
26.10.13	вул. Котляревського, 7 – автоцистерна	0,50	0,20	0,30	3,4	4,01	3,65	–	+
27.10.13	вул. Карманського, 19 – автоцистерна	0	0	0	3,8	0	0	–	–
28.10.13	Водопровідний кран, вул. Карпінського, 6, к. 103	4,10	2,25	1,85	3,6	45,09	22,50	+	
05.11.13	вул. Антоненка-Дави- довича, 3 – дерев'я- ний кіоск	0,20	0,05	0,15	3,2	1,00	1,82	–	–

Примітки: «+» – відповідає нормативу; «–» – не відповідає.

Кров'яні пластинки (тромбоцити) – обмежені клітинною мембраною фрагменти цитоплазми гігантських клітин кістково-го мозку мегакаріоцитів. Разом із білками плазми крові (наприклад, фібриногеном) вони забезпечують зсідання крові, що витікає з пошкодженої судини, щоб зупинити кровотечу, і тим самим захищають організм від небезпечної для життя крововтрати.

Білі клітини крові (лейкоцити) є частиною імунної системи організму. Всі вони здатні виходити за межі кров'яного русла в тканини. Головна функція лейкоцитів – захист. Вони беруть участь в імунних реакціях, виділяючи при цьому Т-клітини, які розпізнають віруси, різноманітні шкідливі речовини, та В-клітини, що виробляють антитіла, макрофаги, які знищують ці речовини. В нормі лейкоцитів у крові набагато менше, ніж інших формених елементів.

Еритроцити в кров'яному руслі є носіями групових властивостей. Формені елементи зазвичай становлять 40–45 % об'єму крові, плазма – 55–60 %. Відносна сталість кількості формених елементів крові регулюється нейрогуморальними механізмами. До складу крові входять білки, вуглеводи, ліпіди, мінеральні речовини, вода.

Хімічний склад, реакція середовища (рН) та інші хіміко-фізичні параметри крові відносно сталі. Це забезпечують механізми гомеостазу. Кількість крові у безхребетних тварин відносно маси тіла змінюється від 20 до 60, у хребетних – від 1,7 до 10, у людини – близько 7 %. За різних патологічних станів організму показники крові можуть змінюватись, їх дослідження має велике діагностичне значення. Вивченням крові займається наука гематологія.

Кров належить до швидкооновлюваних тканин. Фізіологічна регенерація формених елементів крові відбувається внаслідок руйнування старих клітин та утворення нових органами кровотворення. Головним із них у людини та інших ссавців є кістковий мозок. У людини червоний, або кровотворний, кістковий мозок знаходиться в основному в тазових і довгих трубчастих кістках. Основним фільтром крові є селезінка (червона пульпа), що здійснює в тому числі й імунологічний її контроль (біла пульпа).

Стан крові людини залежно від реакції середовища (рН)

Здоров'я людини великою мірою залежить від кислотно-лужного балансу організму. Кожен орган людини створений так, щоб підтримувати його рівновагу. Внаслідок хвороб і нераціонального харчування людський організм дедалі більше відходить від необхідного рівня кислотно-лужного балансу.

Значення рН крові людини в нормі змінюється в дуже вузькому діапазоні [5]. Значення рН організму людини в різних точках може бути різним, у середньому становить 7,4. Саме за такого значення рН обмінні процеси максимально активні, а рівень енергії найвищий. Саме в цьому стані імунна система знаходяться на піку свого підйому. Як тільки кислотно-лужний баланс людського організму зміщується в бік закиснення – починаються хвороби. Ця інформація відома людині протягом 2000 років. У 1930-х роках Отто Варбург зробив відкриття, за яке був удостоєний Нобелівської премії. Він довів, що ракові клітини не відтворюються і не розмножуються в лужному середовищі, насиченому киснем. Як з'ясувалося згодом, це стосується абсолютно всіх хвороб, а не тільки раку. Взагалі причиною хвороб є закиснення організму, що відбувається за участю бактерій, вірусів, грибків, дріжджових інфекцій тощо. Нині відомо, що процеси закиснення пов'язані з процесом старіння та зі старечими захворюваннями, наприклад, остеопорозом, хворобою Альцгеймера. Всі ці хвороби провокуються закисненням організму людини та погіршенням його стану. Аби вдалося повернути людський організм до нормального рівня рН та утримувати кислотно-лужний баланс на цьому рівні, то настало б зцілення. Проте найбільша проблема – утримати кислотно-лужну рівновагу тканин на нормальному рівні рН, оскільки при цьому всі дії людини призводять до вироблення кислоти. Тканини організму людини мають лужну реакцію, але сам організм виробляє кислоту.

Фото 12.4–12.6 ілюструють стан крові людини за різних значень її рН.

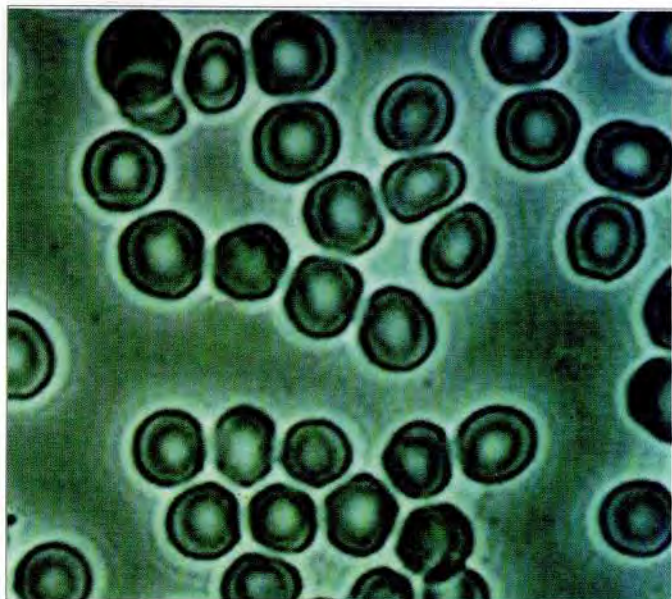


Фото 12.4. Мікрофото фрагмента зразка крові, що знаходиться в ідеальному стані [5]

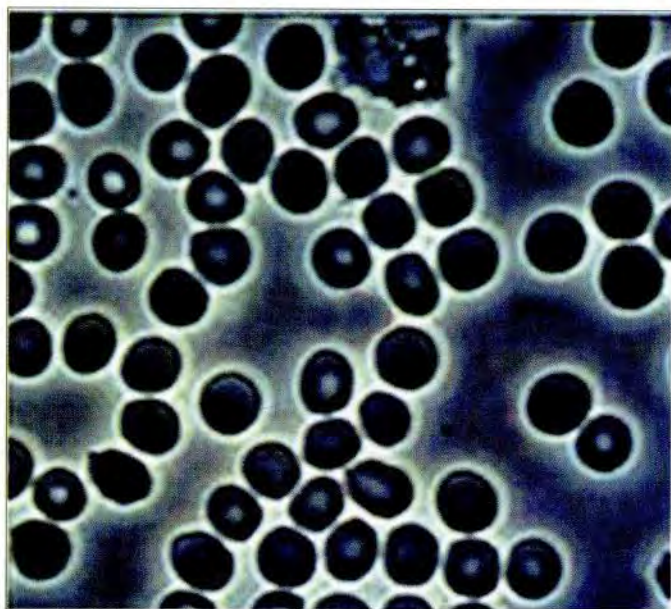


Фото. 12.5. Мікрофото фрагмента зразка крові, що має лужну реакцію [5]

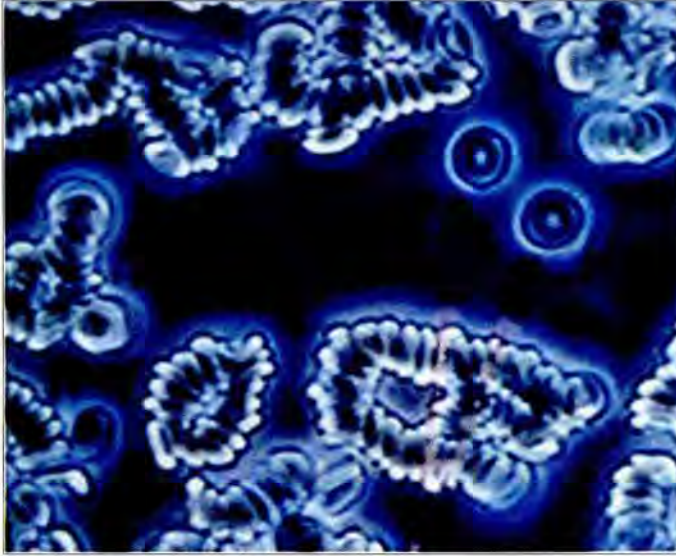


Фото. 12.6. Мікροфото фрагмента зразка закисненої крові з двома новими еритроцитами [5]

Ідеальним є стан крові людини, коли вона має лужну реакцію (рис. 12.4). Головне завдання еритроцитів – донести кисень до всіх інших клітин організму людини. Чим молодший еритроцит, тим більше в ньому гемоглобіну і більше можливостей вбирати в себе кисень. Переважно функціонують саме молоді еритроцити, вони віддають дуже велику кількість кисню клітинам. Нормальне забезпечення киснем усіх клітин – це нормальний стан імунної системи та усіх інших функцій організму. Отже, між поняттями насиченості тканин киснем та лужною реакцією крові можна поставити знак «дорівнює». Це означає – добре здоров'я. Саме в такому стані має бути кров у людини щоранку. Проте, на жаль, її реакція змінюється протягом життя людини. В процесі життєдіяльності організм постійно виробляє різні види кислот: молочну, виноградну, лимонну тощо. Більше, ніж усі види діяльності людини зміщує рН у бік кислої реакції стрес або напруження. Щоденно людина додає ті або інші кислоти в плазму своєї крові, яка оточує формені елементи. У звичайному стані мембрана еритроцита заряджена негативно. Якщо кислотність плазми збільшується-

ся, то змінюється й полярність еритроцитів: частина мембрани залишається зарядженою негативно, а інша її частина – набуває позитивного заряду. Цю зміну називають Z-фактором. Чим темніша внутрішня частина еритроцита, тим він молодший. Еритроцити, в яких з'являється світла пляма всередині та кільцеподібна облямівка, є зрілими.

Іноді центра еритроцитів чітко навіть не видно. Змінюється їх форма. Деякі можуть бути круглими, інші – овальними. Еритроцити видовженої або овальної форми є навіть надмірно лужними. Жодної шкоди від цього немає, проте в цьому разі важливо звернути увагу на лейкоцити. Лейкоцит у нормальному робочому стані має бути в 2–3 рази більшим за еритроцит. Дуже часто всередині лейкоцита видно гранули, що постійно рухаються. Коли середовище закиснюється, кислота проникає всередину лейкоцитів і ці гранули втрачають рухливість. У тромбоцитів не повинно бути відростків, оскільки їх наявність може свідчити про певну патологію. Щоб визначити стан організму людини, треба оцінити стан плазми її крові. В організмі людей віком до 18 років зберігається природний резерв мінералів, тому їх кров має виявляти чітко лужну реакцію (див. рис. 12.4, 12.5).

З віком середовище організму людини стає кислішим, у крові з'являються «монетні стовпчики» (див. рис. 12.6). На фото видно два окремі еритроцити, які щойно з'явилися. На них ще не встигла вплинути підвищена кислотність навколишнього середовища так, як уже вплинула на всі інші еритроцити. Рівень кислотності крові можна попередньо оцінити саме за наявністю і станом (зокрема довжиною) монетних стовпчиків. Кров людини завжди лужна. Якщо її рН зменшується до 7,3 (мінімальне значення рН), у крові з'являється велика кількість монетних стовпчиків. Головна проблема полягає в тому, що коли вони з'являються, то різко зменшується здатність еритроцитів переносити кисень, бо в еритроцитів, які є частиною монетних стовпчиків, у разі зменшується площа поверхні і вони здатні переносити лише 20 % тієї кількості кисню, яку переносять окремі здорові еритроцити, що мають велику поверхню. Головна функція еритроцитів – постачання киснем інших клітин організму, тому скорочення на

80 % їх можливостей, безумовно, вплине на всі обмінні процеси в організмі людини. Еритроцити живуть 120 діб, тобто приблизно щохвилини в організмі людини виробляється $2 \cdot 10^9$ еритроцитів. На жаль, частина з них так і не досягне ідеального стану.

Значення води для здоров'я людини

Вода відіграє дуже важливу роль у житті людини та нормальному функціонуванні її органів. На Землі не існує жодного живого організму, в якому немає води, навіть найпростішого! Відомо, що рослини на 80–99 % складаються з води, тварини – на 60–75, а одномісячний ембріон людини – аж на 97 %. У новонародженого немовляти на воду припадає 75–80 % загальної маси його тіла. У дорослої людини відсоткове співвідношення маси води і загальної маси тіла – близько 65 %, у людей похилого віку – 55–60 %. Отож можна зробити висновок, що старість – це не що інше, як висихання організму. Печінка дорослої людини щоденно прокачує крізь себе близько 200 л рідини.

Протягом життя людина в середньому випиває і, відповідно, виділяє близько 75 т води. У рідкому середовищі відбуваються процеси травлення і засвоєння організмом поживних речовин. Завдяки воді з організму виводяться шкідливі продукти обміну – сеча, піт. Як стверджують фахівці, без їжі людина може прожити два місяці, а без води не проживе й п'яти днів. За втрати 2 % води людина відчуває спрагу, при втраті 6–8% – може знепритомніти, за 10 % – з'являються галюцинації, людина неспроможна ковтати. Втрата 10–20 % води небезпечна для життя людини.

Отже, вода – найважливіша на нашій планеті рідина. У ній зароджується життя. Без неї неможливе існування рослин і тварин. Життя є лише там, де є вода, і навпаки, де знаходиться вода, там існує життя. За словами академіка В.І. Вернадського, «Вода без життя в біосфері невідома».

Тому не можна оминати тему значення води для здоров'я людини. Передусім зазначимо, що вода – це те, що ми п'ємо. За висновкам Всесвітньої організації охорони здоров'я, понад 80 % відомих на сьогодні хвороб пов'язано з незадовільною якістю питної води.

Водночас вода, яку ми п'ємо, може стати найліпшими і найефективнішими ліками або навпаки. Нижче наведено приклади впливу води різної якості на стан здоров'я людини.

Дистильована вода – очищена вода, практично не містить домішок (окрім летких) та побічних іонів. Її отримують перегонкою в спеціальних апаратах – дистиляторах.

Оскільки вона дуже чиста, за відсутності побічних включень дистильовану воду можна перегріти вище від точки кипіння або переохолодити нижче від точки замерзання без фазового переходу. Фазовий перехід інтенсивно відбувається в разі внесення механічних домішок або струшування.

Дистильовану воду використовують для коригування густини електролітів, безпечної експлуатації акумуляторів, промивання системи охолодження, розбавляння концентратів охолоджуючих рідин, для інших побутових потреб. Проте споживати її як питну не рекомендовано. Вона вкрай небезпечна для організму людини через ризик виникнення хвороб, пов'язаних із загущенням крові.

Мінеральна природна лікувально-столова вода «Поляна Квасова» унікальна за хімічним складом, належить до натрієвих гідрокарбонатних борних вод, підтип – боржомський. Рівень мінералізації – 6,5–12,0 г/дм³. Вона характеризується також природним вмістом лікувального вуглекислого газу. Нині цю воду розливають у тару безпосередньо на місці видобутку, саме тому вона зберігає весь свій спектр мінеральних цілющих елементів для споживачів. До її складу входять калій, кальцій, магній, натрій і борна кислота, яка є природним антибіотиком, тому мінеральна вода «Поляна Квасова» абсолютно незамінна за різних інтоксикацій.

Вода характеризується жовчогінною та сечогінною дією – «промиває» печінку, нирки, звільняє організм від токсинів, важких металів, радіонуклідів, сприяє відновленню порушених функцій органів і систем. Усі ці чинники дуже важливі для підтримання здорового стану шкіри, тому мінеральні води широко й успішно використовують у косметології.

Цю мінеральну воду застосовують для лікування гастритів, гастродуоденітів, виразкової хвороби шлунка й дванадцятипалої

кишки. Вона показана для 75–80 % усіх гастроентерологічних хворих, які потребують санаторного лікування.

Крім цього, воду «Поляна Квасова» застосовують для лікування захворювань гепатобіліарної системи (гепатити, холецистити тощо), підшлункової залози (панкреатит), сечовидільної системи (оксалурія, уратурія), хвороб обміну речовин (цукровий діабет, подагра).

У бальнеотерапії (у вигляді мінеральних ванн) цю мінеральну воду призначають для лікування захворювань серцево-судинної системи, центральної та вегетативної нервової систем. У вигляді кишкових процедур – для лікування захворювань кишечника. У вигляді інгаляцій – для лікування захворювань верхніх дихальних шляхів.

За своєю лікувальною дією ця мінеральна вода наближається до вод «Боржомі», «Єсентуки», «Нарзан», «Нафтуса» разом узятих!

Методика проведення експериментів

Попередніми дослідженнями, результати яких викладено вище, виявлено, що в мережу централізованого водопостачання м. Львів надходить вода, яка відповідає показникам питної води [2]. Проте мешканці міста для питних потреб використовують воду не лише з міського водопроводу, а й із пунктів розливу та фасовану, зокрема мінеральну. Зазначені типи води характеризуються різними значеннями загальної твердості, а отже, різним вмістом катіонів кальцію та магнію, які є вкрай важливими для організму людини. У зв'язку з цим досліджували стан крові людей, які споживали питну воду різної твердості.

Дослідження проводили на кафедрі гідравліки і сантехніки НУ «Львівська політехніка» в рамках магістерської кваліфікаційної роботи.

Методика проведення дослідження полягала в такому: експериментатор (за участю С.О. Майорова) випивав 1 дм³ води певної якості за 40 хв до того, як у нього брали краплю крові та визначали її стан за допомогою сканування з використанням цифрового фазово-контрастного мікроскопа марки Gemoscan Mini (100х,

імерсійний). Визначений показник порівнювали з еталонним станом крові. Сканування проводили в оздоровчо-реабілітаційному центрі біологічної медицини «Сідус», м. Львів (ліцензія МОЗ України серія АГ № 600865 з 04.07.2012 р.).

Нижче наведено перелік серій виконаних досліджень.

Першу серію досліджень (еталонний стан крові) проводили натще за звичного споживання їжі та води.

Другу серію – після споживання дистильованої води загальною твердістю 0 мг-екв/дм³.

Третю серію – після споживання води, відібраної з водопровідного крана к. 103 ІІ навчального корпусу НУ «Львівська політехніка» (м. Львів, вул. Карпінського, 6). Хімічний склад водопровідної води: твердість загальна – 3,8, твердість кальцієва – 3,15, твердість магнієва – 0,65, лужність загальна – 4,3 мг-екв/дм³, концентрація катіонів кальцію (Ca²⁺) – 63,13, концентрація катіонів магнію (Mg²⁺) – 7,90 мг/дм³, загальна мінералізація – близько 207 мг/дм³.

Четверту серію – після споживання талої води. Зразок води готували так: відбирали 1 дм³ води з джерела, що знаходилось за адресою м. Винники, вул. Львівська, 7. Відібрану воду кип'ятили й після охолодження фільтрували крізь побутовий фільтр типу глечик марки «Барьер». Після цього воду заморозували і розморозували. Під час розморозування перші порції води об'ємом 100 см³ відкидали, решту залучали в експеримент.

П'яту серію – після споживання мінеральної природної натрієвої гідрокарбонатної борної лікувально-столової води «Поляна Квасова», хімічний склад якої наведено нижче.

Показник	Концентрація
Натрій + калій (Na ⁺ + K ⁺)	1500–3000 мг/дм ³
Кальцій (Ca ²⁺)	70–150 мг/дм ³
Магній (Mg ²⁺)	< 50 мг/дм ³
Хлориди (Cl ⁻)	300–600 мг/дм ³
Сульфати (SO ₄ ²⁻)	< 25 мг/дм ³
Гідрокарбонати (HCO ₃ ⁻)	4500–8000 мг/дм ³
Специфічні компоненти (H ₃ BO ₃)	100–250 мг/дм ³
Загальна мінералізація	6,5–12,0 г/дм ³

Результати дослідження

Перша серія досліджень (еталонний стан крові). Результати першої серії досліджень наведено на фото 12.7.

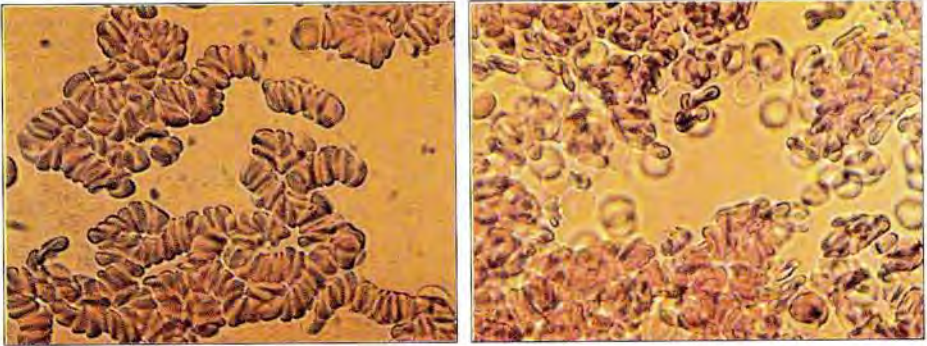


Фото 12.7. Мікрофото фрагментів зразка крові, взятої за еталон

Висновок. Еритроцити та лейкоцити згущенні й щільно прилягають один до одного. У крові виявлено нормальну кількість плазми та недостатні кількості кисню і рідини.

Друга серія досліджень (дистильована вода). Результати другої серії досліджень наведено на фото 12.8.

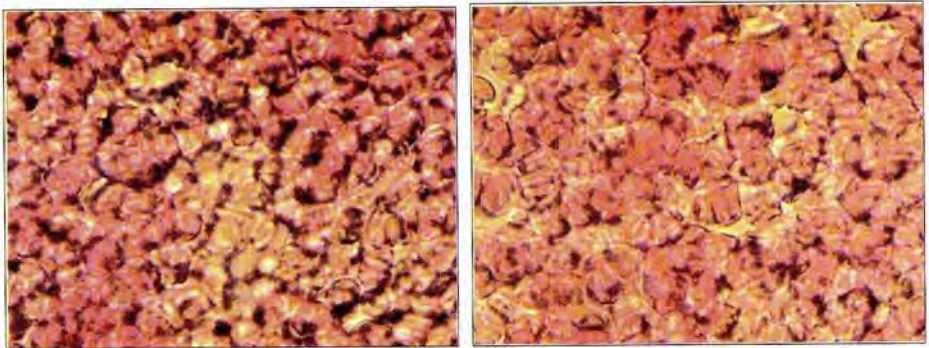


Фото 12.8. Мікрофото фрагментів зразка крові експериментатора після споживання ним дистильованої води

Висновок. Усі еритроцити та лейкоцити в крові експериментатора зчеплені між собою – відбулася їх агрегація. Плазми крові не виявлено. Констатується загущення крові.

Третя серія досліджень (вода з міського водопроводу). Результати третьої серії досліджень наведено на фото 12.9.

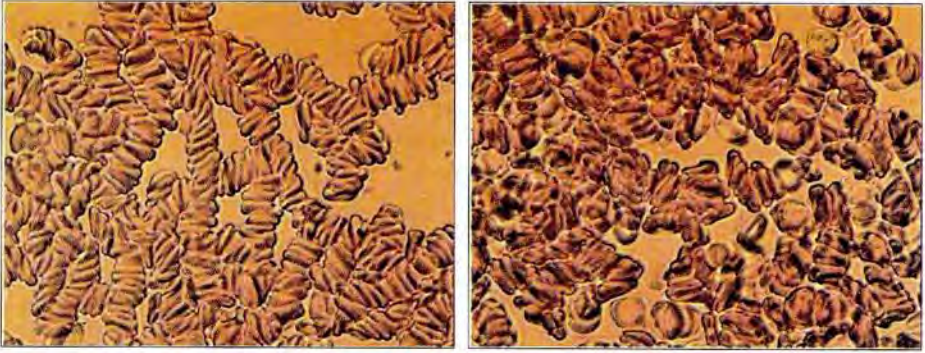


Фото 12.9. Мікрофото фрагментів зразка крові експериментатора після споживання ним води з міського водопроводу

Висновок. Показники крові після споживання експериментатором водопровідної води майже не відрізнялись від показників первинного її аналізу (перша серія досліджень). Зафіксовано дещо більше згущення еритроцитів і лейкоцитів.

Четверта серія досліджень (тала вода). Результати четвертої серії досліджень наведено на фото 12.10.

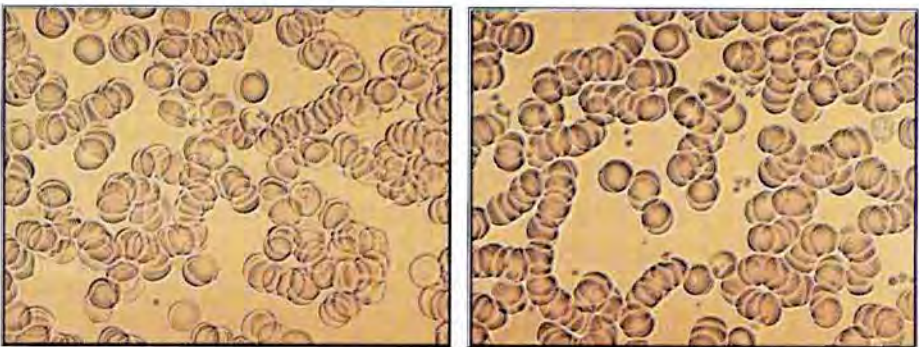


Фото 12.10. Мікрофото фрагментів зразка крові експериментатора після споживання ним талої води

Висновок. У крові експериментатора еритроцити незначною мірою агрегувались у монетні стовпчики.

П'ята серія досліджень (мінеральна вода «Поляна Квасова»). Результати п'ятої серії досліджень наведено на фото 12.11.

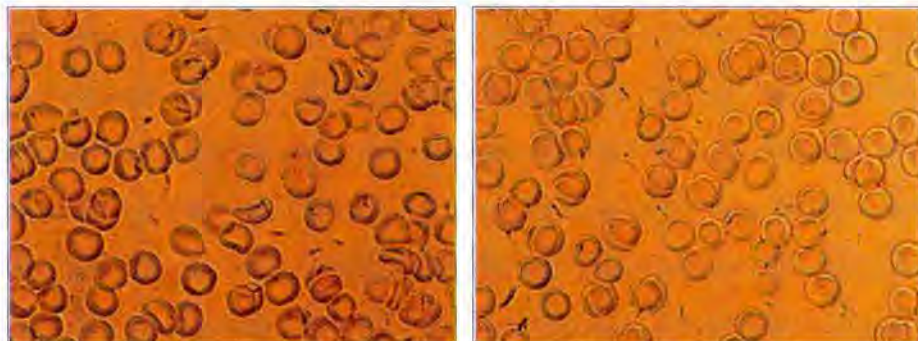


Фото 12.11. Мікрофото фрагментів зразка крові експериментатора після споживання ним мінеральної води «Поляна Квасова»

Висновок. Кров експериментатора збагатилась киснем, усі еритроцити і лейкоцити набули природної форми, відокремились і почали нормально функціонувати. Отже, можна констатувати дуже позитивний вплив мінеральної води «Поляна Квасова» на стан крові людини.

Отже, проаналізувавши результати дослідження крові людини, можна зробити такі висновки:

- у разі споживання людиною дистильованої води її кров загущується, що різко негативно впливає на стан здоров'я людини;
- за споживання людиною води з міського водопроводу стан її крові істотно не змінюється, лише незначно згущуються еритроцити і лейкоцити;
- стан крові людини близький до ідеального за споживання нею мінеральної природної лікувально-столової води «Поляна Квасова».

Висновки до розділу 12

Якість води, що подається в мережу централізованого водопостачання м. Львів, у контрольних точках (на межі міста) та вузлах насосних станцій відповідає гігієнічним вимогам до води питної, призначеної для споживання людиною [2]. Воду з вищою загальною твердістю ($8,2\text{--}8,5$ ммоль/дм³) у місто подає східна група водозаборів (Вільшаниця, Ремезівці, Пулгів).

Показники якості води на досліджуваних ділянках водопровідної мережі в межах м. Львів не перевищують гранично допустимих меж, вода відповідає гігієнічним вимогам, що ставляться до питної води [2].

Збільшення загальної твердості води з $3,8$ до $4,0\text{--}7,55$ ммоль/дм³ зафіксовано на ділянках міської мережі водопостачання за адресами: вул. Кольберга, 6; вул. Вітовського, 53; вул. Драгана, 14; вул. Пулюя, 34.

Лужність води зростала з $3,9$ до $4,7\text{--}6,2$ ммоль/дм³ на ділянках міської мережі водопостачання за адресами: вул. Вітовського, 53; вул. Драгана, 14.

Підвищення загальної твердості та лужності питної води в розподільній водопровідній мережі міста пояснюється змішуванням води з різних водозаборів у межах міста.

Окиснюваність питної води зростала з $0,87$ до $0,96\text{--}1,76$ мг О₂/дм³ на ділянках міської мережі водопостачання за адресами: вул. Кольберга, 6; вул. Драгана, 14; вул. Пулюя, 53. Це пояснюється можливими аварійними ситуаціями з потраплянням у трубопровід забруднювальних речовин органічного походження. Головною причиною аварійних ситуацій, що виникають у міському водопроводі, є корозія металевих труб.

Вміст загального заліза підвищувався від $< 0,1$ до $0,16\text{--}0,19$ мг/дм³ у воді міського водопроводу на ділянках мережі за адресами: вул. Драгана, 14; вул. Вітовського, 53. Особливістю цих ділянок є тривалий термін експлуатації (відповідно 30 і понад 50 років) та велика протяжність (4825 і 6761 м).

На території м. Львів можна придбати питну воду, що постачається з пунктів розливу. Аналіз проб води, відібраних у

10 пунктах розливу питної води (стаціонарних і пересувних), свідчить, що жодна з них не відповідає фізіологічній повноцінності за загальною твердістю (0–1,4 за нормативного значення 1,5–7,0 ммоль/дм³), а отже, й за концентрацією катіонів кальцію (0–5,01 мг/дм³) та магнію (0–17,02 мг/дм³) за нормативних значень відповідно 25–75 та 10–50 мг/дм³. Споживання такої води може призвести до Са-Mg-залежних захворювань людини.

Мешканці м. Львів для питних потреб використовують воду не лише з міського водопроводу, а й із пунктів розливу та фасовану, зокрема мінеральну. Ці типи води мають різну загальну твердість, а отже, різний вміст катіонів кальцію та магнію, вкрай важливих для організму людини. Згідно з результатами досліджень, за споживання людиною питної води з міського водопроводу (загальна твердість 3,8 мг-екв/дм³, концентрація катіонів кальцію та магнію відповідно 63,13 мг/дм³ та 7,90 мг/дм³) стан крові істотно не змінюється. Дистильована вода вкрай негативно впливає на якісні показники крові людини – відбувається агрегація еритроцитів і лейкоцитів, а отже, загущення крові. Стан крові, близький до ідеального, зафіксовано за споживання людиною мінеральної природної лікувально-столової води «Поляна Квасова», в якій з усіх досліджених зразків води найбільший вміст катіонів кальцію (70–150 мг/дм³) та магнію (до 50 мг/дм³).

Список літератури до розділу 12

1. Грицик Х.М., Мацієвська О.О. Якість питної води, що надходить у мережу централізованого водопостачання м. Львів // ІV Всеукр. наук.-практ. конф. «Вода в харчовій промисловості»: 36. матеріалів. – Одеса (28–29 березня 2013, Одеська національна академія харчових технологій). – 2013. – С. 17–19.
2. ДСанПіН 2.2.4-171–10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. Затверджено наказом Міністерства охорони здоров'я України № 400 від 12 травня 2010 р.
3. Закон України «Про питну воду та питне водопостачання», 2002.

4. *Медико-геоекологічний* аналіз стану довкілля як інструмент оцінки та контролю здоров'я населення / За ред. Є.М. Нейка, Г.І. Рудька, Н.І. Смоляр. – Івано-Франківськ: Екор, 2001. – 350 с.
5. http://coral-wel.com/index.php?route=news/article&news_id=19320.

РОЗДІЛ 13

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ЯКОСТІ ПОВІТРЯНОГО БАСЕЙНУ ТА ПОКАЗНИКІВ ПИТНОЇ ВОДИ М. ЛЬВІВ ЗІ СТАНОМ ТВЕРДИХ ТКАНИН ЗУБІВ У ДІТЕЙ

(Н.І. Смоляр, Н.Л. Чухрай, У.Б. Лотоцька-Дудик, С.Д. Чавс)

В останні десятиліття забруднення навколишнього середовища через урбанізацію набуло катастрофічного характеру майже в усіх країнах світу. За матеріалами Глобальної доповіді 2011 р. у рамках Програми ООН по населених пунктах, міста займають лише 2 % території планети, а проживає в них 51 % населення.

Урбанізація призвела до формування зон активної взаємодії територіальних спільнот людей з навколишнім природним середовищем. Результатом цього стали забруднення та деструктуризація компонентів природного середовища, насамперед через виробничу і комунально-побутову діяльність населення, погіршення природних умов життя людей, що негативно впливає на їх здоров'я.

Оскільки міста стали багатокомпонентними системами життя сучасного індивідууму, виникла необхідність дослідження і прогнозування їхнього впливу на людину, довкілля, біосферні процеси в цілому. Цим проблемам присвячені дослідження багатьох відомих учених [1–3].

В Україні вплив забруднення навколишнього середовища на стан здоров'я населення традиційно вивчають на прикладі великих промислових центрів, розташованих переважно в Донецько-Придніпровському регіоні з його складною екологічною ситуацією. Водночас дослідження взаємозв'язку стану здоров'я населення з довкіллям відносно екологічно благополучних регіонів дещо обмежені. Саме до таких регіонів належить Львівщина, де рівень захворюваності населення за багатьма нозологіями відповідає або перевищує середньодержавні показники.

Екологічна ситуація у Львові залишається напруженою, через низку чинників. Зокрема, обласний центр характеризується високою щільністю селітебної та промислової зон, які не завжди відповідають вимогам містобудівного зонування [4]. Сповільнення темпів модернізації виробництва, стан водозабезпечення, недосконалість систем поводження з побутовими й промисловими відходами, висока щільність транспортних потоків чинять додатковий екологічний пресинг [5].

Важливим компонентом урболандшафтів є атмосфера. Місто Львів фігурує у списку 22 міст України, де зафіксовано перевищення середньорічних концентрацій пилю (1,2–1,3 ГДК), діоксиду азоту (1,25–1,50 ГДК), фториду водню (1,3 ГДК). Основними джерелами забруднення атмосферного повітря є промислові підприємства та автомагістралі з інтенсивним рухом транспорту [6, 7].

Викиди зі стаціонарних джерел забруднення сьогодні пов'язані з великими промисловими підприємствами, які налічують 5139 організованих джерел. Маса викидів зі стаціонарних джерел забруднення атмосферного повітря в Шевченківському районі становить 24,0 % загальних викидів зі стаціонарних джерел, у Залізничному – 21,5, Галицькому – 16,3, Личаківському – 16,6, Франківському – 16,2, Сихівському – 6,4 % [8].

Рівень розвитку промисловості м. Львів характеризують такі дані:

- великий відсоток підприємств переробної промисловості (ЗУАТ «Львіввторкольтормет», ВАТ «Вторкольтормет», НВП «Енергокомплект», ПП «Вторсервіс», СП «Енергоресурси», ПП «Європет», ТЗОВ «ІнтерПет», ПП «Львівпласт», ТЗОВ «МІГ», ДП «Аргентум», ТЗОВ «Аура» та ін.);
- широко розвинена галузь деревообробної промисловості (ВАТ «Півколо», ПП «Півколослuch», ПП «Півколо будматеріали», ФОП Швед, ПП «Будрем», ТЗОВ «Будсервіс», ФОП Мартинюк та ін.);
- велика мережа автозаправних станцій і СТО;
- численна кількість підприємств друкарської промисловості (НВФ «Ладекс», ТЗОВ «Лавіс», ПрАТ «ЛКФ «Ат-

лас», обласна книжкова друкарня, ТзОВ «ІнтерТрейд» та ін.);

- значна кількість будівельних підприємств (ЛЗЗБВ № 2, ЛМЗЗ, ЗАТ «Електро», ЛЕМЗ, ДБК № 2, ВАТ «Еко-Дім», ТзОВ «Будекстра»);
- багато підприємств швейної промисловості (ПП «Ріміт», МП «Світ сну», СУШАТ «Весна», ВАТ «Юність», фабрика «Шанс», ПП «ІнтерСервіс»);
- доволі розвинена мережа підприємств взуттєвої промисловості (ПП «Світ взуття», ПП «Високий замок», «Лідер», ПП «СтепТер»).

Найпоширенішими шкідливими речовинами, які підлягають контролю на межі санітарно-захисних зон (СЗЗ) підприємств м. Львів є: азоту діоксид, вуглецю оксид, сірчистий ангідрид, формальдегід, фенол, кислоти сірчана, соляна, оцтова, манган, пил органічний, аміак. Більшість великих підприємств за останні роки скоротили обсяги виробництва, тому відповідно знизився сумарний викид в атмосферу шкідливих речовин.

Важливим чинником формування екологічної ситуації в місті є автомобільний транспорт, який викидає 50–60 % загальної кількості шкідливих речовин у довкілля. Відпрацьовані гази автотранспорту містять такі шкідливі інгредієнти: оксиди вуглецю, азоту, вуглеводні, сажу, альдегіди, сірчистий газ, бензапірен, свинець та ін. Особливо небезпечною для здоров'я людей є наявність в атмосфері не однієї, а багатьох забруднювальних речовин, яким притаманні комбінована дія та посилення токсичного ефекту.

Негативні зміни довкілля супроводжуються зростанням захворюваності населення України, що ставить перед науковцями нові завдання детального дослідження впливу несприятливих чинників на різні органи людського організму. Особливо цікаво вчасно виявити зміни стану твердих тканин зубів людини під впливом несприятливих екологічних чинників, оскільки виражені зміни органів і тканин порожнини рота, зокрема твердих тканин зуба, можуть бути передвісниками серйозної патології [9].

Обстежено 1301 дитину 5–16-річного віку м. Львів. Для оцінювання якості навколишнього середовища проведено моніторинг об'єктів довкілля у визначених контрольних точках. Матеріалами досліджень були результати оцінювання якості питної води централізованого водопостачання у розподільній мережі та атмосферного повітря за період 2009–2012 рр. Дослідження проводили санітарно-гігієнічні лабораторії Личаківської, Шевченківської районних санітарно-епідеміологічних станцій (СЕС) м. Львів та міської СЕС в обраних контрольних точках. Моніторинг якості питної води передбачав дослідження за коротким хімічним аналізом згідно з вимогами ДержСанПіН 2.2.4-171–10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною», а саме органолептичних, фізико-хімічних (хлориди, сульфати, загальна твердість, водневий показник, залізо загальне) та санітарно-токсикологічних (група азоту, фтор) показників. Такий контроль щорічно охоплює всі навчальні заклади м. Львів.

Відбір проб атмосферного повітря та дослідження вмісту забруднювальних речовин проведено згідно з ГОСТ 17.2.3.01–86 «Атмосфера. Відбір проб», РД 52.04.186–89 на відповідність «ГДК в атмосферному повітрі» № 3086–84 від 27.08.84 р., з додатками: № 3865–85, № 4256–87, № 5158–89, ОБУВ № 4414-87 від 20.07.87 р.

Коефіцієнт комбінованої дії (Ккд) речовин, що мають ефект сумачії, розраховано для сірчистого ангідриду та діоксиду азоту згідно з ДСП 201–97 «Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами)» за формулою

$$K_{\text{кд}} = C_1/\text{ГДК}_1 + C_2/\text{ГДК}_2 + C_n/\text{ГДК}_n \leq 1,$$

де C_1 , C_2 , C_n – фактичні концентрації досліджуваних речовин; ГДК_1 , ГДК_2 , ГДК_n – відповідні (гранично допустимі і нормативні) концентрації цих речовин.

Дані лабораторного контролю в обраних контрольних точках порівнювали між собою.

За контрольні точки для дослідження якості питної води та забруднення атмосферного повітря були обрані: середня школа № 7 (вул. Б. Хмельницького, 132) – північна точка; гімназія «Си-

хівська» № 1 (вул. Гната Хоткевича, 48) – південна точка; середня школа № 91 (вул. Варшавська, 54) – західна точка; середня школа № 21 (вул. Кониського, 8) – центральна частина міста.

За отриманими й проаналізованими даними виявлено певні тенденції. Встановлено, що поширеність карієсу молочних зубів дітей у середньому по місту становить $71,19 \pm 1,55$ %. Проте поширеність цієї патології серед дітей залежно від району їх проживання дещо відрізняється (табл.13.1). Найбільший відсоток дітей, хворих на карієс молочних зубів, зареєстровано в районі Б. Хмельницького та центральній частині м. Львів, які найбільш забруднені – відповідно $80,89 \pm 2,62$ та $71,72 \pm 3,20$ %. У дітей Сихова та з вул. Варшавська цей показник був значно меншим і становив відповідно $67,68 \pm 3,32$ та $63,98 \pm 3,12$ %.

Таблиця 13.1

Поширеність карієсу молочних зубів у обстежених дітей м. Львів залежно від району їх проживання

Вік дитини, роки	Поширеність карієсу в обраній точці, %			
	Центр № 21	Б. Хмельницького № 7	Сихів № 1	Варшавська № 91
5	$84,38 \pm 6,42$	100	$82,14 \pm 7,24$	$76,74 \pm 6,44$
6	$86,21 \pm 6,40$	100	$79,17 \pm 8,29$	$86,11 \pm 5,76$
7	$96,00 \pm 3,92$	100	100	$68,42 \pm 10,66$
8	$85,71 \pm 7,64$	$90,00 \pm 4,74$	$92,00 \pm 5,43$	$93,10 \pm 4,71$
9	$85,71 \pm 7,64$	$89,74 \pm 4,86$	$80,00 \pm 10,00$	$69,57 \pm 9,59$
10	$87,50 \pm 7,19$	$70,83 \pm 9,28$	$65,63 \pm 8,40$	$67,86 \pm 8,83$
11	$36,00 \pm 9,60$	$57,14 \pm 10,80$	$31,82 \pm 9,93$	$33,33 \pm 9,07$
12	–	$19,23 \pm 7,73$	$15,38 \pm 7,08$	$9,68 \pm 5,31$
Загалом	$71,72 \pm 3,20$	$80,89 \pm 2,62$	$67,68 \pm 3,32$	$63,98 \pm 3,12$

Аналіз цього показника залежно від віку дітей показав, що в усіх вікових групах поширеність карієсу молочних зубів вища у дітей, які мешкають у центрі міста та в районі Б. Хмельницького, крім 8-річних дітей, найбільша ураженість молочних зубів яких була виявлена в екологічно чистіших районах міста. Слід зазначити, що серед дітей віком 5–7 років району Б. Хмельницького не виявлено жодної дитини з інтактними молочними зубами.

Разом з тим особливості інтенсивності карієсу молочних зубів дітей були подібними. В обстежених дітей інтенсивність карієсу молочних зубів (КП) у середньому становила $3,40 \pm 0,27$ зуба, а залежно від району їх проживання (табл. 13.2) найвищий середній показник зафіксовано у дітей, які мешкали в центрі міста та у районі Б. Хмельницького (відповідно $3,53 \pm 0,49$ та $3,54 \pm 0,50$ зуба), найнижчий – у дітей, які проживають у районі вул. Варшавська – $3,24 \pm 0,48$ зуба.

Таблиця 13.2

Інтенсивність карієсу молочних зубів (КП) в обстежених дітей м. Львів залежно від району їх проживання

Вік дитини, роки	Інтенсивність карієсу в обраній точці, %			
	Центр	Б. Хмельницького	Сихів	Варшавська
5	$4,72 \pm 0,75$	$6,19 \pm 0,61$	$4,64 \pm 0,68$	$4,44 \pm 0,62$
6	$5,10 \pm 0,67$	$6,44 \pm 0,98$	$5,08 \pm 0,88$	$5,75 \pm 0,68$
7	$6,32 \pm 0,50$	$5,12 \pm 0,48$	$6,00 \pm 0,62$	$5,69 \pm 0,42$
8	$3,38 \pm 0,52$	$4,43 \pm 0,67$	$4,16 \pm 0,67$	$3,63 \pm 0,82$
9	$3,71 \pm 0,57$	$2,90 \pm 0,41$	$4,25 \pm 0,54$	$3,04 \pm 0,48$
10	$4,08 \pm 0,57$	$2,38 \pm 0,46$	$1,97 \pm 0,35$	$2,11 \pm 0,43$
11	$0,96 \pm 0,37$	$0,46 \pm 0,16$	$1,18 \pm 0,34$	$0,89 \pm 0,25$
12	–	$0,43 \pm 0,22$	$0,19 \pm 0,10$	$0,35 \pm 0,13$
Загалом	$3,53 \pm 0,49$	$3,54 \pm 0,50$	$3,43 \pm 0,48$	$3,24 \pm 0,48$

Інтенсивність карієсу молочних зубів у дітей віком 5–6, 8 та 12 років переважала в районі вул. Б. Хмельницького, 7 і 10 років – у дітей, які мешкають у центрі міста, в 9- й 11-річних – цей показник був найвищим у дітей із району Сихова. Отже, можна стверджувати, що в більш забруднених районах поширеність та інтенсивність карієсу молочних зубів у дітей вищі.

Ми також проаналізували поширеність карієсу постійних зубів серед дітей, яка становила в середньому $64,87 \pm 1,32$ %. Згідно з ранжуванням цього показника за районами проживання дітей у центрі міста та в районі вул. Б. Хмельницького поширеність карієсу постійних зубів вища і становить відповідно $76,90 \pm 2,89$ та $77,74 \pm 2,36$ % порівняно з районами Сихова і вул. Варшавська – $61,91 \pm 2,82$ та $68,22 \pm 2,74$ % ($p_1 < 0,001$, $p_2 < 0,01$; табл. 13.3).

Таблиця 13.3

**Поширеність карієсу постійних зубів у обстежених дітей
м. Львів залежно від району їх проживання**

Вік дитини, роки	Поширеність карієсу в обраній точці, %			
	Центр	Б. Хмель- ницького	Сихів	Варшавська
5	3,13 ± 3,08	3,13 ± 3,08	–	–
6	20,68 ± 7,52	33,33 ± 15,71	12,50 ± 6,75	13,89 ± 5,76
7	60,00 ± 9,80	41,18 ± 8,44	36,00 ± 9,60	26,32 ± 10,10
8	57,14 ± 10,80	52,50 ± 7,90	44,00 ± 9,93	44,82 ± 9,23
9	66,67 ± 10,29	76,92 ± 6,75	50,00 ± 12,50	56,52 ± 10,34
10	79,17 ± 8,29	70,83 ± 9,28	68,75 ± 8,19	67,86 ± 8,83
11	80,00 ± 8,00	80,95 ± 8,57	72,73 ± 9,49	77,78 ± 8,00
12	90,48 ± 6,40	91,67 ± 5,64	84,61 ± 7,08	87,10 ± 6,02
13	94,59 ± 3,72	96,15 ± 3,77	86,11 ± 5,76	88,89 ± 6,05
14	93,33 ± 4,56	94,44 ± 3,82	84,61 ± 7,08	86,36 ± 7,32
15	100	100	90,48 ± 6,40	92,00 ± 5,43
16	100	100	92,00 ± 5,43	97,14 ± 2,82
Загалом	76,90 ± 2,89	77,74 ± 2,36	61,91 ± 2,82	68,22 ± 2,70

Слід зазначити, що в більш забруднених районах було виявлено $3,13 \pm 3,08$ % дітей 5-річного віку з карієсом постійних зубів. У віковій групі 6–7-річних дітей середня поширеність карієсу постійних зубів стрімко зростала з $17,35 \pm 3,82$ до $41,75 \pm 4,86$ % ($p < 0,001$), що пояснюється дією несприятливих чинників на недомінералізовані фісури прорізаних перших постійних молярів. Аналіз цього показника у дітей залежно від місця їх проживання показав, що поширеність карієсу постійних зубів найбільше зростала у дітей із 6 до 7 років (39,32 %), які мешкають в центрі міста ($p < 0,001$). У дітей усіх вікових груп поширеність карієсу зубів вища у мешканців більш забруднених районів, а в групах 15–16-річних обстежених дітей із центру міста та району вул. Б. Хмельницького не виявлено жодної дитини з інтактними постійними зубами.

Згідно з отриманими результатами в середньому інтенсивність карієсу постійних зубів дітей становила $2,62 \pm 0,19$ зуба. За інтенсивністю карієсу постійних зубів (КПВ) у дітей залежно від району їх проживання (табл. 13.4) найвищий показник зафіксовано в мешканців центру міста та з району вул. Б. Хмельницького, які вважаються найбільш забрудненими – відповідно $2,66 \pm 0,42$ та $2,74 \pm 0,39$ зуба, найнижчий – з району вул. Варшавська – $2,43 \pm 0,36$ зуба.

Таблиця 13.4

Інтенсивність карієсу постійних зубів (КПВ) у обстежених дітей м. Львів залежно від району їх проживання

Вік дитини, роки	Інтенсивність карієсу в обраній точці, %			
	Центр	Б. Хмельницького	Сихів	Варшавська
5	–	$0,03 \pm 0,03$	$0,07 \pm 0,07$	–
6	$0,38 \pm 0,14$	$0,67 \pm 0,37$	$0,29 \pm 0,16$	$0,19 \pm 0,09$
7	$1,48 \pm 0,30$	$0,85 \pm 0,21$	$0,88 \pm 0,25$	$0,42 \pm 0,19$
8	$0,95 \pm 0,32$	$1,08 \pm 0,23$	$1,12 \pm 0,24$	$1,03 \pm 0,22$
9	$1,62 \pm 0,32$	$1,69 \pm 0,22$	$0,75 \pm 0,27$	$1,35 \pm 0,28$
10	$2,17 \pm 0,41$	$1,83 \pm 0,36$	$2,00 \pm 0,41$	$2,14 \pm 0,31$
11	$2,44 \pm 0,37$	$2,52 \pm 0,62$	$2,77 \pm 0,37$	$2,00 \pm 0,30$
12	$2,71 \pm 0,41$	$2,67 \pm 0,36$	$3,88 \pm 0,48$	$3,68 \pm 0,46$
13	$4,35 \pm 0,45$	$4,27 \pm 0,64$	$3,86 \pm 0,51$	$4,15 \pm 0,72$
14	$5,47 \pm 0,80$	$4,72 \pm 0,46$	$4,23 \pm 0,52$	$3,91 \pm 0,61$
15	$5,25 \pm 0,75$	$5,71 \pm 0,71$	$4,86 \pm 0,67$	$4,88 \pm 0,56$
16	$5,29 \pm 0,75$	$6,81 \pm 0,44$	$6,32 \pm 0,76$	$5,46 \pm 0,61$
Загалом	$2,66 \pm 0,42$	$2,74 \pm 0,39$	$2,59 \pm 0,33$	$2,43 \pm 0,36$

Згідно з даними аналізу вікової залежності інтенсивність карієсу постійних зубів переважала у дітей віком 6, 9 та 15–16 років із району вул. Б. Хмельницького, віком 7, 10 та 13–14 років – у мешканців центру міста, віком 5, 8 та 11–12 років цей показник був вищим у дітей району Сихова. Отже, можна стверджувати, що в більш забруднених районах інтенсивність карієсу постійних зубів у дітей вища.

Щоб встановити зв'язок між стоматологічною захворюваністю дітей шкільного віку та чинниками довкілля, ми провели ранжування обраних контрольних точок за показниками якості питної води у 2009–2012 рр. Такими точками були: середня школа № 7 (вул. Б. Хмельницького, 132); гімназія «Сихівська» № 1 (вул. Гната Хоткевича, 48); середня школа № 91 (вул. Варшавська, 54); середня школа № 21 (вул. Кониського, 8).

Було виявлено, що показники твердості води перевищували нормативні (до 7,0 ммоль/дм³), регламентовані ДержСанПіН [10], практично в усіх пробах, особливо в 2010–2012 рр. (рис. 13.1). Найвищим показник твердості води впродовж усього часу дослідження був у районі Сихова (південна точка).

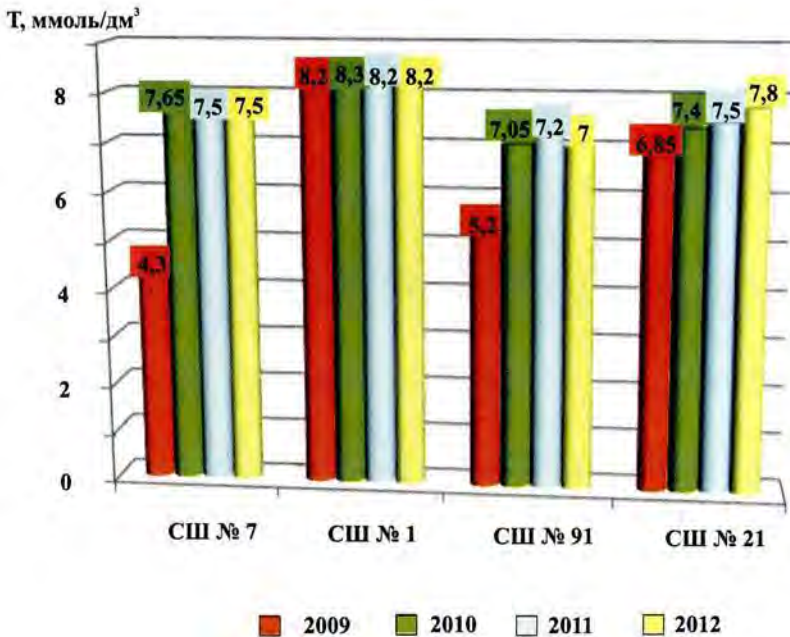


Рис. 13.1. Динаміка показників твердості води у контрольних точках

На рис. 13.2 наведено дані моніторингу водневого показника якості питної води за період 2009–2012 рр., який змінювався в межах нормованих величин (6,0–9,0 од. рН) у всіх контрольних точках.

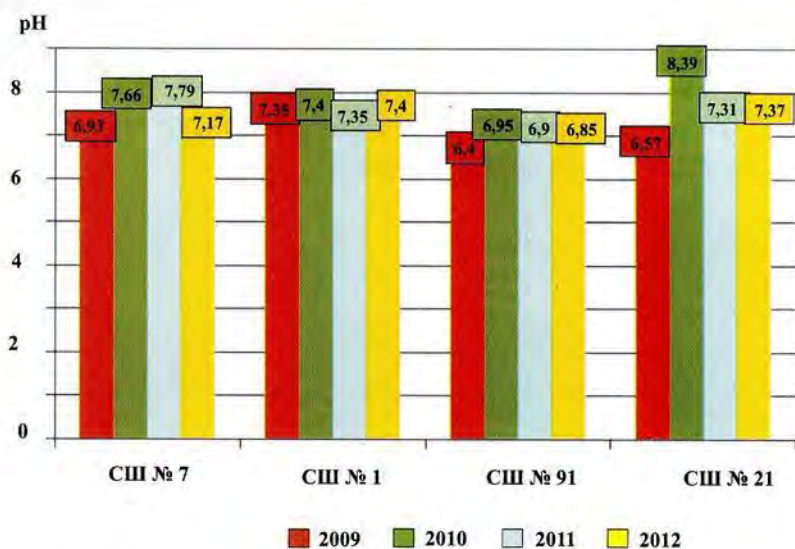


Рис. 13.2. Коливання рН у контрольних пробах води питної за період 2009–2012 рр.

Вміст хлоридів у досліджених пробах води був низьким (норма ≤ 350 мг/дм³) (рис. 13.3).

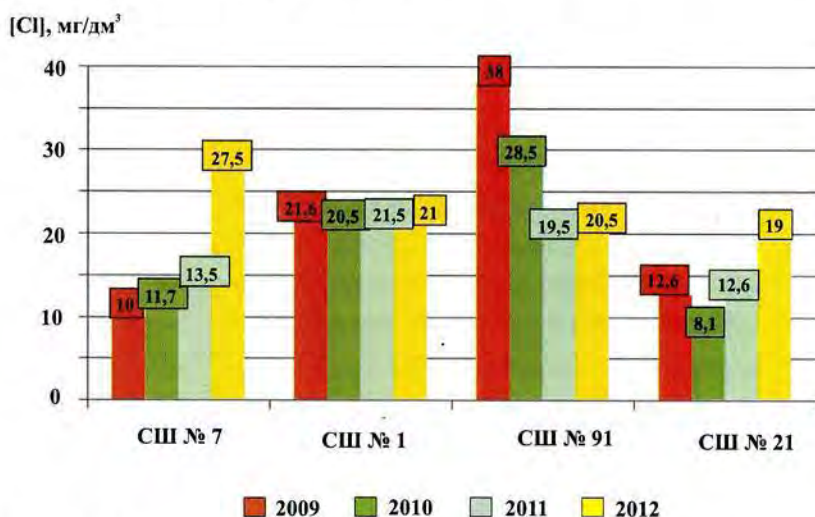


Рис. 13.3. Показники вмісту хлоридів у контрольних пробах води питної за період 2009–2012 рр.

Надмірний вміст заліза у питній воді зареєстровано в 2010 р. у СШ № 7, у 2011 р. у СШ № 21, фактична його концентрація становила $0,44 \text{ мг/дм}^3$ і практично вдвічі перевищувала вимоги стандарту ($\leq 0,2 \text{ мг/дм}^3$) (рис. 13.4). В інших досліджених точках відхилень за вмістом заліза не виявлено.

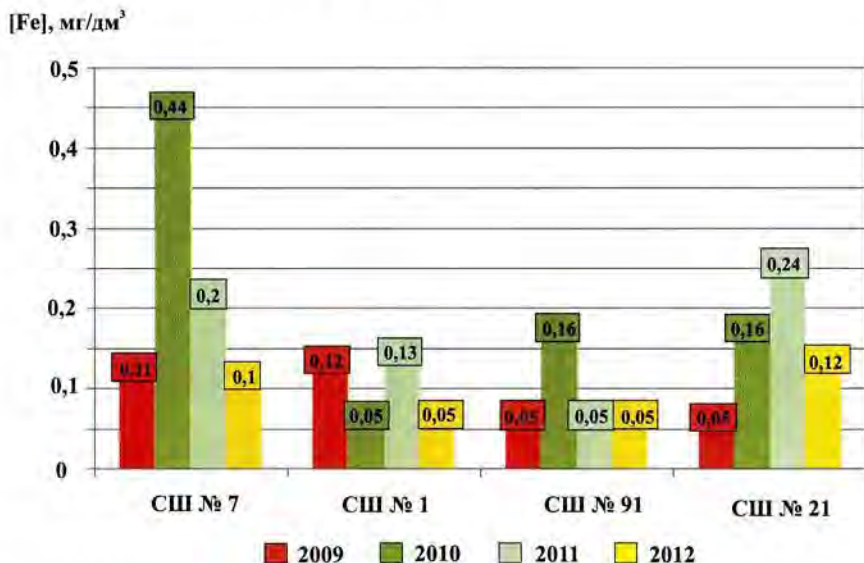


Рис. 13.4. Межі коливання вмісту заліза у контрольних пробах води питної за період 2009–2012 рр.

У половині контрольних проб незначно змінювався вміст нітратів, хоча й не перевищував ГДК ($\leq 50 \text{ мг/дм}^3$) за ДержСанПіН 2.2.4-171–10 (рис. 13.5). Проте саме лише наявність нітратів у воді може свідчити про її старе бактеріальне забруднення. Найвищі показники щодо їх вмісту були зафіксовані у СШ № 1 (південна точка).

Вміст фтору у питній воді, як мікроелемента, що безпосередньо впливає на тканини зубів, було визначено лише у 2012 р. Його фактичні концентрації в усіх контрольних точках були істотно нижчими за біологічний діапазон ($0,7\text{--}1,5 \text{ мг/дм}^3$) і становили $0,19\text{--}0,40 \text{ мг/дм}^3$. Цей чинник є одним із домінуючих у формуванні стоматологічної патології в дитячому віці.

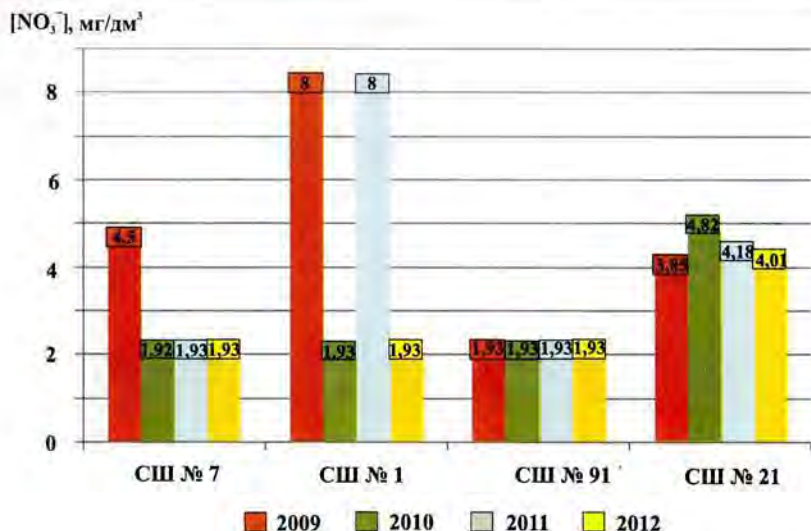


Рис 13.5. Показники вмісту нітратів у контрольних пробах води питної за період 2009–2012 рр.

Узагальнивши дані (табл. 13.5), можна стверджувати, що вода питна в обраних контрольних точках не відповідає вимогам ДержСанПіН за твердістю, вмістом фтору, в окремих пробах – за вмістом заліза. Решта проаналізованих показників води питної задовольняли вимоги ДержСанПіН 2.2.4-171–10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною».

Отже, виявлені тенденції у показниках дослідженої води характерні для всієї води питної, що подається в централізовану водопровідну мережу м. Львів. Споживання питної води зі знизеним вмістом фтору, підвищеними твердістю та вмістом заліза може спричинювати в населення, зокрема дитячого, патологію сечової та кісткової систем, відхилення в закладанні та рості зубів, інші стоматологічні зміни.

Проте споживання води зі зміненими показниками у поєднанні з іншими чинниками довкілля, зокрема забрудненими атмосферним повітрям, продуктами харчування дасть ще більші сумарні ефекти впливу ксенобіотиків, проявами яких будуть порушення стану здоров'я населення, зокрема дитячого [11]. Тільки

Показники якості води в обраних контрольних точках

Рік	Показники води	Контрольна точка			
		СШ № 7	СШ № 1	СШ № 91	СШ № 21
1	2	3	4	5	6
2009	pH	6,93	7,35	6,4	6,57
	Окиснюваність	–	1,84	–	–
	Аміак	< 0,05 NH ₄ ⁺	0,18 NH ₄ ⁺	< 0,05 NH ₄ ⁺	< 0,05 NH ₄ ⁺
	Нітриги	< 0,003 NO ₂ ⁻	< 0,003 NO ₂ ⁻	< 0,003 NO ₂ ⁻	< 0,003 NO ₂ ⁻
	Нітрати	4,5 за NO ₃ ⁻	8,0 за NO ₃ ⁻	1,93 за NO ₃ ⁻	3,85 за NO ₃ ⁻
	Хлориди	10,0	21,6	38,0	12,6
	Сульфати	11,7			48,3
	Залізо	0,11	0,12	< 0,1	< 0,1
	Твердість	4,8	8,2	5,2	6,85
	Фтор	–	–	–	–
2010	pH	7,66	7,4	6,95	8,39
	Окиснюваність	–			–
	Аміак	< 0,05 NH ₄ ⁺	< 0,05 NH ₄ ⁺	< 0,05 NH ₄ ⁺	< 0,05 NH ₄ ⁺
	Нітриги	< 0,003 NO ₂ ⁻	< 0,003 NO ₂ ⁻	< 0,003 NO ₂ ⁻	< 0,003 NO ₂ ⁻
	Нітрати	1,92 за NO ₃ ⁻	1,93 за NO ₃ ⁻	1,93 за NO ₃ ⁻	4,82 за NO ₃ ⁻
	Хлориди	11,7	20,5	28,5	8,1
	Сульфати	16,6		–	58,3
	Залізо	0,44	< 0,1	0,16	0,16

2010	Твердість	7,65	8,3	7,05	7,4
	Фтор	–	–	–	–
2011	pH	7,79	7,35	6,9	7,31
	Окиснюваність	0,8	1,84	–	1,36
	Аміак	< 0,05 NH ₄ ⁺	0,18 NH ₄ ⁺	< 0,05 NH ₄ ⁺	< 0,05 NH ₄ ⁺
	Нітрити	< 0,003 NO ₂ ⁻	< 0,003 NO ₂ ⁻	< 0,003 NO ₂ ⁻	< 0,003 NO ₂ ⁻
	Нітрати	1,93 за NO ₃ ⁻	8,0 за NO ₃ ⁻	1,93 за NO ₃ ⁻	4,18 за NO ₃ ⁻
	Хлориди	13,5	21,5	19,5	12,6
	Сульфати	41,66	–	–	66,66
	Залізо	0,2	0,13	< 0,1	0,24
	Твердість	7,5	8,2	7,2	7,5
	Фтор	–	–	–	–
2012	pH	7,17	–	–	7,37
	Окиснюваність	1,2	–	–	0,64
	Аміак	< 0,05 NH ₄ ⁺	< 0,05 NH ₄ ⁺	< 0,05 NH ₄ ⁺	< 0,05 NH ₄ ⁺
	Нітрити	< 0,003 NO ₂ ⁻	< 0,003 NO ₂ ⁻	< 0,003 NO ₂ ⁻	< 0,003 NO ₂ ⁻
	Нітрати	1,93 за NO ₃ ⁻	1,93 за NO ₃ ⁻	1,93 за NO ₃ ⁻	4,01 за NO ₃ ⁻
	Хлориди	27,5	21,5	20,5	19,0
	Сульфати	91,66	–	–	73,33
	Залізо	0,1	< 0,1	< 0,1	0,12
	Твердість	7,5	8,2	7,3	7,8
Фтор	0,235	0,25	0,19	0,40	

зіставивши дані клінічних та моніторингових досліджень об'єктів довкілля можна встановити певні кореляційні зв'язки між ними.

Ми також проаналізували якість атмосферного повітря в обраних контрольних точках і дослідили його вплив на формування стоматологічної патології серед дитячого контингенту.

Результати контрольних досліджень, проведених на автомагістралях міста, підтвердили щорічне збільшення щільності потоку автотранспорту. Так, у 2009 р. щільність потоку автотранспорту, що проходить через контрольну точку за 1 годину, становила в середньому 1397 одиниць, у 2010 р. – 1520, у 2011 р. – 1623. Саме через це кількість контрольних точок, у яких відбираються проби повітря в зоні впливу автомагістралей, постійно збільшується.

Одним із найпоширеніших поллютантів атмосферного повітря населених пунктів є діоксид азоту [12]. Згідно з отриманими результатами, за весь період досліджень найвищі концентрації діоксиду азоту зареєстровано в центральній частині міста, у тому числі на території СШ № 21 (рис. 13.6). Фактичні його концентрації перевищували нормативні значення ($0,085 \text{ мг/м}^3$). Доволі високими (на рівні ГДК) були концентрації діоксиду азоту й у південній точці (СШ № 1).

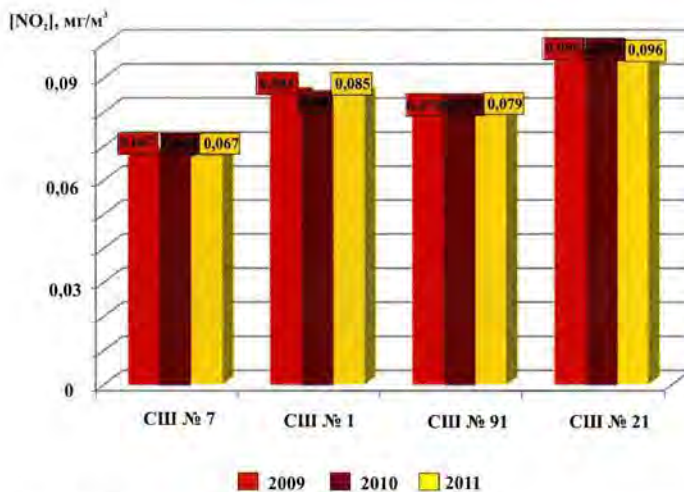


Рис. 13.6. Забруднення атмосферного повітря в контрольних точках діоксидом азоту

Найбільшу запиленість атмосферного повітря за період 2009–2011 рр. зареєстровано в західній точці (СШ № 91), найменшу – у південній точці (СШ № 1) (рис. 13.7).

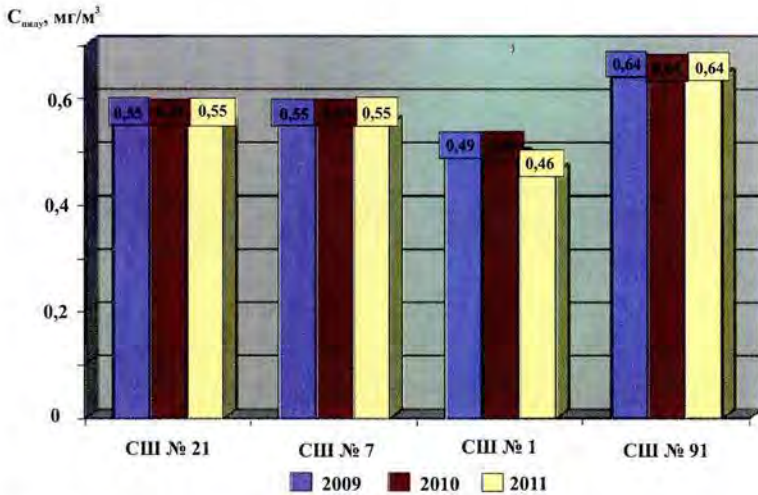


Рис. 13.7. Запиленість атмосферного повітря в контрольних точках

Аналізом якості атмосферного повітря за вмістом оксиду вуглецю (рис. 13.8) виявлено тенденцію до збільшення концентрації цього полютанта в досліджуваній період у північній і південній точках, де забруднення ним було найвищим. Зокрема, за досліджуваній період у районі вул. Б. Хмельницького концентрація оксиду вуглецю збільшилася від 5,1 до 5,6, у районі Сихова – від 4,4 до 5,4 мг/м³.

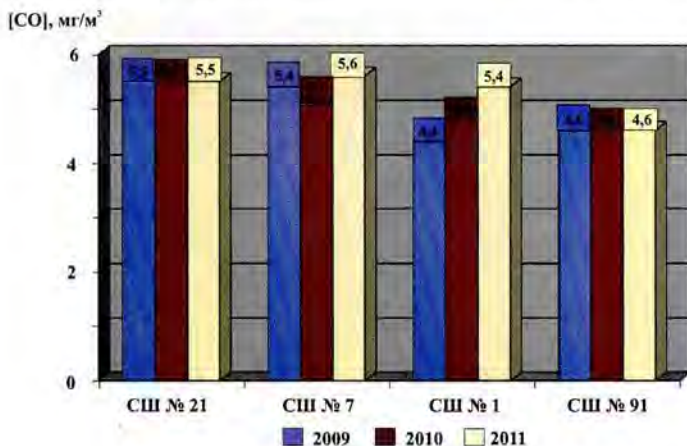


Рис. 13.8. Забруднення атмосферного повітря в контрольних точках оксидом вуглецю

До головних складових забруднень атмосферного повітря належить також сірчистий ангідрид (рис. 13.9). У разі надходження в атмосферу він окиснюється до сульфату, який утримується в повітрі протягом трьох–п’яти діб і може перемішуватись на відстань 1000–3000 км від джерела викиду. Дедалі більше антропогенне забруднення атмосфери оксидами сірки й азоту та зумовлена цим проблема кислотних дощів є однією з вкрай важливих екологічно. Вдихання людиною повітря, забрудненого кислотним туманом, спричинює захворювання дихальних шляхів та низку інших тяжких хвороб.

Згідно з ДСП 201–97, за одночасного вмісту в атмосферному повітрі сірчистого ангідриду (ГДК 0,5 мг/м³) та діоксиду азоту (ГДК 0,085 мг/м³) потрібно розраховувати коефіцієнт їх комбінованої дії (Ккд), щоб оцінити сумарний ефект. Ми обчислили цей показник для всіх контрольних точок, за фактичні концентрації було взято максимальні концентрації забруднювальних речовин у них (табл. 13.6). Отримано такі значення Ккд:

- для північної точки – $0,33/0,5 + 0,068/0,085 = 1,46$;
- для південної точки – $0,48/0,5 + 0,085/0,085 = 1,96$;
- для західної точки – $0,43/0,5 + 0,079/0,085 = 1,79$;
- для центральної точки – $0,28/0,5 + 0,096/0,085 = 1,69$.

Як видно з наведених розрахунків, у всіх випадках Ккд перевищує 1, що свідчить про потенціювання ефекту біологічної дії поллютантів на здоров'я дитячого населення.

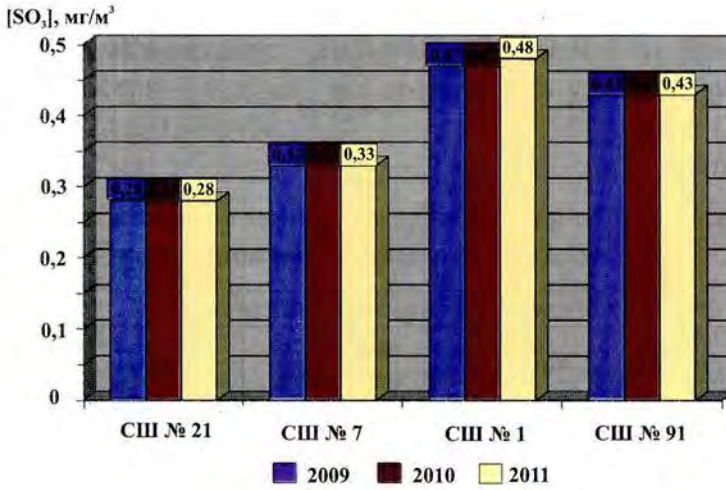


Рис. 13.9. Забруднення атмосферного повітря в контрольних точках сірчистим ангідридом

Рівні забруднення атмосферного повітря в м. Львів

Школа	Контрольна точка	Інгредієнт	ГДК, мг/м ³	Визначена концентрація, мг/м ³		
				2009 р.	2010 р.	2011 р.
1	2	3	4	5	6	7
СШ № 7	вул. Б. Хмельницького– вул. Опришківська	Пил	0,5	0,55	0,55	0,55
		Сірчистий ангідрид	0,5	0,33	0,33	0,33
		Діоксид азоту	0,085	0,067	0,067	0,067
		Оксид вуглецю	5,0	5,4	5,1	5,6
СШ № 1	вул. Хуторівка– вул. Хоткевича	Пил	0,5	0,49	0,49	0,46
		Сірчистий ангідрид	0,5	0,47	0,47	0,48
		Діоксид азоту	0,085	0,08	0,085	0,086
		Оксид вуглецю	5,0	4,4	4,8	5,4
СШ № 91	вул. Варшавська– пр. Чорновола	Пил	0,5	0,64	0,64	0,64
		Сірчистий ангідрид	0,5	0,43	0,43	0,43
		Діоксид азоту	0,085	0,079	0,079	0,079
		Оксид вуглецю	5,0	4,6	4,6	4,6

СШ № 21	вул. І Франка– вул. Пекарська	Пил	0,5	0,55	0,55	0,55
		Сірчистий ангідрид	0,5	0,28	0,28	0,28
		Діоксид азоту	0,085	0,096	0,096	0,096
		Оксид вуглецю	5,0	5,5	5,5	5,5

Висновки до розділу 13

Проаналізовано вплив чинників навколишнього середовища – питної води та атмосферного повітря – на стан твердих тканин зубів у дітей.

Контрольними точками для дослідження обрано навчальні заклади м. Львів з урахуванням їх розміщення поряд з автомагістралями, а саме:

- середня школа № 7, вул. Б. Хмельницького, 132 (перехрестя вул. Опришківська–вул. Б. Хмельницького) – північна точка;
- гімназія «Сихівська» № 1, вул. Гната Хоткевича, 48 (перехрестя вул. Хуторівка–вул. Гната Хоткевича) – південна точка;
- середня школа № 91, вул. Варшавська, 54 (пр. Чорновола, 45) – західна точка;
- середня школа № 21, вул. Кониського, 8 (перехрестя вул. І. Франка–вул. Пекарська) – центральна точка.

Якість питної води та стан атмосферного повітря оцінено шляхом аналізу результатів санітарно-гігієнічних лабораторних досліджень, проведених Личаківською та Шевченківською районними СЕС м. Львів та міською СЕС за 2009–2012 рр. (для питної води) та за 2009–2011 рр. (для атмосферного повітря).

Основними інгредієнтами питної води, які підлягали дослідженню за коротким хімічним аналізом, були хлориди, сульфати, загальна твердість, водневий показник, залізо загальне, азот, фтор, вміст яких регламентований ДержСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною». Основними дослідженими поллютантами атмосферного повітря були діоксид азоту, сірчистий ангідрид, оксид вуглецю та пил з урахуванням ефекту комбінованої дії, що регламентовано ДСП 201-97 «Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами)».

Узагальнені дані підтвердили, що в обраних контрольних точках якість питної води не відповідала вимогам ДержСанПіН

за твердістю, вмістом фтору, в окремих пробах – за вмістом заліза. Решта проаналізованих показників води питної задовольняли нормативні показники. Встановлені тенденції в показниках води характерні для всієї води питної, що подається в централізовану водопровідну мережу м. Львів.

Ділянками із найбільш забрудненим атмосферним повітрям, за результатами моніторингу та діаграми розподілів, були перехрестя вул. Хуторівка–вул. Гната Хоткевича та вул. І. Франка–вул. Пекарська. Це дає підставу вважати території біля гімназії «Сихівська» № 1 та середньої школи № 21 потенційно більш забрудненими порівняно з іншими контрольними точками.

Оксид вуглецю порушує транспорт в організмі кисню внаслідок витіснення його з оксигемоглобіну крові й утворення стійкого карбоксигемоглобіну. В результаті вміст гемоглобіну різко знижується, окисно-відновні процеси гальмуються, може настати удушення. За постійного контакту з СО людина страждає на головні болі, шум у вухах, з'являється нав'язливий страх, біль у ділянці серця, частішає серцебиття, що призводить до аритмії, стенокардії.

За наявності в повітрі сірчистого ангідриду, оксиду та діоксиду азоту, інших кислотоутворювачів в людини розвиваються ускладнення через кислотні опіки дихальних шляхів.

Поява в атмосфері речовин природного чи антропогенного походження, що змінюють природний склад і параметри повітря, чинить відповідну біологічну та хімічну дію на живі організми.

Забруднювальні речовини, які перебувають у твердому агрегатному стані і містять часточки великих розмірів (понад 1 мкм) затримуються в основному у верхніх дихальних шляхах людини. Дрібніший пил осідає в трахеобронхіальній зоні і при заковтуванні надходить у шлунково-кишковий тракт. Тверді часточки можуть розчинятися в слизистих рідинах та утворювати речовини, здатні змінювати рН середовища. У результаті середовище стає лужним, що призводить до подразнення дихальних шляхів.

Споживання води зі зміненими показниками у поєднанні з іншими чинниками довкілля, зокрема з розбалансованим хар-

чуванням, вдиханням забрудненого атмосферного повітря, посилить кумулятивний ефект ксенобіотиків, що негативно позначиться на стані здоров'я населення, особливо дитячого.

Тільки зіставивши дані клінічних моніторингових досліджень об'єктів довкілля між ними можна встановити певні кореляційні зв'язки.

Список літератури до розділу 13

1. *Кучерявий В.П.* Урбоекологія: Підручник. – Львів: Світ, 2002. – 440 с.
2. *Лантєв О.О.* Екологічна оптимізація біогеоценотичного покриття у сучасному урболандшафті. – К.: Укр. екол. акад. наук, 1998. – 208 с.
3. *Урбанізація* навколишнього середовища: охорона природи та здоров'я людини. – К.: Нац. екол. центр України, 1996. – 251 с.
4. *Назарук М.* Роль промисловості у формуванні соціоекосистеми міста Львова у ХХ столітті // Історія української географії. Всеукр. наук.-теорет. часопис. – Тернопіль: Підручники і посібники, 2006. – Вип. 2 (14). – С. 26–27.
5. *Комплексна екологічна програма на 2012–2016 роки для Львова.* Затв. ухвалою міської ради 04.04.2012 № 97.
6. *Історія Львова.* Короткий нарис. – Львів: Вид-во Львів. ун-ту, 1956. – 229 с.
7. *Основні економічні та соціальні показники міста Львова за 1990–2002 роки: Збірник.* – Львів. – 2002.
8. *Екологія Львова в цифрах і фактах.* Міський екологічний бюлетень. – Вип. № 1. – Львів, 2002. – 125 с.
9. *Єрем Т.В., Єрем Х.В.* Вплив стану об'єктів водопостачання населення Закарпатської області на формування стоматологічної патології // Довкілля і здоров'я. – 2014. – № 1. – С. 14–17.
10. *Державні санітарні норми і правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» ДСанПіН 2.2.4-171–10.* Затв. наказом МОЗ України № 400 від 12.05.2010 р.

11. *Капранов С.В.* Влияние загрязнителей атмосферного воздуха на показатели физического развития школьников // Довкілля і здоров'я. – 2013. – № 3. – С. 74–78.
12. *Журавлёва В.Ф., Цапков М.М.* Токсичность нитратов и нитритов // Гигиена и санитария. – 1983. – № 1. – С. 60–69.

РОЗДІЛ 14

ОСТЕОПОРОЗ У НАСЕЛЕННЯ УКРАЇНИ: РОЛЬ ВІТАМІНУ D, КАЛЬЦІЮ ТА ІНШИХ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ

(В.В. Поворознюк, Н.В. Григор'єва, Н.І. Балацька)

Остеопороз залишається однією з актуальних проблем сучасної медицини, про що свідчить великий інтерес до неї з боку медичної спільноти. Це найпоширеніше системне захворювання скелета, що характеризується зменшенням кісткової маси та структурними змінами кісткової тканини (КТ), які виражені настільки, що навіть за незначної травми можливе виникнення переломів [1–3]. За останні десятиліття проблема остеопорозу стала особливо актуальною внаслідок різкого збільшення в популяції частки людей літнього віку, зокрема, жінок постменопаузального періоду [2, 4].

За даними досліджень стану КТ українських жінок постменопаузального періоду, проведених в Українському науково-медичному центрі проблем остеопорозу з використанням двохфотонної рентгенівської абсорбціометрії (ДРА), на остеопороз поперекового відділу хребта страждають 8,4 % загальної чисельності жіночого населення та 20 % жінок віком 50 років і старших, на остеопенію – 18,6 % загальної чисельності, остеопороз проксимального відділу стегнової кістки – 4,6 % загальної чисельності і 11 % кількості жінок віком 50 років і старших [5–7].

Майже в кожній третій жінки після 65 років трапляється щонайменше один перелом кісток [8, 9], а ризик подальших переломів за їх наявності в анамнезі різко зростає. Сумарний ризик остеопоротичних переломів у жінок віком 50 років становить 39,7, у чоловіків – 13,1 % [6, 9, 10]. Близько 750 тис. вертебральних переломів щорічно реєструється в США серед пацієнтів старших за 50 років, у чверті з них протягом життя стається принаймні ще один перелом тіла хребця [1, 11–13].

Темпи росту захворювання збільшуються як в Україні, так і в усьому світі [8, 14–16]. Якщо в 1990 р. у світі було зареєстровано 1 млн 66 тис. переломів стегнової кістки внаслідок остеопорозу, то, на думку експертів, у 2050 р. ця цифра становитиме близько 6,5 млн. На підставі прогнозованих для наступного тисячоліття демографічних змін логічно припустити, що остеопороз із витратними технологіями його лікування та реабілітації, зокрема хірургічними методами, за фінансовими витратами посяде одне з перших місць у бюджеті охорони здоров'я населення, в тому числі й українського.

Остеопоротичні переломи істотно впливають на рівень загальної захворюваності та смертності. Переломи стегнової кістки знижують очікувану середню тривалість життя на 12–15 %. Проведені в Україні дослідження показали, що летальність серед хворих у перші 6 міс після остеопоротичних переломів проксимального відділу стегнової кістки становить 20 %, близько 50 % пацієнтів не здатні пересуватися без сторонньої допомоги, а третина – втрачає здатність до самообслуговування [2].

За даними ВООЗ, кількість ліжко-днів на рік для постменопаузальних жінок з остеопоротичними переломами проксимального відділу стегнової кістки перевищує аналогічний показник для таких захворювань, як рак молочної залози, гострий інфаркт міокарда, хронічні захворювання легенів, цукровий діабет та ін. Летальність унаслідок ускладнень, зумовлених остеопоротичними переломами, в популяції жінок європейської раси віком 50 років і старших становить 2,8 %, що відповідає показнику летальності від злоякісних пухлин молочної залози. Водночас, ризик перелому стегнової кістки дорівнює сумарному ризику раку молочної залози, матки та яєчників.

Наведені дані підтверджують велику поширеність остеопорозу. Разом з тим старіння населення, збільшення частки людей літнього й старечого віку, зміна способу життя вказують на те, що соціально-економічні наслідки остеопорозу наростатимуть, тому вкрай важливими є своєчасна діагностика, профілактика та лікування цього захворювання.

Відомо, що за медичними та соціально-економічними позиціями запобігти втраті кісткової маси й серйозним ускладненням остеопорозу (переломам) легше й дешевше, тож особливу увагу слід приділяти його профілактиці [17–22].

Основними завданнями профілактики системного остеопорозу є:

- досягнення максимально можливого піка кісткової маси в період росту та формування скелета з максимальними характеристиками міцності [23–28];
- зниження й запобігання негативному впливу екзогенних та ендогенних чинників на стан КТ [29, 30];
- запобігання втраті кісткової маси і, по можливості, підвищення щільності КТ.

Концепція профілактики остеопорозу протягом усього життя сьогодні загально визнана. Вона починається вже в дитинстві, полягає в досягненні максимально високого піка кісткової маси в період формування скелета; триває в зрілому віці й набуває особливої актуальності в пацієнтів літнього і старечого віку, насамперед у жінок після настання менопаузи. Серед профілактичних заходів важливим є забезпечення організму основними остеотропними елементами, передусім кальцієм та вітаміном Д [31, 32].

Нині встановлено біологічну роль понад 30 мінеральних елементів у життєдіяльності людини. Залежно від вмісту в організмі та харчових продуктах їх поділяють на макро- та мікроелементи. Серед макроелементів найістотніший вплив на КТ чинять кальцій (Ca), магній (Mg) та фосфор (P). Перші два мають лужну дію, третій – кислу. До мікроелементів, які безпосередньо впливають на обмін у КТ, належать манган (Mn), йод (I), фтор (F), стронцій (Sr) та ін. Проблема вивчення впливу різних макро- та мікроелементів на структурно-функціональний стан КТ останнім часом набуває дедалі більшої актуальності в зв'язку з впливом екологічних, епідеміологічних та інших чинників [33–39]. Добова потреба організму людини в основних мінеральних речовинах та безпечні рівні споживання мікроелементів наведено в табл. 14.1.

Добова потреба в основних мінеральних речовинах та безпечні рівні споживання мікроелементів

Вік, роки	Елемент, мг/доба							Вітамін D, мкг	
	Ca	P	Mg	Zn	I	Mn	F		
1–3	800	800	150	5	0,06	1–1,5	0,2–1	10	
4–6	800	800	120	8	0,09	1,5–2	1–2,5	10	
7–10	1000	1000	170	10	0,10	2–3	1,5–2,5	10	
11–13	Хлопці	1200	1200	270	15	0,15	2–5	1,5–2,5	10
	Дівчата	1200	1200	280	12	0,15	2–5	1,5–2,5	10
14–17	Хлопці	1200	1200	400	15	0,20	2–5	1,5–2,5	10
	Дівчата	1200	1200	300	13	0,20	2–5	1,5–2,5	10
60–74	Чоловіки	800	1200	400	15	0,15	6	1,5–4	10
	Жінки	800	1200	450	15	0,15	7	1,5–4	10
75 і старші	Чоловіки	1000	1200	400	15	0,15	6	1,5–4	10
	Жінки	1000	1000	400	13	0,15	6	1,5–4	10
Дорослі	1000	1000	500	15	0,15	2–5	1,5–4	10	
Вагітні та матері, що годують груддю	1500	1650	450	20	0,18	–	1,5–4	10	

14.1. Роль кальцію в ремоделюванні кісткової тканини та профілактиці системного остеопорозу

Кальцій та його сполуки відіграють ключову роль у процесах мінералізації та формування скелета, збудження і гальмування на рівні головного й спинного мозку, впливають на синтез і викид медіаторів, пероксидне окиснення ліпідів, провідність клітинних мембран, систем їх забезпечення, процеси синаптичної передачі, біоенергетики (функціонування аденілатциклазної системи), низки інших ферментних систем, гуморальний та клітинний імунітет, гемодинаміку й мікроциркуляцію, агрегатний стан крові, секрецію нейрогормонів, обмін йоду, функціонування гіпоталамо-гіпофізарної системи та ін. [5, 17, 40, 41].

Залежно від віку вміст Са в організмі коливається від 0,8 до 1,7 %. В абсолютних цифрах це становить близько 25–30 г у немовлят та 850–1400 г у дорослих [40]. Близько 98–99 % Са міститься в кістковій і хрящовій тканинах у вигляді кристалів гідроксіапатиту, решта – в м'яких тканинах та позаклітинній рідині. Оскільки Са в основному концентрується в кістках, зміна його балансу зазвичай пов'язана з посиленням росту чи резорбцією скелета. На думку багатьох авторів [42–50], саме кальцій відіграє визначальну роль у формуванні піка кісткової маси та метаболізму КТ. Кальцій мінеральної фази на поверхні кристалів урівноважений з іонами позаклітинної рідини, обміну підлягає лише невелика кількість загального Са (близько 0,5 %). Згідно з даними кінетичних досліджень за допомогою радіоактивного ^{47}Ca , у скелеті щорічно обмінюється до 18 % загального вмісту Са [51].

Відомо, що концентрація кальцію в сироватці крові людини підтримується на сталому рівні (2,25–2,75 ммоль/л) і строго контролювана (добові коливання становлять 3–4 %). Позаклітинний іонізований кальцій (менш як 1 % загального його вмісту в організмі) є метаболічно активною фракцією. Рівень іонізованого кальцію, а отже, кальцію сироватки крові, залежить від взаємодії процесів, що відбуваються в кишечнику, нирках, скелеті, і контролюється кальційрегулювальними гормонами (паратиреоїдним гормоном (ПТГ), кальцитріолом, кальцитоніном). Найваж-

ливішим є ПТГ, який швидко (протягом хвилин) підвищує рівень кальцію, впливаючи на всі три органи-мішені: збільшує кісткову резорбцію, абсорбцію Са в кишечнику та кишечникову й ниркову канальцеву реабсорбцію. Кальцитріол активує абсорбцію Са в кишечнику та резорбцію КТ. Його виділення сприяє зниженню рівня Са в сироватці крові, проте, на відміну від ПТГ, кальцитріол діє повільніше (від кількох годин до діб) [2, 52–54].

Кількість кальцію, яка всмоктується в кишечнику, залежить від рівня його споживання. За недостатнього надходження Са з їжею переважає активний трансцелюлярний транспорт Са в дванадцятипалій кишці над парацелюлярним пасивним транспортом, який домінує в тонкій і порожній кишках за нормального чи високого його споживання. Біологічна здатність Са до всмоктування за високого його вживання (понад 800 мг/доба) не надто важлива.

Підтримання кальцієвого балансу в організмі залежить не тільки від його вмісту в їжі, а й від інтенсивності всмоктування в кишечнику, на яке, у свою чергу, впливає багато чинників, до яких належить функціональний стан органів шлунково-кишкового тракту (ШКТ), характер сполук кальцію в харчових продуктах, їх кількість, забезпеченість організму вітаміном D, співвідношення кальцію та інших мінеральних речовин.

Достатнє вживання вітаміну D – важливий чинник для всмоктування Са, оскільки активний транспорт Са прямо пропорційно залежить від наявності в клітинах кишечника calbindin–D9k, біосинтез якого повністю визначається вітаміном D [55]. Істотне значення для всмоктування Са в ШКТ пацієнтів літнього і старечого віку мають синдром мальабсорбції та захворювання органів ШКТ, частота яких значно збільшується з віком [56, 57].

Багато солей кальцію міститься в молоці і молочних продуктах, найбагатші на Са різні види сирів. До того ж молоко підвищує всмоктування кальцію з інших продуктів – злакових, овочів, фруктів. В деяких продуктах харчування вміст кальцію такий, мг/кг: молоко – 10–12; тверді сири – 60–100; сметана – 9,5; вялена риба з кістками – 300; сардина з кістками – 35. Багаті на кальцій бобові (горох – 11,5, соя – 35 мг/кг), сухофрукти (8–

10 мг/кг), курага (17 мг/кг), насіння кунжуту (115 мг/кг), соняшнику (10 мг/кг) [31, 40].

Шляхи виділення Са з організму залежать від характеру харчування. За переваги в раціоні продуктів з кислою реакцією середовища (м'ясо, крупи, хліб) Са виділяється із сечею, за переваги продуктів з лужною реакцією – з калом.

Норми Са для дорослих і зв'язок між споживанням Са та виникненням остеопорозу на сьогодні є предметом дискусій. Різні дослідники вважають за норму надходження Са в організм від 300 мг/доба до величин, які в 4 рази і більше перевищують цей показник [58]. Таку розбіжність можна пояснити відмінностями в харчуванні та культурних традиціях етнічних груп, різними індивідуальними потребами в кальції та рівнями фізичної активності. Більшість дослідників дотримується думки, що для запобігання негативному балансу Са необхідно споживати його в кількості, не менш як 1000–1500 мг/доба. Потреба організму жінки в Са значно зростає в періоди вагітності та лактації [59]. У світовій літературі є багато даних про недостатній вміст Са в харчових раціонах населення. Більшість жінок Німеччини у постменопаузний період вживають менш як 800 мг/доба Са [44]. 61 і 75% жінок Австралії відповідно у пре- і постменопаузні періоди споживають Са менше рекомендованих норм, а 29 % у постменопаузний період – менш як 500 мг/доба Са [33]. У значно нижчих від рекомендованих норм надходять до їх організму й інші мікроелементи, зокрема цинк, магній та залізо.

У 1994 р. були опубліковані рекомендації Американського національного інституту здоров'я щодо адекватного прийому кальцію в різні вікові періоди:

Оптимальні добові дози споживання кальцію населенням для профілактики остеопорозу

Вік	Добова доза кальцію, мг
Немовлята	
до 6 міс	400
від 6 міс до 1 року	600

Діти	
1–5 років	800
6–10 років	1200
Підлітки і молодь	
11–24 років	1200–1500
Чоловіки	
26–65 років	1000
65 років і більше	1500
Жінки	
від 24 років до менопаузи	1000
вагітні та ті, що годують груддю	
до 19 років	1600
більш як 19 років	1200
постменопаузного періоду	
без замісної гормональної терапії (ЗГТ)	1500
на фоні замісної гормональної терапії	1000

Як бачимо, раніше прийнята в низці країн норма (800 мг/доба) недостатня; описано негативний баланс Са у 34 % обстежених за такого споживання, що призводить до розвитку остеопорузу та його ускладнень. За збільшення надходження кальцію до 1200 мг/доба баланс стає позитивним, але за подальшого його підвищення (до 2300 мг/доба) не поліпшується [60–63].

В. Dibba та співавт. [64] вивчали вплив додаткового споживання Са на кістковий приріст у дітей за низького надходження в їх організм Са (342 мг/доба), в яких діагностовано затримку статевого розвитку й недостатню кісткову масу. У результаті 12 міс лікування, протягом якого кількість кальцію в раціоні дітей становила 1056 мг/доба, збільшились мінеральна щільність кісткової тканини (МЩКТ), вміст мінеральних речовин у кістці. Рівень сироваткового остеокальцину в групі дітей, які споживали додаткову кількість кальцію, був вірогідно нижчим за відповідний показник у контрольній групі.

На сьогодні доведено, що адекватні рівні споживання Са та фізичної активності позитивно впливають на МЩКТ, запобіга-

ють пришвидшеній втраті її, особливо в постменопаузний період, знижують ризик остеопоротичних переломів [1, 6, 65]. Згідно з результатами численних досліджень, лікування препаратами кальцію в поєднанні з вітаміном D сприяє зниженню частоти переломів кісток скелета на 25–70 %. Це особливо очевидно на прикладі осіб, у раціоні яких підвищений вміст Са (понад 700 мг/доба) [66–68].

Використання Са для лікування остеопорозу спричинено такими групами чинників. По-перше, всмоктування Са в тонкій кишці з віком гальмується, а у хворих на остеопороз воно ще менше, ніж у здорових осіб цього ж віку. По-друге, хворі на остеопороз та люди старшого віку (більш як 65 років) не здатні компенсувати знижене споживання Са посиленням його всмоктуванням, що є основним механізмом запобігання негативному балансу Са. Без посиленої абсорбції організм не може збалансувати немінучі втрати Са з сечею та калом, у результаті чого вміст Са в сироватці крові підтримується тільки за рахунок його виходу з кісток скелета. По-третє, на ці вікові явища накладає відбиток і те, що постменопауза пов'язана зі зниженням всмоктування Са і негативним його балансом. По-четверте, хворі на остеопороз споживають близько 600 мг/доба Са, що значно менше, ніж надходить в організм здорових осіб цього ж віку й ніж необхідно для запобігання негативному балансу кальцію [40, 58].

Незважаючи на доведену позитивну роль Са в метаболізмі КТ, на сьогодні в багатьох популяціях реєструється «дефіцит кальцію» в раціоні харчування дітей і дорослих (рис. 14.1). В Україні середній рівень споживання кальцію становить 430–450 мг/доба як підлітками, так і пацієнтами старших вікових груп. Майже половина українських жінок у постменопаузний період споживають менш як 400 мг/доба Са (рис. 14.2), що негативно позначається на метаболізмі кісткової тканини [61].

Збільшення кальцієвого дефіциту в організмі різних верств населення має свої причини, в тому числі залежить від віку та культури харчування.

Можливі причини кальцієвого дефіциту

- Заміна молока на безалкогольні напої

- Харчування у громадських закладах
- Невиважений вплив батьків і вихователів
- Необізнаність із проблемою дефіциту кальцію і неналежне ставлення до неї
- Необдуманий контроль маси тіла та рівня споживання жирів
- Смакові уподобання
- Дефіцит ферментів (лактази)

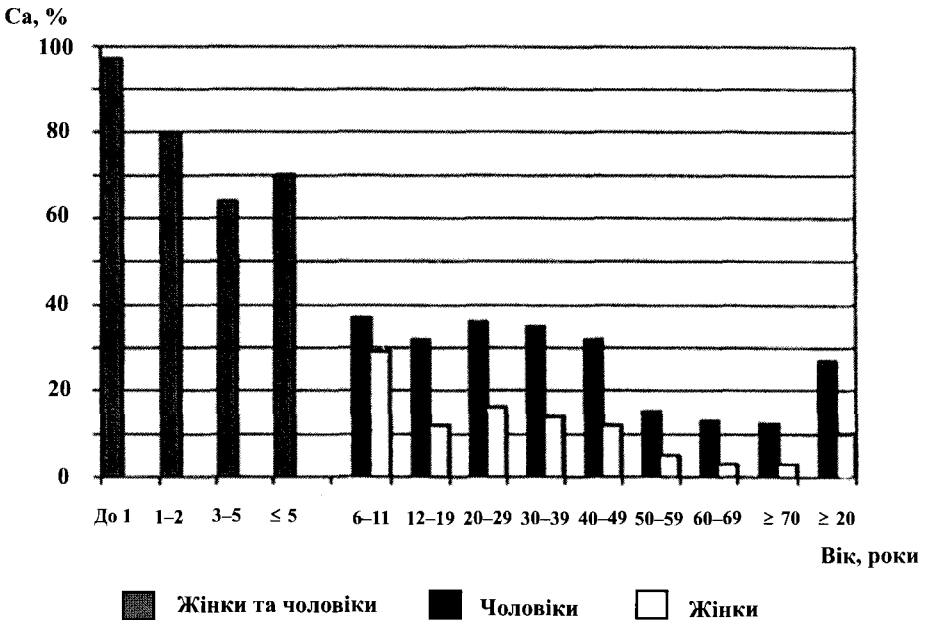


Рис. 14.1. Рівень споживання кальцію населенням залежно від статі і віку (США, 1994–1996; адаптовано за D. Gregory et al., 2001)

На думку багатьох учених, істотним чинником є заміна молока на інші, зокрема безалкогольні напої, особливо в дитячому віці. Доведено, що для розвитку нормального скелета у фактичному раціоні харчування мають бути адекватні кількості Ca та вітаміну D [12, 53]. Рівень споживання Ca, особливо в період росту, відіграє важливу роль у формуванні піка кісткової маси та досягненні її максимальної кількості в період розвитку скелета, від

чого надалі залежить ризик виникнення остеопорозу. За зниженого піка кісткової маси ймовірність розвитку захворювання та його ускладнень значно вища. Періоди активного накопичення кісткової маси та інтенсивного росту організму збігаються в часі. У цей період особливо важливими є рівень споживання Са з їжею і фізична активність, які визначають відповідно 3–5 і 4–7 % накопичення кісткової маси в період розвитку скелета. За достатнього споживання Са й належного рівня фізичної активності ризик розвитку остеопоротичних переломів стегнової кістки знижується на 50 %. Надходження в організм достатньої кількості Са запобігає виникненню переломів у дитячому віці.



Рис. 14.2. Вміст кальцію в раціоні харчування українських жінок у постменопаузний період

Нині кальцій – основний негормональний засіб, який застосовують для профілактики остеопорозу. Численні літературні дані підтвердили, що за додаткового надходження в організм кальцію (0,5–1,5 г/доба) зменшується інтенсивність втрати КТ жінок у постменопаузний період. Застосування Са сприяє зниженню частоти переломів хребців, стегнової кістки в осіб старших вікових груп. Згідно з результатами проведених досліджень, число переломів стегнової кістки у чоловіків і жінок, у фактичному раціоні харчування яких вміст Са перевищував 700 мг/доба зменшилось на 60 % порівняно з тими, хто споживав його менш як 500 мг/доба.

Згідно з численними рекомендаціями щодо профілактики та лікування остеопорозу, прийом препаратів кальцію і вітаміну D є обов'язковою складовою його комплексної терапії, що має серйозну доказову базу [69–72]:

Роль препаратів кальцію і вітаміну D в профілактиці та лікуванні остеопорозу

Рекомендація	Рівень доказовості
Адекватне вживання кальцію та вітаміну D, які містяться в харчових продуктах або лікарських засобах – важлива складова профілактики та лікування остеопорозу	А
Комбінований прийом кальцію та вітаміну D знижує частоту переломів, включаючи перелом шийки стегнової кістки, у літніх жінок з високим ризиком розвитку цього перелому, які живуть у будинках для престарілих, а також у чоловіків і жінок віком 65 років і старших	А
Тривалий прийом кальцію зменшує швидкість втрати кісткової тканини в різних ділянках скелета	Б

Профілактика системного остеопорозу, зокрема його постменопаузної форми, передбачає тривале застосування препаратів кальцію. Згідно з результатами досліджень, регулярний тривалий прийом препаратів кальцію в достатній дозі не тільки знижує інтенсивність кісткової резорбції, а й зменшує ризик переломів. Дані лонгітудинальних досліджень підтвердили, що ефективність прийому Са залежить від дози: зареєстровано зниження на 60 % кількості переломів стегнової кістки в чоловіків і жінок, які приймали Са в кількості більш як 765 мг/доба, порівняно з тими, хто приймав його 470 мг/доба. Деякі епідеміологічні дослідження свідчать про зниження ризику переломів шийки стегнової кістки за тривалого прийому препаратів кальцію, а також про зменшення втрати КТ з віком на 50 % [1].

Збалансоване застосування препаратів кальцію та вітаміну D розглядають як один із найраціональніших підходів у профілактиці остеопорозу. В дорослих людей адекватне споживання Са асоціюється з вірогідним зниженням швидкості втрати кісткової маси й ризику переломів кісток скелета. Прийом потрібної організму кількості Са стабілізує показники МЩКТ у жінок в постменопаузний період, у чоловіків і жінок похилого й старечого

віку знижує рівень біохімічних маркерів, які характеризують резорбцію КТ, у тому числі й у жінок у ранній постменопаузний період, коригує збільшення кісткового ремоделювання, що індукується паратиреоїдним гормоном.

Відомо, що в жінок у пре- та постменопаузні періоди відбуваються циркадні зміни резорбції КТ з максимальною її вираженістю в ранні ранкові години, які відображають циркадні коливання синтезу ПТГ. Тому, на думку деяких фахівців, препарати кальцію найефективніше приймати у вечірні години. Прийом 1000 мг Са у вечірні години в ранній постменопаузний період знижує темпи резорбції КТ [73, 74].

Встановлено, що препарати кальцію підвищують ефективність антирезорбентів у комплексі антиостеопоротичної терапії. J.W. Nievis та співавт. [75] проаналізували 31 опубліковане дослідження, у 20 з яких пацієнтки приймали ЗГТ у комбінації з додатковим введенням кальцію, в 11 – ЗГТ без додаткового введення кальцію. Вони довели, що ефективність проведеного лікування була вірогідно вищою в пацієнток першої групи (рис. 14.3).

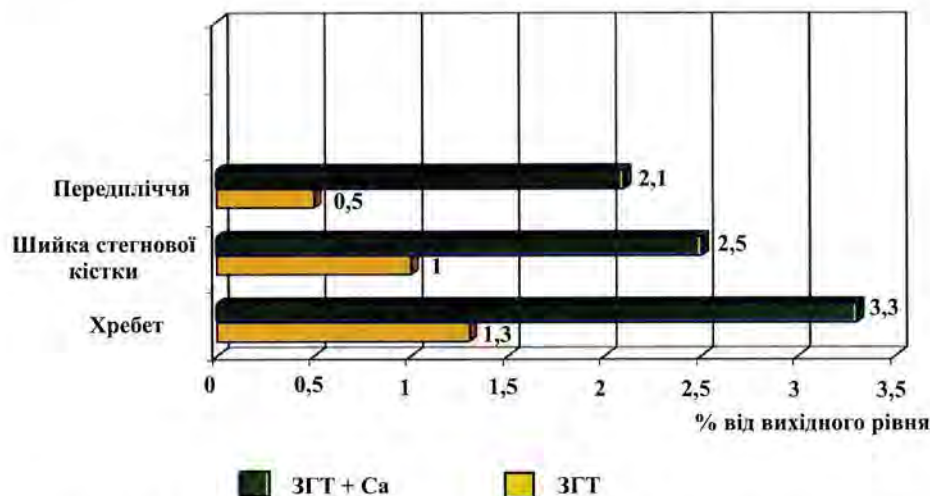


Рис. 14.3. Ефективність замісної гормональної терапії залежно від додаткового вживання кальцію (адаптовано за J.W. Nievis et al., 1998)

Подібні результати отримано при аналізі ефективності лікування постменопаузального остеопорозу кальцитоніном для інтраназального введення (200 МО на прийом). Приріст кісткової маси зафіксовано тільки в 6 дослідженнях, де разом із кальцитоніном протягом 2 років хворі додатково приймали Са, тоді як у пацієнтів, які лікувалися кальцитоніном без додаткового введення кальцію, динаміка показника МЩКТ поперекового відділу хребта була негативною ($-0,2\%$) [75].

Крім того, усім хворим, які отримували глюкокортикоїди (ГК), рекомендовано додатково приймати Са (не менш як 1000 мг/доба) і вітамін D (близько 500 МО/доба), оскільки вони запобігають зниженню МЩКТ у різних ділянках скелета, принаймні у хворих, які отримували невеликі дози ГК. Все вищесказане дає підставу припустити, що прийом препаратів кальцію та вітаміну D може бути ефективним щодо запобігання втраті КТ і профілактики переломів кісток скелета не тільки в осіб літнього й старечого, а й молодшого віку, а також у хворих на вторинний остеопороз, зокрема ГК-індукований.

Аналіз літературних даних підтвердив, що на тлі прийому Са в рекомендованих дозах побічні ефекти розвиваються вкрай рідко (приблизно з такою ж частотою, як і в групі хворих, які приймали плацебо).

В останні роки дослідники приділяють особливу увагу вивченню ролі порушень кальцієвого гомеостазу в розвитку не тільки остеопорозу, а й інших захворювань, характерних для людей літнього і старечого віку, таких як атеросклероз, ішемічна хвороба серця, гіпертонічна хвороба, порушення мозкового кровообігу, дегенеративні захворювання хребта (остеохондроз, спондиліоз), суглобів (остеоартроз) [76]. Ці захворювання, які разом із остеопорозом найбільш поширені серед людей літнього і старечого віку, японський дослідник Т. Fujita у 1997 р. запропонував визначати як «кальційдефіцитні» хвороби людини.

Нещодавно група найавторитетніших експертів Американського національного фонду з вивчення остеопорозу дала рекомендації щодо застосування Са та вітаміну D, зокрема:

- лікування препаратами кальцію економічно ефективно навіть у жінок з нормальними показниками МЩКТ;
- на тлі лікування препаратами кальцію ризик переломів знижується не менш як на 10 %;
- у хворих із дефіцитом вітаміну D лікування препаратами кальцію та вітаміном D знижує ризик переломів кісток скелета на 30 %;
- адекватне споживання кальцію (з їжею або препаратами кальцію) слід рекомендувати всім жінкам незалежно від прийому інших антиостеопоротичних препаратів.

14.2. Роль вітаміну D у метаболізмі кісткової тканини

Сьогодні вчені особливу увагу в забезпеченні гомеостазу кістки поряд із Ca приділяють вітаміну D. Відомо, що тривалий дефіцит вітаміну D (ДВД) може призводити до демінералізації КТ, є причиною розвитку вторинного гіперпаратиреозу, який підвищує темпи ремоделювання та резорбції КТ, що, в свою чергу, змінює її мікроархітектуру й спричинює розвиток остеомалачії та остеопорозу. Існує прямий кореляційний зв'язок між МЩКТ та ризиком переломів, доведено також, що зі зниженням міцності та щільності КТ ризик переломів збільшується [77–79].

Значення вітаміну D для організму людини та його метаболізм. Вітамін D (кальциферол) – це група біологічно активних жиророзчинних сполук, що включає понад 50 метаболітів, які утворюються зі стеринів під впливом ультрафіолетового опромінення в тканинах тварин і рослин. На думку вчених, вітамін D продукувався фітопланктоном – ранньою формою життя на Землі – ще понад 750 млн років тому для захисту різних макромолекул (білки, ДНК, РНК) живих організмів від ультрафіолетового випромінювання [77]. У ссавців вітамін D набув функції гормону з різноманітними біологічними механізмами дії, з яких одним із основних є його участь у забезпеченні кальцієм процесів кісткоутворення й розвитку скелета [80]. З погляду еволюції вітамін D є найдавнішим із нині відомих гормонів, а важливе його значення для організму людини зумовлене численними впливами на

різні органи й системи організму за допомогою регуляції функції близько 2000 генів [81].

Вітамін D традиційно відносять до групи жиророзчинних. Однак на відміну від усіх інших сам по собі він біологічно неактивний і лише внаслідок двоступеневої метаболізації в організмі переходить в активну – гормональну форму. Остання взаємодіє з рецепторами до вітаміну D (VDR), що локалізуються в ядрах клітин багатьох тканин і органів. Хоча такий спосіб реалізації біологічної активності характерний для гормонів, дотримуючись історичної традиції, в науковій літературі кальциферол продовжують називати саме вітаміном D [82, 83].

Ергокальциферол (D_2) – найпоширеніша природна форма вітаміну D, який утворюється в рослинах з ергостеролу під дією сонячного світла. В організм людини ергокальциферол надходить у відносно невеликих кількостях – не більш як 20–30 % потреби в ньому. Основними джерелами поповнення його запасів є продукти зі злакових рослин. Вітамін D_2 перетворюється з утворенням похідних, дія яких подібна до дії метаболітів вітаміну D_3 [84, 85].

Вітамін D_3 – холекальциферол – синтезується в організмі хребетних тварин, у тому числі амфібій, рептилій, птахів і ссавців. У зв'язку з цим він відіграє важливішу роль у процесах життєдіяльності людини, ніж вітамін D_2 , який надходить із їжею. Вітамін D_3 утворюється в дермальному шарі шкіри з попередника провітаміну D_3 – 7-дегідрохолестеролу під впливом короткохвильового ультрафіолетового опромінення спектра В (УФ-В) (довжина хвилі 290–315 нм) у результаті фотохімічної реакції розриву кільця стероїдного ядра й термоізомеризації, характерної для секостероїдів. Саме холекальциферол розглядають як «справжній, або істинний» вітамін D, тоді як інших представників цієї групи відносять до модифікованих похідних вітаміну D [86–88].

Вітамін D, який надходить з їжею або утворюється в організмі у процесі ендогенного синтезу, в результаті двох послідовних реакцій гідроксилування біологічно малоактивних прегормональних форм переходить в активні гормональні види: найважливіший, якісно й кількісно значущий 1,25-дигідроксивітамін D

($1,25(\text{OH})_2\text{D}$), так званий D-гормон (кальцитріол) і мінорний – $24,25(\text{OH})_2\text{D}$ [87, 89]. Рівень утворення D-гормону в організмі дорослої здорової людини становить близько 0,3–1,0 мкг/доба. Перша реакція гідроксилування здійснюється переважно в печінці (до 90 %) за участю мікросомального ферменту 25-гідроксилази з утворенням проміжної біологічно малоактивної транспортної форми – 25(OH) вітаміну D, або кальцидіолу [90, 91].

Вітамін D гідроксильується в печінці без будь-яких позапечінкових регуляторних впливів і є повністю субстратозалежним процесом. Реакція 25-гідроксилування відбувається доволі швидко й веде до підвищення рівня 25(OH) вітаміну D (25(OH)D) в сироватці крові. Рівень останнього відображає як утворення вітаміну D у шкірі, так і надходження його з їжею, у зв'язку з чим він слугує маркером вмісту вітаміну D в сироватці крові [78, 92]. Частково транспортна форма 25(OH)D, яка надходить в жирову й м'язову тканини, може створювати тканинні депо з невизначеним терміном існування (рис. 14.4).

Подальша реакція 1α -гідроксилування 25(OH)D відбувається переважно в клітинах проксимальних відділів каналців кори нирок за участю ферменту 1α -гідроксилази (25-гідроксивітамін D- 1α -гідроксилаза, CYP27B1). У значно меншому, ніж у нирках, обсязі 1α -гідроксилування здійснюється клітинами лімфогемопоетичної системи, в кістковій тканині та, як встановлено останнім часом, клітинами деяких інших тканин, що містять як 25(OH)D, так і 1α -гідроксилазу. Як CYP27B1 та її інші ізоформи, так і 1α -гідроксилаза є класичними мітохондріальними й мікросомальними оксидазами зі змішаними функціями, які беруть участь у перенесенні електронів від НАДФ через флавопротеїни й феродоксин у цитохром P450 (див. рис. 14.4) [93].

В ентероцитах активування VDR супроводжується анаболічним ефектом – інтенсифікацією синтезу кальбіндину 9K-кальцій-зв'язувального білка, який секретується в просвіт кишки, зв'язує Ca^{2+} і транспортує його крізь кишкову стінку в лімфатичні судини, потім у судинну систему [80, 92, 94]. Ефективність цього механізму підтверджує той факт, що лише 10–15 % кальцію і 60 % фосфору абсорбуються в кишечнику без участі вітаміну D. Вза-

ємодія між $1,25(\text{OH})_2\text{D}$ та VDR підвищує ефективність кишкової абсорбції Ca^{2+} до 30–40 %, а фосфору – до 80 % [95, 96]. Подібні механізми дії D-гормону є основою реабсорбції Ca^{2+} у нирках [97]. Разом із описаними механізмами $1,25(\text{OH})_2\text{D}$ здатний посилювати абсорбцію Ca^{2+} в кишечнику й через негеномний механізм дії (феномен «transcaltachia»), який розвивається протягом кількох хвилин і при цьому, ймовірно, відбувається без потенціювання транскрипції генів TRPV6 і кальбідину D9k [98].

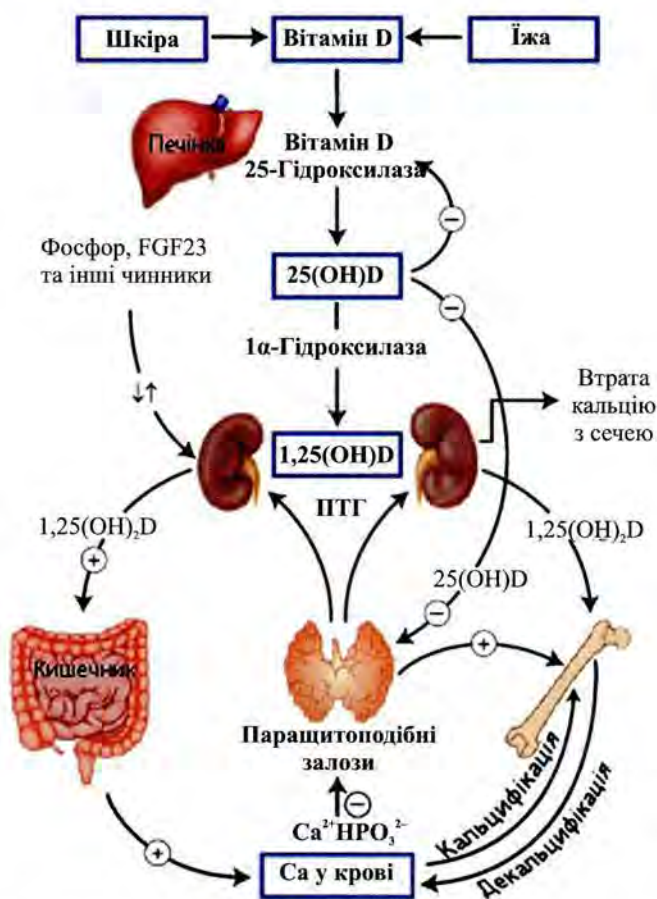


Рис. 14.4. Схема гідроксилування вітаміну D та його вплив на кальцій-фосфорний гомеостаз (адаптовано за S.J. Wimalawansa, 2012)

Низький рівень іонів кальцію посилює секрецію ПТГ парашитоподібними залозами. У свою чергу, ПТГ активує синтез $1,25(\text{OH})_2\text{D}$, стимулює абсорбцію кальцію з кишечника, а також мобілізує кальцій із кісткового депо.

$1,25(\text{OH})_2\text{D}$ взаємодіє з VDR в остеобластах, стимулює експресію ліганду рецептора-активатора ядерного чинника κB , який, у свою чергу, взаємодіє з рецептором-активатором ядерного чинника κB , індукує трансформацію незрілих моноцитів у зрілі остеокласти, які розчиняють матрикс, мобілізують кальцій та інші мінерали з КТ [80].

Утворення $1,25(\text{OH})_2\text{D}$ в нирках регулюється низкою ендогенних та екзогенних чинників. Зокрема, регуляція синтезу $1,25(\text{OH})_2\text{D}$ в нирках є безпосередньою функцією ПТГ, на вміст якого в крові, у свою чергу, за механізмом зворотного зв'язку впливають як рівень найактивнішого метаболіту вітаміну D, так і концентрація кальцію та фосфору в плазмі крові. Крім того, 1α -гідроксилазу й процес 1α -гідроксилювання активують також і інші чинники, зокрема статеві гормони (естрогени, андрогени), кальцитонін, пролактин, гормон росту (через інсуліноподібний фактор росту 1) та ін. Інгібіторами 1α -гідроксилази є $1,25(\text{OH})_2\text{D}$ і низка його синтетичних аналогів, зокрема глюкокортикостероїди, фактор росту фібробластів (FGF23), що секретується в клітинах КТ і зумовлює утворення натрій-фосфат-котранспортера, який діє в клітинах нирок і тонкої кишки та чинить гальмівний вплив на синтез $1,25(\text{OH})_2\text{D}$. На метаболізм вітаміну D впливають також деякі лікарські засоби (наприклад, протиепілептичні, глюкокортикоїди) [93, 95].

$1,25(\text{OH})_2\text{D}$ підвищує експресію 25-гідроксивітаміну D-24-гідроксилази (CYP24R) – ферменту, який каталізує його подальше перетворення, внаслідок чого синтезується водорозчинна біологічно неактивна кальцитрієнова кислота, яка виділяється з жовчю.

Усі перелічені компоненти метаболізму вітаміну D та VDR об'єднують в ендокринну систему вітаміну D. Її функції полягають у здатності генерувати біологічні реакції в понад 40 тканинах-мішенях унаслідок регуляції VDR транскрипції генів (генномний механізм) і швидких позагеномних реакцій, що відбуваються в процесі взаємодії з VDR, які локалізуються на поверхні

низки клітин. Із залученням геномних і позагеномних механізмів D-ендокринна система бере участь у регуляції мінерального гомеостазу (насамперед у рамках кальцій-фосфорного обміну), концентруванні електролітів та обміні енергії, пригнічує клітинну проліферацію, індукцію кінцевого диференціювання, інгібує ангиогенез, стимулює синтез інсуліну, пригнічує секрецію реніну, активує синтез кателіцидину в макрофагах [86, 97].

У результаті ДВД знижується всмоктування кальцію та фосфору в кишечнику, внаслідок чого підвищується рівень ПТГ, виникає вторинний гіперпаратиреоз, за якого загальний рівень кальцію в сироватці крові знаходиться в межах норми через мобілізацію останнього з КТ й посилене виведення фосфору нирками [99, 100]. Опосередковане паратиреоїдним гормоном збільшення активності остеокластів супроводжується зниженням загальної МЦКТ, унаслідок чого розвиваються остеопенія й остеопороз [79]. Фосфатурія, зумовлена вторинним гіперпаратиреозом, призводить до зниження рівня фосфору в сироватці крові до нижньої межі норми або й більше. Наслідком цього є порушення співвідношення Са і Р, що викликає дефекти мінералізації скелета [101]. У дітей грудного та переддошкільного віку в разі дефіциту вітаміну D розвивається рахіт, який характеризується множинними деформаціями кісток. У дорослих зони росту кісток вже закриті, тому в кістках скелета міститься достатньо мікроелементів для запобігання деформаціям, тому дефект мінералізації, відомий як остеомаліяція, часто не діагностується [80].

ДВД також призводить до м'язової слабкості; у дітей м'язова гіпотонія є причиною ускладнень при стоянні й ходінні, люди літнього віку гірше утримують рівновагу тіла, тому частіше падають, що підвищує ризик переломів, особливо на тлі зниженої МЦКТ [102].

Остеомаліяція супроводжується локалізованими або генералізованими болями в кістках і м'язах. При цьому спочатку починають боліти кістки між суглобами, в чому полягає її відмінність від артралгій (при артриті біль виникає всередині суглоба) і фібралгій (біль дифузний, асоціюється з болем у м'язах і сухожиллі) [83].

Дуже часто в пацієнтів, які захворіли на остеомалюцію, виникає слабкість у проксимальних м'язах кінцівок, порушується хода. Оскільки зони росту в дорослих закриті, то рентгенологічні зміни при остеомалюції мають характер псевдопереломів (так звані зони Лоозера або лінійні чи волосиноподібні ділянки про-світління) тазових і метатарзальних кісток, шийки стегнової кістки, латерального кута лопатки [103, 104].

Біохімічні маркери остеомалюції такі самі, як і при рахіті: підвищення активності ЛФ, зниження рівня Са, Р, іПТГ, 25(OH)D в сироватці крові. Слід зауважити, що гістологічно підтверджений діагноз остеомалюції частіше реєструється за рівня 25(OH)D < < 25 нг/мл, проте М. Priemel та співавт. [105] зазначили, що не в усіх пацієнтів із ДВД остеомалюція реєструється гістологічно.

Отже, на сьогодні знання про роль вітаміну D в організмі людини доволі широкі. Добре досліджено основні шляхи впливу вітаміну D на метаболізм КТ, як через механізми стимулювання абсорбції кальцію з кишечника, так і безпосередньо на остеокласти та остеобласти. Встановлено, що інтенсивність синтезу гормональної форми вітаміну D залежить від низки чинників, до яких належать транспортні білки (DBP, альбумін), ферменти (25-гідроксилаза, 24-гідроксилаза, 1- α -гідроксилаза), VDR, FGF23, деякі гормони (статеві, кальцитонін, пролактин, гормон росту) та низка медикаментів.

Дефіцит і недостатність вітаміну D в сироватці крові дорослого населення України. Територія України знаходиться на різних географічних широтах, тому середній вміст вітаміну D в різних регіонах країни може бути різним. Крайня північна точка нашої держави знаходиться на державному кордоні біля с. Грем'яч Чернігівської області (52°22' північної широти), крайня південна – на мисі Сарич в Автономній Республіці Крим (44°23' північної широти), крайня західна – на кордоні з Угорщиною та Словаччиною у м. Чоп Закарпатської області (48°05' північної широти), крайня східна – на кордоні з Росією в с. Червона Зоря Міловського району Луганської області (49°15' північної широти). Протяжність території країни між крайніми точками з півночі на південь 893 км, із заходу на схід – 1316 км.

Щоб з'ясувати частоту ДВД й недостатність вітаміну D серед населення країни, ми провели одномоментне епідеміологічне дослідження. Обстежено п'ять регіонів: західний (Закарпатська, Львівська, Тернопільська та Хмельницька області), східний (Донецька та Луганська області), центральний (Вінницька область), північний (Київська область), південний (Одеська область). Для визначення впливу вікового чинника та сезону на рівень 25(OH)D в сироватці крові людей досліджували різні вікові групи населення в різні пори року.

В експеримент включали лише тих осіб, які не вживали препаратів кальцію та вітаміну D протягом останніх 6 міс. Критеріями виключення з обстеження були: наявність захворювань ендокринної системи, які можуть впливати на стан КТ; тяжка супутня патологія нирок, печінки, здатна впливати на синтез 25(OH)D. У групу обстежуваних не входили пацієнти з тяжкою серцево-судинною патологією, захворюваннями сполучної тканини, зловживаннями новоутвореннями в анамнезі, а також пацієнти, які зловживали алкоголем.

Для верифікації діагнозу дефіциту й недостатності вітаміну D використовували останню класифікацію, прийняту Міжнародним Інститутом медицини та Комітетом ендокринологів зі створення настанов для клінічної практики, згідно з якою дефіцит вітаміну D в дітей та дорослих розглядається як клінічний синдром, зумовлений низьким рівнем 25(OH)D в сироватці крові (< 50 нмоль/л); недостатність вітаміну D діагностують за рівня 25(OH)D в сироватці крові > 50 й < 75 нмоль/л. Рівень 25(OH)D в сироватці крові $> 75,0$ нмоль/л вважають нормою.

Усього обстежено 1575 мешканців України віком 20–89 років, переважну більшість серед яких становили жінки (86,3 %). Рівень вітаміну D оцінювали за вмістом 25(OH)D₃ в сироватці крові. Рівні 25(OH)D та іПТГ у сироватці крові досліджували електрохімілюмінесцентним методом на аналізаторі Elecsys 2010 (Roche Diagnostics, Німеччина) за допомогою тест-систем cobas.

Згідно з результатами досліджень, лише в 4,6 % мешканців України рівень 25(OH)D в сироватці крові був у межах норми, у 13,6 – недостатній, у 81,8 % – ДВД (рис. 14.5).

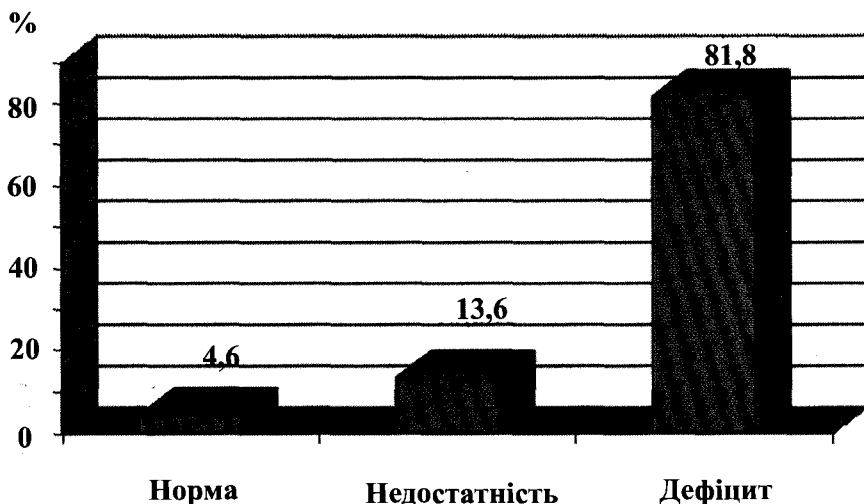


Рис. 14.5. Частота дефіциту й недостатності вітаміну D в сироватці крові дорослого населення України

Отримані дані відповідають результатам дослідження, проведеного у Польщі, в яких було встановлено, що 92 % жінок у постменопаузний період (середній вік 71,6 року) страждають на ДВД, 25 % – на тяжкий ДВД [101]. За даними іншого спостереження, проведеного серед жінок літнього віку, які проживали у Варшаві, лише 4 % із них мали показник 25(OH)D в сироватці крові в межах норми, недостатність вітаміну D діагностовано у 12,8, ДВД – у 83,2 % жінок [106].

У результаті порівняння даних обстеження мешканців західних регіонів Білорусі та України встановлено, що середній рівень 25(OH)D в сироватці крові населення Білорусії становив $(44,2 \pm 17,95)$ [107], України – $31,54 \pm 1,22$ нмоль/л.

Аналіз показників 25(OH)D в сироватці крові обстежених залежно від віку засвідчив (табл. 14.2), що вірогідно вищий рівень $41,16 \pm 2,53$ нмоль/л, ($p < 0,01$) реєструвався в молодих осіб віком 35–44 роки порівняно з обстеженими 60–74 та 75 років і старших ($p < 0,05$). Рівень 25(OH)D в сироватці крові був найнижчим у групі людей 35–44 роки – $30,97 \pm 1,74$ нмоль/л і вірогідно відрізнявся від вікових груп 45–59 та 60–74 роки ($p < 0,05$).

Частота дефіциту вітаміну D в сироватці крові населення різних вікових груп ($M \pm t$)

Статус вітаміну D	Вік, роки					Усього (n = 1575)
	20–34 (n = 117)	35–44 (n = 140)	45–59 (n = 521)	60–74 (n = 670)	75 і старші (n = 127)	
25(OH)D, нмоль/л	41,16 ± 2,53 ^{##}	30,97 ± 1,74	34,91 ± 0,91 [#]	34,08 ± 0,77 ^{*#}	32,65 ± 1,77 [*]	34,49 ± 0,53
Частота недостатності вітаміну D	20 (17,1 %)	19 (13,6 %)	78 (15,0 %)	83 (12,4 %)	14 (11,0 %)	214 (13,6 %)
Частота дефіциту вітаміну D	84 (71,8 %)	117 (83,6 %)*	420 (80,6 %)*	561 (83,7 %)**	107 (84,3 %)*	1289 (81,8 %)
Частота тяжкого дефіциту вітаміну D (< 25 нмоль/л)	35 (29,9 %)	67 (47,9 %)*	194 (37,2 %)	237 (35,4 %)	51 (40,2 %)	584 (37,1 %)

Примітка. Вірогідні відмінності рівня 25(OH)D в сироватці крові обстежених порівняно з віковою групою 20–34 роки (* – $p < 0,05$, ** – $p < 0,01$) і порівняно з віковою групою 35–44 роки ([#] – $p < 0,05$, ^{##} – $p < 0,01$).

Результати вивчення частоти дефіциту й недостатності вітаміну D в організмі дорослого населення країни засвідчили їх наявність в усіх обстежених, проте частота залежала від віку людей. Вірогідно нижчий відсоток ДВД в молодих осіб порівняно з населенням інших вікових груп ($p < 0,05 \dots p < 0,01$). Найчастіше ДВД реєстрували в осіб, старших 75 років. Найвищу частку тяжкого ДВД виявлено у віковій групі 35–44 роки, вона була вірогідно більшою порівняно з групою молодих осіб ($p < 0,05$). Подібні результати отримали й інші дослідники [108, 109].

Середній рівень 25(OH)D в сироватці крові жінок становив $33,8 \pm 0,6$ нмоль/л і був вірогідно нижчим ($p < 0,001$) порівняно з аналогічним показником у чоловіків – $38,9 \pm 1,6$ нмоль/л. Вірогідні відмінності виявлено лише у вікових групах 45–59 років ($p = 0,03$) і 60–74 роки ($p < 0,001$) (табл. 14.3).

Таблиця 14.3

Вплив статі на рівень 25(OH)D в сироватці крові дорослого населення України ($M \pm m$)

Вік, роки	Рівень 25(OH)D, нмоль/л		<i>p</i>
	Жінки	Чоловіки	
20–34	$42,5 \pm 2,9$	$36,6 \pm 5,2$	0,33
35–44	$29,9 \pm 1,9$	$35,4 \pm 3,9$	0,20
45–59	$34,1 \pm 0,9$	$39,8 \pm 2,8$	0,03
60–74	$33,3 \pm 0,8$	$41,7 \pm 2,9$	0,001
75 і старші	$32,3 \pm 1,9$	$34,3 \pm 4,2$	0,68
<i>Всього</i>	$33,8 \pm 0,6$	$38,9 \pm 1,6$	0,001

Чимало вчених отримало подібні результати при проведенні аналогічних досліджень, але статеві відмінності вони пояснили збільшенням індексу маси тіла (ІМТ), зниженням споживання молока (останнє в США, як правило, збагачене вітаміном D) та ширшим використанням сонцезахисних кремів жінками порівняно з чоловіками [42, 110].

Ми проаналізували залежність рівня 25(OH)D в сироватці крові мешканців України від ІМТ. Згідно з результатами дисперсійного аналізу, ІМТ впливає на варіабельність рівня 25(OH)D в

сироватці крові як жінок, так і чоловіків ($F = 2,9, p = 0,02$). Рівень 25(OH)D в сироватці крові був вірогідно нижчим в осіб із дефіцитом маси тіла і становив $25,5 \pm 4,2$, а з $IMT > 35 \text{ кг/м}^2 - 29,8 \pm 1,4$ нмоль/л. У цих групах зареєстровано найвищий відсоток ДВД і тяжкого ДВД. Слід зазначити, що частота ДВД була вірогідно вищою в обстежених з $IMT = 30,0...34,9$ та $> 35 \text{ кг/м}^2$ і становила відповідно 85,1 та 88,8 % обстежених (порівняно з групою осіб з IMT у межах норми; $p < 0,05 \dots p < 0,01$). У групі обстежених із дефіцитом маси тіла відсоток тяжкого ДВД був найвищим (58,9 %) (табл. 14.4).

Таблиця 14.4

Частота дефіциту вітаміну D в сироватці крові дорослого населення України залежно від індексу маси тіла ($M \pm m$)

Показник	ІМТ, кг/м ²				
	< 18,5 (n = 26)	18,5–24,9 (n = 302)	25,0–29,9 (n = 398)	30,0–34,9 (n = 228)	> 35 (n = 123)
25(OH)D, нмоль/л	25,5 ± 4,2	35,6 ± 1,4	34,9 ± 1,1	34,2 ± 1,4	29,8 ± 1,4
ДВД, %	88,5	77,8	80,9	85,1*	88,8**
Тяжкий ДВД, %	57,9*	38,1	36,9	36,0	41,4

Примітка. Вірогідні відмінності порівняно з показником групи обстежених з $IMT 18,5-24,9 \text{ кг/м}^2$ (* – $p < 0,05$, ** – $p < 0,01$).

Згідно з отриманими даними, $IMT < 18,5$ і $> 35 \text{ кг/м}^2$ є чинниками ризику розвитку ДВД у мешканців України. Літературні дані підтвердили, що ожиріння є чинником розвитку ДВД [111, 112], оскільки вітамін D як жиророзчинний швидко кумулюється в жирових депо.

Оскільки в літературі є дані щодо залежності синтезу вітаміну D від географічної широти [113–115], ми провели епідеміологічне дослідження рівня 25(OH)D в сироватці крові населення різних географічних регіонів України.

Всього вивчено 1371 зразок крові людей різних віку та статі. У результаті дисперсійного аналізу виявлено вплив регіону про-

живання людей на варіабельність рівня 25(OH)D в сироватці крові ($F = 13,16$, $p < 0,0001$): рівень 25(OH)D був вірогідно вищим у мешканців південного регіону порівняно з особами з інших регіонів країни ($p < 0,001$; рис. 14.6).

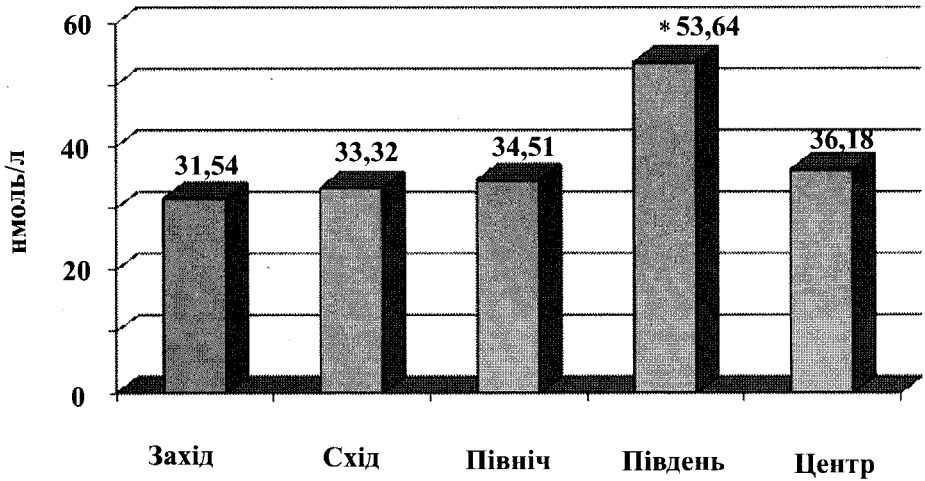


Рис. 14.6. Середній рівень 25(OH)D в сироватці крові дорослого населення України залежно від регіону проживання

(* – вірогідна відмінність показника 25(OH)D у мешканців південного регіону ($p < 0,001$) по відношенню до решти регіонів)

Отже, в сироватці крові мешканців південного регіону рівень 25(OH)D в 1,5–1,7 раза вищий порівняно з обстеженими іншими регіонами. Літературні дані підтвердили, що географічне положення регіону є одним із важливих предикторів розвитку ДВД у мешканців Південної Європи [113].

За даними детального аналізу залежності частоти ДВД від регіону проживання населення, найнижчий рівень 25(OH)D в сироватці крові реєструвався в осіб західного регіону країни (табл. 14.5). Істотні відмінності щодо наявності ДВД і тяжкого ДВД виявлено в жителів західного й південного регіонів країни: в осіб західних областей відсоток ДВД і тяжкого ДВД був найвищим і становив відповідно 85,9 та 43,5 %, а в осіб південного регіону частка тяжкого ДВД сягала лише 20 %.

Таблиця 14.5

Частота дефіциту вітаміну D в сироватці крові дорослого населення України залежно від географічного положення регіону ($M \pm m$)

Показник	Регіон проживання					<i>p</i>
	Захід (<i>n</i> = 209)	Схід (<i>n</i> = 227)	Північ (<i>n</i> = 638)	Південь (<i>n</i> = 50)	Центр (<i>n</i> = 247)	
25(OH)D, нмоль/л	31,5 ± 1,2	32,3 ± 1,1	34,5 ± 0,9	53,6 ± 4,6	36,2 ± 1,1	< 0,001
ДВД, %	85,9	86,0	81,9	50,0	81,3	–
Тяжкий ДВД, %	43,5	37,5	22,7	20,0	27,1	–

Встановлені відмінності щодо частоти ДВД обумовлені кліматичними особливостями території країни. Так, у напрямку із заходу на схід в Україні зростає континентальність клімату, яка виявляється не тільки у збільшенні амплітуди температур, зменшенні кількості опадів, а й у зростанні числа сонячних днів. Зокрема, у Львівській області 174, Київській – 157, Вінницькій – 152, Донецькій – 129, Одеській – лише 70 хмарних днів на рік [66, 116].

У результаті проведеного дослідження виділено ще один чинник, який вірогідно впливає на рівень 25(OH)D в сироватці крові обстежених – це географічне положення території, де вони мешкають. Найвищу частоту важкого ДВД серед населення західних областей можна пояснити, зокрема, меншим числом сонячних днів у році.

Ми оцінили також вплив сезонного чинника на рівень 25(OH)D в сироватці крові обстежених. Аналіз отриманих результатів дав вірогідно вищі показники рівня 25(OH)D в осіб у літню пору року ($40,11 \pm 0,99$ нмоль/л), а саме в серпні ($p < 0,00001$). Найнижчі показники у них зареєстровано взимку – $30,47 \pm 1,2$ нмоль/л. Навесні та восени середній рівень 25(OH)D в сироватці крові обстежених становив відповідно $31,04 \pm 1,28$ і $23,97 \pm 1,12$ нмоль/л (рис. 14.7).

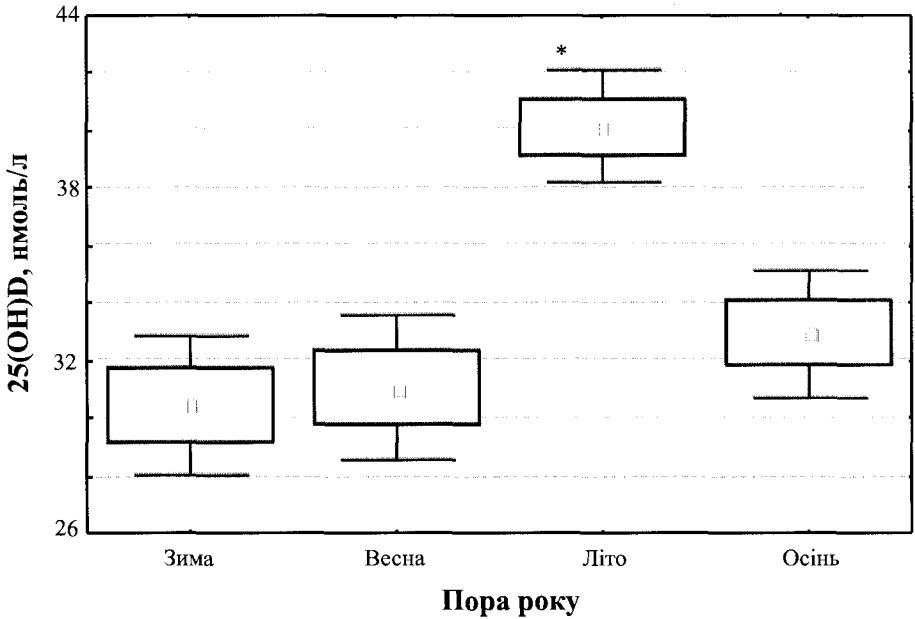


Рис. 14.7. Рівень 25(OH)D в сироватці крові обстежених залежно від пори року ($M \pm m$)

(* – вірогідна відмінність $p < 0,0001$)

Проаналізовано вплив сезонного чинника на вміст вітаміну D в сироватці крові мешканців різних вікових груп, виявлено істотні його коливання залежно від пори року (рис. 14.8).

Якщо в молодих людей найвищі рівні 25(OH)D в сироватці крові реєструвались влітку й вірогідно відрізнялися ($p < 0,001$) в обстежених однолітків в інші пори року, то в осіб зрілого віку рівні 25(OH)D в сироватці крові вірогідно відрізнялися лише взимку ($p < 0,05$) й були на 30,2 % нижчими порівняно із середніми показниками обстежених влітку. В осіб середнього віку найнижчі рівні 25(OH)D в сироватці крові виявляли навесні, вони були на 29,9 % нижчими від аналогічного рівня влітку ($p < 0,0001$) й на 17 % – взимку ($p < 0,05$). В осіб літнього віку рівні 25(OH)D в сироватці крові були найнижчими взимку і навесні – відповідно $29,1 \pm 1,4$ і $31,2 \pm 1,6$ нмоль/л порівняно з літніми показниками – $37,9 \pm 1,2$ нмоль/л. В осіб старечого віку середній рівень 25(OH)D

в сироватці крові був найнижчим взимку ($26,9 \pm 3,3$ нмоль/л) й вірогідно відрізнявся від середнього рівня в однолітків, обстежених влітку ($37,7 \pm 3,4$ нмоль/л) ($p < 0,05$).

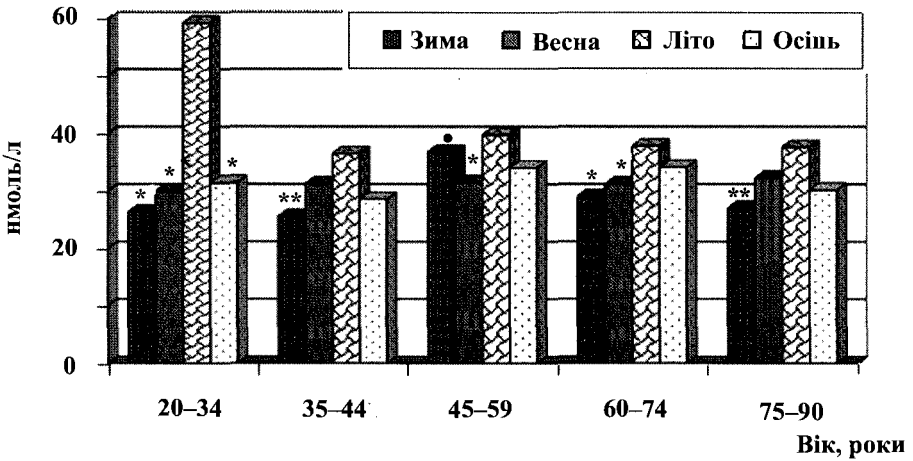


Рис. 14.8. Середній рівень 25(OH)D в сироватці крові населення України залежно від віку та пори року

Примітка. Вірогідні відмінності порівняно з показниками влітку (* – $p < 0,001$; ** – $p < 0,05$) та порівняно з показниками навесні (• – $p < 0,05$)

Найнижчий рівень 25(OH)D в сироватці крові реєстрували у лютому, він становив у пацієнтів старечого віку $12,36 \pm 1,23$, в осіб літнього віку – $22,34 \pm 2,06$, в обстежених молодого і зрілого віку – відповідно $18,53 \pm 5,86$ та $18,97 \pm 3,84$ нмоль/л (рис. 14.9).

Взявши до уваги літературні дані, згідно з якими вплив сезонного чинника на розвиток ДВД здебільшого є істотнішим, ніж географічне положення території проживання [23, 117], з метою виявлення залежності дефіциту та недостатності вітаміну D від пори року ми розділили усіх пацієнтів на дві групи: в першу групу увійшли ті, кого обстежували в зимовий період (із листопада по квітень), у другу – в літній період (із травня по жовтень). Встановлено, що частота дефіциту й недостатності вітаміну D в сироватці крові обстежених взимку становила відповідно 85,8 та 11,1 %, обстежених влітку – 79,5 та 15,1 % (рис. 14.10).

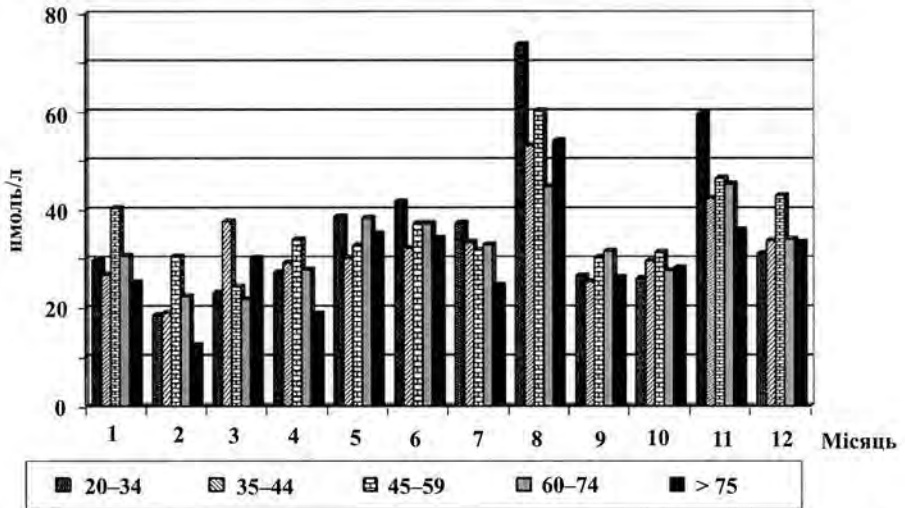


Рис. 14.9. Місячні коливання рівня 25(OH)D у сироватці крові обстежених різних вікових груп

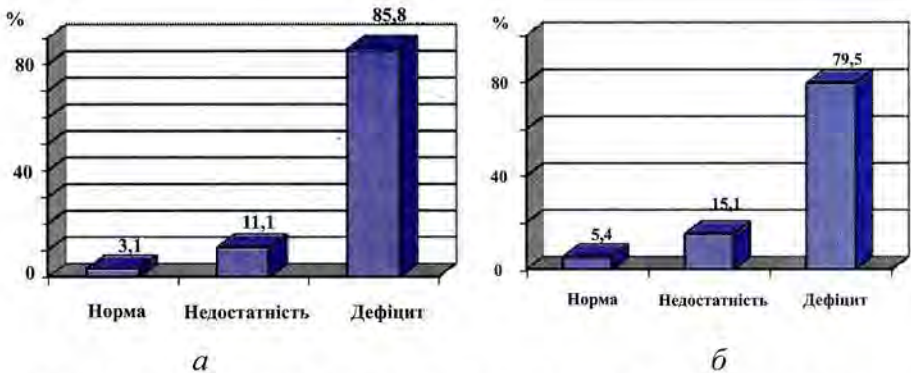


Рис. 14.10. Частота дефіциту вітаміну D в сироватці крові пацієнтів залежно від сезону обстеження:

а – зимовий період ($n = 579$ осіб); б – літній період ($n = 996$ осіб)

Влітку рівень 25(OH)D в сироватці крові молодих осіб був вірогідно вищим порівняно з аналогічним показником обстежених інших вікових груп ($p < 0,05 \dots 0,001$). Взимку вірогідних відмінностей щодо рівня 25(OH)D в сироватці крові людей різних вікових груп не виявлено (табл. 14.6).

Таблиця 14.6

Рівень 25(ОН)D в сироватці крові обстежених залежно від їх віку і пори року ($M \pm m$)

Вік, роки	Пора року				<i>p</i>
	Зима (<i>n</i> = 579)		Літо (<i>n</i> = 996)		
	<i>n</i>	25(ОН)D	<i>n</i>	25(ОН)D	
20–34	41	29,31 ± 2,63	76	47,56 ± 3,42	< 0,001
35–44	57	30,84 ± 2,84	83	31,06 ± 2,21	нв
45–59	207	35,23 ± 1,56	314	34,70 ± 1,11*	нв
60–74	235	29,81 ± 1,20	435	36,39 ± 0,97*	< 0,0001
75 і старші	39	28,55 ± 2,54	88	34,47 ± 2,27*	нв
Всього	579	31,73 ± 0,84	996	36,09 ± 0,68	< 0,0001

Примітки: нв – відмінності не вірогідні ($p > 0,05$); * – відмінності вірогідні порівняно з віковою групою обстежених 20–34 роки ($p < 0,001$).

Отримані нами результати підтвердили, що пора року вірогідно впливає на рівень 25(ОН)D в сироватці крові лише молодих людей ($p < 0,001$) та осіб літнього віку ($p < 0,001$).

Отже встановлено, що лише у 4,6 % дорослого населення України рівень 25(ОН)D в сироватці крові знаходиться в межах норми. З віком частка ДВД зростала і в осіб старечого віку становила 84,3 %. Середній рівень 25(ОН)D в сироватці крові жінок був вірогідно нижчим порівняно з чоловіками (відповідно $33,8 \pm 0,6$ та $38,9 \pm 1,6$ нмоль/л, $p < 0,001$) і залежав від ІМТ. Його вміст був вірогідно нижчим в осіб із дефіцитом маси тіла та з ІМТ > 35 кг/м² ($p < 0,05$). У цій групі обстежених зареєстровано найвищий відсоток ДВД та тяжкого ДВД.

Доведено, що географічне положення регіону проживання населення країни впливає на рівень 25(ОН)D в сироватці крові. Найнижчі показники останнього були в осіб західних областей, де виявлено найвищий відсоток ДВД і тяжкого ДВД. Вірогідно вищий рівень 25(ОН)D в сироватці крові порівняно з обстеженими з інших регіонів зафіксовано в мешканців південних областей, що маніфестувалося найнижчою часткою ДВД.

Також доведено вплив сезонного чинника на рівень 25(ОН)D в сироватці крові населення, вміст якого був найвищим улітку, а саме

в серпні. Виявлено, що пора року істотно впливає на рівень 25(OH)D в сироватці крові лише молодих людей та осіб літнього віку.

Рівень 25(OH)D в сироватці крові дитячого населення різних регіонів України. З метою вивчення частоти ДВД в сироватці крові дитячого населення було обстежено 304 школярі віком 10–17 років, серед яких переважали хлопчики (53,0 %); середній вік хлопчиків становив $13,20 \pm 0,17$ року, дівчаток – $13,22 \pm 0,17$ року. Рівень 25(OH)D в сироватці крові досліджували протягом 2 міс (жовтень, листопад 2011 р.), щоб виключити вплив сезонного чинника на цей показник.

Згідно з даними, поданими на рис. 14.11, частота ДВД у сироватці крові дитячого населення становила 88,5, недостатність – 8,9, а нормальний рівень – лише у 2,6 %. Слід зазначити, що тяжка форма ДВД траплялася в 43,8 % дітей, а в 11,2 % його рівень був нижчим від роздільної здатності приладу.

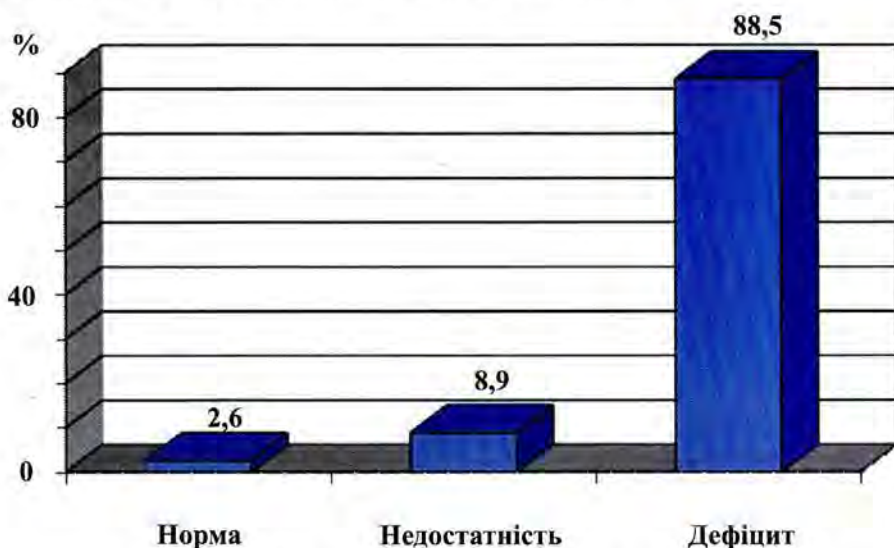


Рис. 14.11. Частота дефіциту вітаміну D в сироватці крові дитячого населення

Отримані нами результати дослідження співзвучні з даними праць науковців Росії, які констатували наявність ДВД у 63,6 % дітей м. Москва та у 43 % школярів м. Санкт-Петербург [118].

Інший колектив авторів установив, що серед 140 дітей, які постійно проживають в одній із рекреаційних зон Московської області, ДВД реєструвався у 38,6 %, тяжкий ДВД – у 2,9 % [119]. За даними дослідження, проведеного на півночі Китаю (Пекін), ДВД виявлено у 89 % дівчаток-підлітків [120].

Середній рівень 25(ОН)D у сироватці крові дітей пубертатного періоду становив $28,67 \pm 1,10$ нмоль/л і вірогідно не відрізнявся від його рівня в обстежених дітей віком 10–11 років ($32,47 \pm 2,30$) та 16–17 років ($33,59 \pm 3,56$ нмоль/л) (табл. 14.7).

Таблиця 14.7

Рівень 25(ОН)D в сироватці крові дітей різних вікових груп

Показник	Вік, роки		
	10–11 (<i>n</i> = 77)	12–15 (<i>n</i> = 178)	16–17 (<i>n</i> = 49)
25(ОН)D, нмоль/л	$32,47 \pm 2,30$	$28,67 \pm 1,10$	$33,59 \pm 3,56$
ДВД, %	87,0	91,0	81,6
Тяжкий ДВД, %	36,4	46,0	46,9

Слід констатувати, що частота ДВД у дітей коливалася від 81,6 до 91,0 %. Найбільшу частку важкого ДВД зареєстровано у школярів віком 16–17 років порівняно з дітьми 10–11 років (табл. 14.8). Серед дітей м. Київ ДВД діагностовано у 89,0 % випадків, недостатність вітаміну D – у 9,9 % обстежених. Найбільший відсоток школярів із рівнем 25(ОН)D в сироватці крові в межах норми зареєстровано серед дітей східного регіону (7,4 %), частка ДВД у них була найнижчою (84,2 %). Вірогідно частіше реєструвався тяжкий дефіцит вітаміну D в обстежених дітей західного регіону порівняно з їхніми однолітками Луганської області (відповідно 58,9 і 30,5 %, $p < 0,01$), що, ймовірно, зумовлено кліматичними особливостями регіонів (див. табл. 14.8).

Щоб вивчити вплив статі обстежених на рівень 25(ОН)D в сироватці крові всіх школярів за цим показником розділили на дві групи і на три вікові підгрупи. Проте вірогідних відмінностей рівня 25(ОН)D в сироватці крові хлопчиків і дівчаток у загальній групі та у будь-якій із вікових підгруп не встановлено.

Таблиця 14.8

Середній рівень 25(OH)D в сироватці крові та частота ДВД серед школярів різних регіонів України ($M \pm m$)

Показник	Регіон			p
	Схід ⁽¹⁾ (n = 94)	Північ ⁽²⁾ (n = 92)	Захід ⁽³⁾ (n = 118)	
Вік, роки	13,78 ± 0,24	13,14 ± 0,23	12,81 ± 0,15	$p_{1,3} < 0,01$
25(OH)D, нмоль/л	30,59 ± 2,62	28,42 ± 1,61	31,84 ± 1,12	–
ДВД, %	84,2	89,0	91,5	–
Тяжкий ДВД, %	58,9	45,5	30,5	$p_{1,3} < 0,01$

Щоб оцінити вплив ІМТ на рівень 25(OH)D в сироватці крові, ми проаналізували цей показник залежно від ІМТ у загальній групі та серед хлопчиків і дівчаток зокрема. У дітей із дефіцитом маси тіла (ІМТ < 18,5 кг/м²) медіана рівня 25(OH)D в сироватці крові відповідала 27,43 нмоль/л (LQ-UQ, 18,35; 40,89), у школярів з ІМТ у межах норми – 22,90 (14,55; 38,38), з надмірною масою тіла – мала тенденцію до підвищення і знаходилась у межах 35,71 нмоль/л (26,52; 47,58). Проте рівень 25(OH)D в сироватці крові хлопчиків з ІМТ у межах норми був вірогідно вищим порівняно з цим показником у дівчаток – відповідно 27,44 (17,75; 43,61) і 21,75 нмоль/л (12,63; 31,28) ($p < 0,05$).

Встановлено, що середній рівень 25(OH)D в сироватці крові дітей, які проживають у місті, становив 29,91 ± 1,10 нмоль/л, у сільських мешканців – 34,38 ± 3,78 нмоль/л, проте ці показники між групами вірогідно не відрізнялися ($p > 0,05$). Згідно з даними досліджень, зазначений чинник відіграє важливу роль у розвитку ДВД [106, 121].

У сироватці крові дітей першого року життя, яких годували груддю, рівень 25(OH)D був вірогідно вищим – 31,84 ± 1,48 нмоль/л порівняно з дітьми, які знаходилися на штучному вигодовуванні – 25,54 ± 1,64 нмоль/л ($p = 0,03$).

Аналіз даних анкет фактичного харчування, які заповнили 166 школярів, показав, що середній рівень вживання Ca становив 594,77 ± 15,35 мг/доба (Me 649 (488,7; 691,86) мг/доба), середня кількість вітаміну D, що надходив з їжею – 85,27 ± 4,56 МО/доба

(Ме 76,80 (58,70; 78,80) МО/доба). Отже, школярі не отримували рекомендованих кількостей кальцію й вітаміну D з продуктами харчування.

Встановлено, що діти західного регіону вживають вірогідно більшу кількість кальцію порівняно з однолітками, які проживають у східному регіоні – відповідно 58,32 (607,57; 691,76) і 470 (326; 685,35) мг/доба ($p < 0,00001$). Серед школярів східного регіону в 34,4 % обстежених рівень вітаміну D в добовому раціоні перевищував 100 МО/доба на відміну від мешканців західного регіону, де жодна дитина не отримувала вітамін D у дозі 100 МО/доба. Кількість споживаного вітаміну D школярами західного регіону становила 78,18 (74,0; 78,8), східного – 59,20 (42,9; 155,8) МО/доба.

Отже, в результаті дослідження констатовано недостатність вітаміну D у 8,9 %, а його дефіцит – у 88,5 % обстежених дітей України. Найвищий відсоток 25(OH)D у межах норми зареєстровано в сироватці крові школярів східних областей, проте в жодній дитині з обстежених із західного регіону цей показник не досягав нормального рівня.

Ми довели, що кліматичні умови проживання та низький рівень надходження вітаміну D з фактичними продуктами харчування є вагомими чинниками розвитку ДВД у школярів західного регіону України.

Мінеральна щільність кісткової тканини в населення України за різного рівня вітаміну D. З метою вивчення зв'язку між структурно-функціональним станом кісткової тканини (СФСКТ) та рівнем 25(OH)D в сироватці крові пацієнтів старших вікових груп ми у 2009–2011 рр. провели одномоментне епідеміологічне дослідження, в якому взяв участь 461 пацієнт. Рівень 25(OH)D в сироватці крові визначали в осінньо-весняний період року (з листопада по травень), щоб виключити вплив сезонного чинника на цей показник. СФСКТ вивчали за допомогою ультразвукової остеоденситометрії п'яркової кістки денситометром «Sahara» (Hologic). Рівень вітаміну D оцінювали за вмістом 25(OH)D₃ в сироватці крові. Рівні 25(OH)D та іПТГ у сироватці крові досліджували електрохемілюмінесцентним методом на аналізаторі Elecsys

2010 (Roche Diagnostics, Німеччина) з використанням тест-систем cobas.

Згідно з отриманими даними, остеопороз виявлено у 8,4 % обстежених, остеопенію – в 44,6, нормальний СФСКТ – у 47,0 % осіб. У 100 % осіб, хворих на остеопороз зареєстровано ДВД, у 40,5 % – діагностовано тяжкий ДВД. У пацієнтів, уражених остеопенією, частота ДВД становила 84,8 %, тяжкого ДВД – 36,8 %, нормальний рівень 25(OH)D в сироватці крові виявлено лише в 0,5 % обстежених. У пацієнтів із нормальним СФСКТ ДВД зафіксовано у 85,8 %, тяжкий ДВД – у 38,4 %, недостатність вітаміну D – у 14,7 % випадків (рис. 14.12).

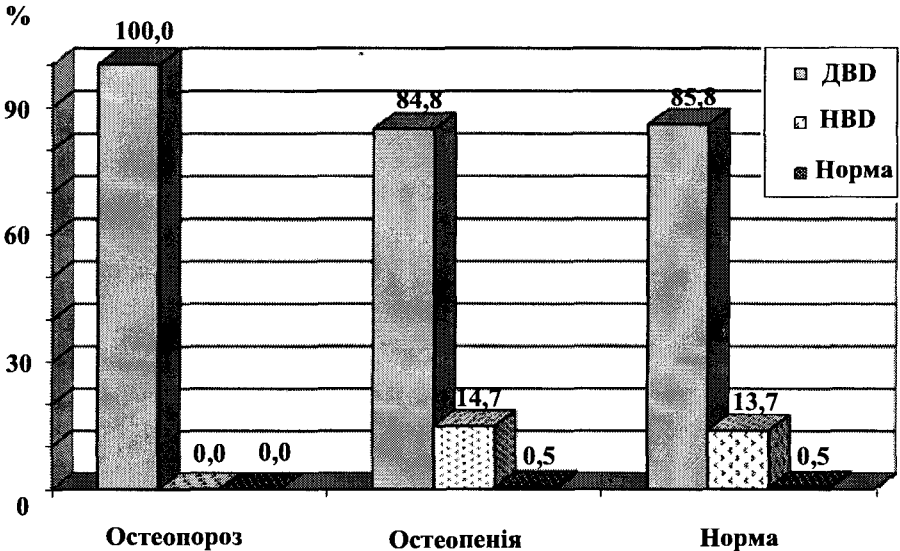


Рис. 14.12. Частота дефіциту та недостатності вітаміну D в сироватці крові обстежених залежно від структурно-функціонального стану кісткової тканини

З метою вивчення зв'язку між вмістом 25(OH)D в сироватці крові та МЦКТ було обстежено 782 хворих відділу клінічної фізіології та патології опорно-рухового апарату й амбулаторних пацієнтів Українського науково-навчального центру остеопорозу. МЦКТ різних відділів скелета визначали за допомогою двохенергетичного рентгенівського денситометра «Prodigy»

(GE Medical systems). Серед хворих переважали жінки (84,9 %) та пацієнти літнього і старечого віку (56,8 %). Середній вік обстежених жінок становив $59,33 \pm 0,49$, чоловіків – $55,10 \pm 1,6$ року. У 269 (34,4 %) хворих діагноз остеопорозу було встановлено на момент прийняття в стаціонар.

Аналізом результатів досліджень не виявлено зв'язку між рівнем 25(OH)D у сироватці крові та показниками рентгенівської денситометрії обстежених. Не було встановлено також вірогідної різниці між показниками МЦКТ у групі пацієнтів як із вторинним гіперпаратиреозом, так і без нього.

З урахуванням наявності зворотнього вірогідного кореляційного зв'язку між рівнями 25(OH)D та іПТГ ($r = -0,13, p = 0,03$) у сироватці крові обстежених досліджено залежність між іПТГ і показниками МЦКТ. Кореляційним аналізом виявлено вірогідні негативні зв'язки між рівнем іПТГ й МЦКТ досліджених відділів: шийки стегнової кістки ($r = -0,12, p < 0,01$), зони Варда ($r = -0,12, p < 0,01$), вертлюга ($r = -0,10, p < 0,05$), проксимального відділу стегнової кістки ($r = -0,10, p < 0,05$), ультрадистального та дистального відділу передпліччя ($r = -0,12, p < 0,01$). Слід зазначити, що між рівнем іПТГ та МЦКТ кісток, які переважно побудовані з губчатої КТ, такого кореляційного зв'язку не зафіксовано.

Отже, в усіх пацієнтів із вперше виявленим системним остеопорозом реєструється дефіцит чи тяжкий дефіцит вітаміну D. Проте в обстежених хворих на системну остеопенію і з нормальним СФСКТ, дефіцит вітаміну D коливається в межах 84,8–85,8 %.

Особливості перебігу системного остеопорозу на тлі дефіциту вітаміну D. З метою вивчення особливостей клінічного перебігу системного остеопорозу на тлі дефіциту вітаміну D ми обстежили 283 пацієнти віком 40–94 роки, які спостерігалися в Українському науково-медичному центрі проблем остеопорозу. Дефіцит вітаміну D в сироватці крові діагностовано у 80,7 % обстежених, недостатність – в 11,5, нормальний рівень 25(OH)D – у 7,9 % пацієнтів. У 16,8 % пацієнтів його рівень був нижчим за роздільну здатність апарату, в 41,1 % хворих виявлено тяжкий ДВД. Частота вторинного гіперпаратиреозу в пацієнтів, хворих

на остеопороз, становила 13,9 %, в них зафіксовано негативний вірогідний тісний кореляційний зв'язок між рівнем вітаміну D та іПТГ, вірогідне зниження рівня 25(OH)D в сироватці крові з віком ($r = -0,11, p = 0,04$), проте рівень іПТГ з віком вірогідно не змінювався. Показники кісткового метаболізму вірогідно не відрізнялися у групі пацієнтів, хворих на остеопороз, на тлі різного рівня 25(OH)D в сироватці їх крові, однак простежувалась тенденція до зниження вмісту β -СТх із наростанням показника 25(OH)D. У пацієнтів з оптимальним і недостатнім рівнями вітаміну D показники іПТГ у сироватці крові були вірогідно нижчими (табл. 14.9).

Таблиця 14.9

Рівень маркерів кісткового метаболізму та інтактного паратгормону у пацієнтів за різного статусу вітаміну D

Показник	Дефіцит	Недостатність	Норма
	$n = 229$	$n = 34$	$n = 24$
P1NP, нг/мл	46,51 ± 25,74	42,48 ± 26,81	47,82 ± 20,55
Остеокальцин, нг/мл	26,78 ± 12,75	26,12 ± 16,27	28,28 ± 21,00
β -СТх, нг/мл	0,502 ± 0,282	0,459 ± 0,335	0,432 ± 0,242
іПТГ, пг/мл	47,22 ± 19,14	38,47 ± 13,60**	38,48 ± 11,79*

Примітка: P1NP – пропептиди проколагену першого типу; β -СТх – β -термінальний С-телепептид колагену першого типу; вірогідність показників порівняно з групою обстежених із ДВД (* – $p < 0,05$, ** – $p < 0,01$).

Кореляційним аналізом між рівнем 25(OH)D в сироватці крові та маркерами резорбції і формування кісткової тканини вірогідні тісні кореляційні зв'язки виявлено лише в групі пацієнтів із нормальним його рівнем. За ДВД вірогідні кореляційні зв'язки між цими показниками зникали і з'являвся зв'язок між рівнями 25(OH)D та іПТГ у сироватці крові (табл. 14.10).

У результаті дослідження стану МЩКТ у пацієнтів, хворих на остеопороз, за різного рівня 25(OH)D в сироватці їх крові вірогідної різниці показників МЩКТ не виявлено. Кореляційним аналізом встановлено зв'язки між МЩКТ і рівнем 25(OH)D в сироватці крові: вірогідні кореляції з МЩКТ у зоні Варда ($r = 0,14, p < 0,05$), на рівні вертлюга ($r = 0,18, p < 0,01$), проксимального

відділу стегнової кістки ($r = 0,16, p < 0,05$), кісток передпліччя 33 % ($r = 0,13, p < 0,05$).

Таблиця 14.10

Результати кореляційного аналізу зв'язків показників маркерів кісткового метаболізму та 25(OH)D у пацієнтів за різного статусу вітаміну D

Показник	Дефіцит		Недостатність		Норма	
	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
P1NP, нг/мл	-0,06	0,46	0,18	0,41	0,74	0,002
Остеокальцин, нг/мл	-0,09	0,27	0,18	0,09	0,68	0,007
β -СТх, нг/мл	-0,07	0,34	0,09	0,70	0,59	0,02
iПТГ, пг/мл	-0,16	0,04	-0,04	0,85	-0,08	0,77

82,2 % пацієнтів із ДВД в анамнезі життя мали переломи і лише в 7,1 % обстежених рівень 25(OH)D в сироватці крові був нормальним. У 16,4 % хворих на остеопороз зареєстровано переломи тіл хребців, вертебральні переломи в переважній більшості траплялися у пацієнтів із ДВД (86,5 %).

Для оцінювання впливу ДВД на інтенсивність болю та якість життя всіх пацієнтів було розділено на чотири групи: з тяжким дефіцитом вітаміну D – рівень 25(OH)D в сироватці крові < 25 нмоль/л; з помірним дефіцитом – > 25 і < 50 нмоль/л; із недостатністю вітаміну D; із рівнем 25(OH)D в сироватці крові в межах норми.

Аналізом інтенсивності больового синдрому в поперековому відділі хребта пацієнтів, хворих на остеопороз, залежно від рівня 25(OH)D в сироватці їх крові встановлено, що інтенсивність больового синдрому вірогідно вища у пацієнтів із тяжким та помірним ДВД – відповідно 44,0 (29,0; 53,0) і 45,5 (31,5; 57,5) порівняно з 12,5 (11,0; 14,5) балів у пацієнтів з рівнем 25(OH)D у межах норми ($p < 0,05$) (рис. 14.13). У хворих із недостатністю вітаміну D індекс болю становив 35,0 (23,0; 42,5) балів і вірогідно відрізнявся від аналогічного показника в групі обстежених з оптимальним рівнем 25(OH)D в сироватці крові ($p < 0,001$).

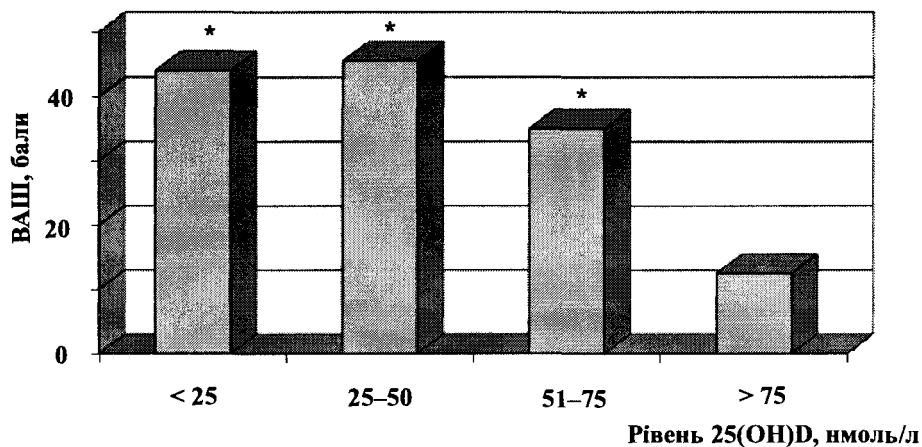


Рис. 14.13. Вираженість больового синдрому за візуально-аналоговою шкалою (ВАС) у поперековому відділі хребта пацієнтів, хворих на системний остеопороз, залежно від рівня 25(OH)D в сироватці їх крові

(* – вірогідність різниці показника $p < 0,001$ порівняно з групою обстежених з оптимальним рівнем 25(OH)D в сироватці крові)

Показники якості життя за шкалою EuroQoL-5D у пацієнтів із рівнем 25(OH)D в сироватці крові в межах норми були вірогідно нижчими порівняно з групою обстежених з помірним ДВД і становили 4,0 (3,0; 5,0) бали порівняно з 5,0 (4,0; 6,0) балів ($p < 0,05$). У хворих із тяжким ДВД показник якості життя становив 5,0 (4,0; 6,0) балів, за недостатності вітаміну D – 5,0 (3,0; 5,0) балів, що істотно не відрізнялися від показників групи з оптимальним рівнем 25(OH)D в сироватці крові ($p > 0,05$). Результати анкетування пацієнтів за опитувальником ECOS-16 вірогідно були нижчими у пацієнтів з нормальним рівнем 25(OH)D в сироватці крові і становили 30,0 (20,0; 32,0) балів. У хворих із тяжким дефіцитом вітаміну D цей показник дорівнював 48,0 (37,5; 54,0), з помірним дефіцитом – 49,0 (41,0; 58,0) балів, з недостатністю – 48,0 (36,0; 48,0) балів, у всіх випадках порівняння ($p < 0,05$) (рис. 14.14).

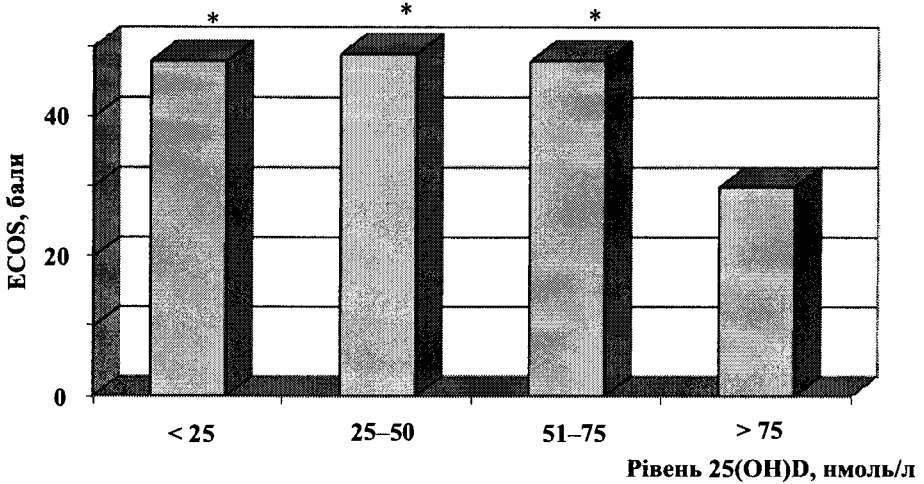


Рис. 14.14. Показник якості життя за шкалою ECOS-16 у пацієнтів, хворих на остеопороз, залежно від рівня 25(OH)D в сироватці крові

(* – вірогідність різниці показника $p < 0,05$ порівняно з групою обстежених з оптимальним рівнем 25(OH)D в сироватці крові)

Отже, результати проведеного нами дослідження підтвердили, що у хворих на системний остеопороз вірогідно підвищується рівень іПТГ порівняно з групою осіб із рівнем 25(OH)D в сироватці крові в межах норми, а також простежується тенденція до зростання маркера резорбції кісткової тканини (β -СТХ) за незмінених показників формування КТ. За ДВД розвивається вторинний гіперпаратиреоз, який посилює резорбцію КТ. За нашими даними, у пацієнтів, хворих на остеопороз, на тлі дефіциту вітаміну D інтенсивність больового синдрому була вірогідно вищою, а показники якості життя за шкалою EuroQoL-5D вірогідно нижчими порівняно з аналогічними показниками у пацієнтів із рівнем 25(OH)D в сироватці крові в межах норми ($p < 0,05$). Відомо, що здебільшого остеопороз не викликає больового синдрому. Остеомаляція, що виникає за тривалого ДВД, супроводжується больовим синдромом, який помилково приймають за прояв фіброміалгії або за хронічний больовий синдром при депресії [87]. Больовий синдром при остеомаляції зумовлений активуван-

ням періостальних сенсорних фібрил у результаті мікропереломів і деформації кісток скелету [100].

Отримані нами результати дають підставу припустити, що посилення больового синдрому й погіршення якості життя обстежених, хворих на системний остеопороз, на тлі дефіциту вітаміну D обумовлені розвитком у них остеомалаяції, що вказує на важливість вивчення рівня 25(OH)D у хворих на системний остеопороз і обґрунтовує необхідність коригування дефіциту вітаміну D.

Зв'язок між рівнем 25(OH)D в сироватці крові та структурно-функціональним станом кісткової тканини в дітей. Дуже цікавим є вивчення впливу ДВД на формування піка кісткової тканини у дітей, оскільки такі дослідження в нашій країні досі не проводились. З цією метою проведено ультразвукову денситометрію 191 дитини віком 10–17 років, які проживають у трьох регіонах: західному (м. Тербовля, Тернопільська область, обстежено 118 школярів), північному (м. Київ, оглянуто 25 дітей), східному (м. Луганськ, проведено дослідження 48 дітей).

Показники СФСКТ нижчі за референтні величини, виявлено у 13,6 % обстежених. У західному регіоні школярів із низьким СФСКТ було 11,9 % усіх оглянутих, в м. Київ – 4,0, в Луганську – 22,4 %.

Рівень 25(OH)D в сироватці крові школярів із нормальним СФСКТ становив 27,43 (17,96; 39,24), із низьким – 21,97 (16,20; 30,86) нмоль/л. Проте вірогідної різниці показників не виявлено, групи також вірогідно не відрізнялися за рівнем іПТГ, який у дітей із низьким СФСКТ становив 32,54 (25,59; 40,82), за СФСКТ у межах норми – 34,15 (25,59; 40,82) пг/мл.

Групи обстежених дітей вірогідно не відрізнялися за віком. Низький СФСКТ зафіксований у школярів середнього віку 13,3 (11,0; 15,0), нормальний СФСКТ – 13,1 (11,0; 14,0) років.

Для аналізу результатів вивчення залежності СФСКТ від рівня 25(OH)D в сироватці крові школярів було розділено на три підгрупи. Оскільки кількість обстежених із недостатністю та нормальним рівнем 25(OH)D в сироватці крові була невеликою (відповідно 14 і 2 особи), їх об'єднали в одну групу. У дітей із рівнем 25(OH)D в сироватці крові > 50 нмоль/л реєстрували вірогідно

вищі показники денситометрії п'яткової кістки порівняно зі школярами з тяжким ДВД (табл. 14.11). Вірогідної різниці між СФСКТ у групах пацієнтів із помірним і тяжким ДВД не виявлено.

Таблиця 14.11

Показники структурно-функціонального стану кісткової тканини у дітей залежно від рівня 25(ОН)D в сироватці їх крові ($M \pm m$)

Показник	Рівень 25(ОН)D, нмоль/л		
	< 25	25–50	> 50
ІМ, %	93,7 ± 2,51	96,61 ± 1,88	105,03 ± 6,12*
еМЩКТ, г/см ²	0,528 ± 0,019	0,554 ± 0,014	0,574 ± 0,024*
ШПУ, м/с	1557,2 ± 5,41	1563,6 ± 3,62	1573,61 ± 6,70*
ШОУ, дБ/МГц	62,45 ± 2,57	72,24 ± 2,18	69,95 ± 2,44

Примітка. еМЩКТ – екстрапольований показник мінеральної щільності кісткової тканини; ШПУ – швидкість поширення ультразвуку; ШОУ – широкосмугове ослаблення ультразвуку; (* – вірогідність різниці між групами обстежених дітей із тяжким ДВД та з рівнем 25(ОН)D > 50 нмоль/л; $p < 0,05$).

При аналізі впливу іПТГ на показники СФСКТ лише у дітей пубертатного періоду виявлено негативний вірогідний кореляційний зв'язок між рівнем іПТГ і показниками ультразвукової денситометрії, такими як ІМ ($r = -0,19$, $p < 0,05$), еМЩКТ ($r = -0,23$, $p < 0,01$), ШОУ ($r = -0,19$, $p < 0,05$).

Отже, встановлено зв'язок між структурно-функціональним станом кісткової тканини дітей і ступенем дефіциту вітаміну D в їх організмі. Доведено, що у школярів із тяжким дефіцитом вітаміну D сповільнюється формування піка кісткової маси порівняно з однолітками, в яких рівень 25(ОН)D в сироватці крові > 50 нмоль/л ($p < 0,05$), що обумовлено негативним впливом паратгормону на КТ.

В останні роки значно розширилися знання про роль вітаміну D в розвитку остеопорозу, опубліковано міжнародні рекомендації щодо оцінювання, лікування й профілактики дефіциту вітаміну D [80, 122].

У 2011 р. вийшли друком методичні рекомендації з дослідження, лікування та профілактики дефіциту вітаміну D – «Evaluation, treatment, and prevention of vitamin D deficiency: an endocrine society clinical practice», розроблені Інститутом медицини (Institute of Medicine) та Комітетом ендокринологів зі створення установок для клінічної практики (Endocrine Practice Guidelines Committee) [80, 123]. У них визначено, що дефіцит вітаміну D у дітей та дорослих – це клінічний синдром, обумовлений низьким рівнем 25(OH)D в сироватці крові. Затверджено класифікацію дефіциту й недостатності вітаміну D (табл. 14.12), визначено його профілактичні та лікувальні дози (табл. 14.13) [80, 122].

Таблиця 14.12

Класифікація дефіциту й недостатності вітаміну D
(адаптовано за M.F. Holick et al., 2011)

Діагноз	Рівень 25(OH)D в сироватці крові	
	нг/мл	нмоль/л
Норма	30–149	75–374
Недостатність вітаміну D	20–29	50–74
Дефіцит вітаміну D	< 20	< 50
Інтоксикація вітаміном D	> 150	> 375

Європейська асоціація аспектів остеопорозу й остеоартрозу (ESCEO), спираючись на рекомендації Міжнародного фонду остеопорозу та Інституту медицини у 2013 р. опублікувала оновлені рекомендації щодо коригування рівня вітаміну D в сироватці крові людей старечого віку й жінок у постменопаузний період [122].

Визначено, що для пацієнтів старечого віку та осіб із м'язовою слабкістю рівень 25(OH)D у сироватці крові має відповідати 75 нмоль/л і вище, оскільки у цих категорій пацієнтів ризик падінь і переломів високий, особливо якщо в їх анамнезі вже є низькоенергетичні переломи [122].

Таблиця 14.13

Рекомендовані дози вітаміну D (МО) згідно з методичними рекомендаціями [122]

Вікова група, роки	Середня доза	Максимальна доза	Група ризику	
			Середня доза	Максимальна доза
Чоловіки				
9–13	400–600	4000	600–1000	4000
14–18	400–600	4000	600–1000	4000
19–30	400–600	4000	1500–2000	10 000
31–50	400–600	4000	1500–2000	10 000
51–70	400–600	4000	1500–2000	10 000
70 і старші	400–800	4000	1500–2000	10 000
Жінки				
9–13	400–600	4000	600–1000	4000
14–18	400–600	4000	600–1000	4000
19–30	400–600	4000	1500–2000	10 000
31–50	400–600	4000	1500–2000	10 000
51–70	400–600	4000	1500–2000	10 000
70 і старші	400–800	4000	1500–2000	10 000

У рекомендаціях зазначено, що в разі виявлення недостатності та дефіциту вітаміну D в осіб старечого віку або жінок у постменопаузний період необхідно коригувати рівень 25(OH)D в сироватці крові для поліпшення стану КТ й запобігання ускладненням від дефіциту вітаміну D.

Рівень 25(OH)D в сироватці крові можна підвищити, збільшивши споживання вітаміну D з продуктами харчування, або фортифікованих продуктів, або додатково з препаратами вітаміну D. Фортифікувати бажано молочні продукти, що вже використовується в Європі і сприяє більшому засвоєнню кальцію до 35–40 % [124]. Доцільно фортифікувати продукти як кальцієм, так і вітаміном D, оскільки вони є ключовими елементами для мінералізації матриксу КТ. Останні дослідження довели ефективність фортифікації молочних продуктів вітаміном D, унаслідок чого істотно й на тривалий час підвищуються рівень 25(OH)D

в сироватці крові дорослого населення. Фортифікація кальцієм (400 мг) і вітаміном D (200 МО) на порцію йогурту або молока позитивно впливає на перебіг системного постменопаузального остеопорозу [125]. Однак доведено також, що лише вживання фортифікованих продуктів не є достатнім для досягнення оптимального рівня вітаміну D, особливо в групі ризику і в пацієнтів, хворих на системний остеопороз [126].

Крім вживання фортифікованих продуктів хворим потрібно додатково приймати 800 МО/доба вітаміну D. В результаті проспективного дослідження 113 жінок, які мешкали в будинках престарілих, визначено, що прийом вітаміну D в дозі 880 МО/доба забезпечує зростання рівня 25(OH) D > 50 нмоль/л, що супроводжується збільшенням м'язової сили й МЦКТ на рівні стегнової кістки ($p < 0,001$) [127]. Призначення вітаміну D в дозі 1600 МО/доба додатково не поліпшувало м'язову силу і МЦКТ [127]. Врахувавши результати цих досліджень і попередні рекомендації, Міжнародна асоціація остеопорозу та ESCEO запропонували додатково призначати вітамін D в дозі 800–1000 МО/доба [122], що відповідає більшості рекомендацій стосовно вітаміну D для країн Європи для пацієнтів віком 60–70 років [128, 129].

Доведено однакову ефективність призначення препаратів вітаміну D: щодня, щотижня, щомісяця [68]. Частота прийому препарату залежить від тривалості його застосування.

Методичні рекомендації пропонують не призначати річну дозу вітаміну D одноразово ні внутрішньом'язово, ні в таблетованій формі. Рандомізованим контрольованим дослідженням ефективності разової річної дози вітаміну D₂ 300 000 МО, яку вводили внутрішньом'язово 9440 жінкам і чоловікам старечого віку, доведено, що ризик неverteбральних переломів і падінь істотно не знижувався [122]. Крім того, одноразовий прийом річної дози вітаміну D може бути шкідливим, що підтвердили результати нещодавно проведеного рандомізованого контрольованого дослідження ефективності вітаміну D₃ у дозі 500 000 МО серед 2256 жінок старечого віку: встановлено підвищення частоти переломів і падінь [130].

Згідно з рекомендаціями ESCEO, призначення препаратів вітаміну D безпечне для осіб із рівнем 25(OH)D в сироватці крові 50–75 нмоль/л [122, 131]. Побічні явища, такі як гіперкальціємія, гіперкальційурія і нефролітіаз, можливі за рівня 25(OH)D у сироватці крові > 125 нмоль/л. Безпечною максимальною дозою вітаміну D вважають 10 000 МО/доба, хоча побічні явища можуть виникнути в разі використання чотирикратної дози [132].

Отже, відповідно до рекомендацій ESCEO (2013), рівень 25(OH)D в сироватці крові пацієнтів < 50 нмоль/л негативно впливає на стан кісткової тканини. ESCEO рекомендує особам старечого віку і жінкам у постменопаузний період із рівнем 25(OH)D в сироватці крові < 50 нмоль/л призначати препарати вітаміну D у дозі 800–1000 МО/доба для досягнення цільового рівня вітаміну D. Пацієнти, хворі на системний остеопороз, із рівнем 25(OH)D в сироватці крові < 50 нмоль/л також мають додатково приймати препарати вітаміну D в дозі 800–1000 МО/доба. Згідно з рекомендаціями ESCEO, цільовим терапевтичним рівнем 25(OH)D у сироватці крові людей старечого віку є 75 нмоль/л і вище. На сьогодні розроблено сучасні міжнародні рекомендації стосовно оцінювання, лікування і профілактики дефіциту вітаміну D в населення різних віку і статі, а також рекомендації з діагностики, лікування та профілактики остеопорозу у чоловіків, жінок в постменопаузний період, які впроваджуються в практику охорони здоров'я в багатьох країнах Європи та США.

14.3. Вплив мінеральних елементів і деяких вітамінів на обмін у кістковій тканині

Магній (Mg) в організмі людини активізує понад 300 важливих ферментативних реакцій, зокрема бере участь у метаболізмі кісткової тканини, передачі нервового збудження, активує роботу жовчного міхура й жовчовивідних шляхів, перистальтику кишок, сприяє видаленню ксенобіотиків і продуктів їх метаболізму, активує ферменти вуглеводного обміну тощо. Останнім часом роль Mg оцінюють з позиції його унікальної властивості – слугувати

природним антагоністом Са й регулювати тим самим усю різноманітність життєво важливих функцій, які залежать від наявності іонів Са. Прийнято вважати, що оптимальним співвідношенням Са : Mg є 2 : 1, його співвідношення необхідно підтримувати в харчовому раціоні. Відомо, що як надлишок, так і нестача Mg призводить до гальмування всмоктування Са в кишечнику. Нестача Mg в їжі знижує біодоступність Са і може спричинити деякі форми рахіту чи остеопорозу [5]. Дефіцит Mg призводить до гіпокальціємії, зниження рівнів ПТГ та $1,25(\text{OH})_2$ -вітаміну D, що пришвидшує розвиток остеопорозу [133].

В експерименті на щурах визначено вплив дефіциту Mg на фоні нормального вживання Са на структурно-функціональний стан кістки та втрату її маси. Після 12 тижнів експерименту встановлено, що рівень Mg у сироватці крові знижувався, а рівень Са підвищувався в групі тварин з дефіцитом Mg. Рівні ПТГ й $1,25(\text{OH})_2\text{D}$ також були нижчими за відповідні показники в контролі. Вміст Са та P у кістці не змінювався, але вірогідно зменшувалась кількість Mg. Дані гістоморфометрії продемонстрували втрату кісткової маси, особливо її трабекулярного шару. За дефіциту Mg значно зростала кількість остеокластів і відповідно ділянок кісткової резорбції на фоні незмінного кісткоутворення, що спричинювало неузгодженість процесів кісткоутворення та резорбції [133].

За надлишку Mg у харчовому раціоні знижується екскреція Са з сечею, що може позначатись на структурно-функціональному стані кістки [134]. Крім того, надлишок Mg пришвидшує обмін у КТ, в основному внаслідок стимуляції остеокластів [37].

Згідно з даними деяких досліджень на дорослій популяції, високий вміст Са в раціоні харчування може негативно впливати на утилізацію Mg, однак зафіксовано також позитивний вплив вищезазначеного співвідношення Са та Mg на кістки дітей.

М.В. Andon та співавт. [135] вивчали дію різних кількостей Са (667 і 1667 мг/доба) у харчовому раціоні на рівень Mg у сироватці крові 26 дівчаток протягом 14 діб. Рівень Mg не відрізнявся в групах дітей, які вживали різні кількості Са, корелював з рівнем його вживання та даними кишкової абсорбції. Автори дійш-

ли висновку, що високий вміст Ca в сироватці крові не впливає на утилізацію та обмін Mg в організмі дівчаток.

S.A. Abrams та співавт. [136] оцінили баланс Ca і Mg в організмі дівчаток та хлопчиків віком 9–14 років на тлі відносно високого рівня вживання Ca (1310 ± 82 мг/доба). Вірогідних відмінностей в абсорбції Ca чи Mg відносно статі не виявлено. Вміст Ca в крові позитивно корелював із рівнями кальцидіолу та лужної фосфатази (ЛФ) сироватки крові, однак вірогідних відмінностей між цими показниками і балансом Mg не зафіксовано. Аналізом даних встановлено, що для пубертату порівняно з препубертатом характерне збільшення загальної абсорбції Ca з 750 до 1350 мг/доба на тлі незмінного вживання Mg ($6,4 \pm 1,2$ мг/кг/доба).

За даними проведених нами досліджень, у жінок літнього й старечого віку був виражений дисбаланс основних мінеральних елементів, які впливають на ремоделювання КТ, що може негативно впливати на темпи втрати її маси в постменопаузний період життя жінки (табл. 14.14).

Таблиця 14.14

Вміст кальцію, фосфору та магнію в харчовому раціоні жінок різного віку

Нутрієнт	Вік, роки			
	55–59	60–64	65–69	70–74
Кальцій, мг	$557,1 \pm 98,8$	$457,1 \pm 30,7$	$435,2 \pm 34,2$	$470,9 \pm 34,3$
Магній, мг	$303,9 \pm 22,1$	$300,3 \pm 19,5$	$303,5 \pm 20,8$	$294,2 \pm 13,6$
Показник Ca/Mg, од.	$1,84 \pm 0,27$	$1,70 \pm 0,12$	$1,57 \pm 0,13$	$1,72 \pm 0,13$
Фосфор, мг	$1006,5 \pm 78,4$	$866,7 \pm 26,7$	$893,4 \pm 41,5$	$888,3 \pm 35,5$
Показник Ca/P, од.	$0,53 \pm 0,06$	$0,51 \pm 0,02$	$0,48 \pm 0,03$	$0,51 \pm 0,03$

Примітка. Ca/Mg, Ca/P – співвідношення відповідно кальцію і магнію та кальцію і фосфору в раціоні.

За даними авторів праць [31, 43, 137, 138], значущим чинником ризику розвитку остеопорозу є зловживання сіллю. E. Lai-Ping Chan, R. Swaminathan [137] в експерименті вивчили ефект

різного вмісту кухонної солі в харчовому раціоні на рівень Са в крові, екскрецію Са та гідроксипроліну з сечею з метою визначення впливу тривалого вживання *натрію* (Na) та його взаємозв'язку з естрогенним дефіцитом. Екскреція Са й гідроксипроліну була вищою на тлі надмірного вживання солі. Крім того, виявлено кореляційний зв'язок між екскрецією Са та Na. За даними експерименту, оваріоектомія й надмірне вживання солі негативно позначаються на вмісті Са в кістці. Автори дійшли висновку, що високий вміст солі в раціоні збільшує екскрецію Са та зменшує його вміст у кістці. P. Burckhardt [43] підтвердив, що надмірне вживання кухонної солі веде до негативного кальцієвого балансу саме через підвищену екскрецію Са нирками.

S. Mizushima та співавт. [138] вивчали взаємовплив Са і Na на МЦКТ у 1658 японських жінок. За вживання значної кількості соленої риби як джерела Са у жінок істотно погіршувалась МЦКТ, що було пов'язано з надмірним вживанням хлориду натрію. На основі отриманих даних зроблено висновок, що помірне обмеження кількості Na потрібне не тільки для запобігання кардіоваскулярним захворюванням, а й для профілактики остеопорозу.

В результаті вивчення впливу *калію* (K) та Mg на стан кісток в осіб літнього віку встановлено, що більше вживання K великою мірою пов'язане з вищою МЦКТ як у чоловіків, так і у жінок [139].

В організмі дорослої людини міститься 600–700 г *фосфору* (P), тобто близько 1 % маси тіла. У кістковій тканині локалізовано 80 % загальної його кількості, у м'язах – 10, в інших тканинах (рідинах) тіла – 10 %. Фосфор входить до складу важливих біоорганічних сполук: нуклеотидів, нуклеїнових кислот, фосфоліпідів, фосфорних ефірів вуглеводів, низки вітамінів і коферментів, які беруть участь у різноманітних метаболічних процесах, відіграють одну з основних ролей у життєдіяльності всіх організмів. Макроергічні зв'язки в молекулах АТФ і креатинфосфату, утворені атомами P, обумовлюють використання цих сполук як універсальних носіїв енергії в живих системах [40].

За даними авторів праць [56, 97, 140], Р належить до основних макроелементів, які значно впливають на метаболізм КТ. Са і Р взаємодоповнюють один одного в своїй головній функції – побудові мінеральної основи КТ та зубів, а основні дієтичні порушення пов'язані не тільки з їх нестачою, а й із порушенням оптимального співвідношення між ними, яке для дітей від 1 до 12 міс дорівнює 1 : 0,8, від 1 року і старших – 1 : 1. За надлишку Са утворюються нерозчинні Са-Р солі, які виводяться з організму з калом. За надлишку Р він зв'язується з Са крові з утворенням великої кількості фосфату кальцію, який майже не реагує з жовчаними кислотами, не переходить у розчинні форми, не засвоюється організмом. Крім того, в крові утворюється значна кількість фосфатів, які виводяться нирками. Отже, навіть надмірна, але незбалансована кількість у добовому раціоні цих елементів може призводити до виснаження запасів Са і Р в організмі.

Надлишок *мангану (Mn)* в організмі призводить до підвищення його концентрації в кістках та їх змін, ідентичних як при рахіті (так званий мангановий рахіт). Недостатній вміст Mn в їжі може спричинити виникнення остеопорозу, а прийом Са тільки збільшує дефіцит Mn, оскільки погіршує його засвоєння в організмі. Дослідженнями, проведеними в Бельгії, встановлено, що в крові жінок, хворих на остеопороз, вміст Mn становить 25 % його рівня в здорових жінок. Крім того, за низького рівня Mn в сироватці крові у спортсменів повільніше ростуть кістки. Споживання Mn значною мірою залежить від інтенсивності росту дітей: у дітей низького зросту воно становить 53,9–59,8 % порівняно з цим показником у дітей високого зросту. Встановлено, що в разі споживання пшеничних висівок, чаю та шпинату засвоєння Mn погіршується, що ймовірно пов'язано зі значною концентрацією в цих продуктах фітатів, таніну й оксалатів. Кишкковій абсорбції мангану заважають також кальцій, фосфати, залізо [141]. За дефіциту Mn активується синтез гіалуринової кислоти та хондроїтинсульфату, які відіграють важливу роль у формуванні сполучної тканини хряща і кістки, в кістковій тканині знижується вміст гексуронових кислот, глюкозаміну, галактозаміну. Зміни в кістках пов'язані з порушенням біосинтезу кислих мукополісаха-

ридів, оскільки Mn сприяє утворенню зв'язку між глюкозаміном та серином при біосинтезі кислих мукополісахаридів у хрящовій тканині. За нестачі Mn у тварин вкорочуються довгі кістки скелета, викривлюються кістки передпліччя й хребта. Ще один із різноманітних біологічних впливів Mn на стан КТ полягає в активуванні ферменту кісткової фосфатази [40].

В останні роки вчені особливу увагу приділяють вивченню стану КТ у мешканців ендемічних районів. В. Ytrefhus та співавт. [39] встановили, що висока частота переломів у населення Південної Норвегії пов'язана з регіональною нестачею певних мікроелементів. Ця проблема особливо актуальна й для західних регіонів України в зв'язку з наявністю ендемії фтору та йоду.

Нестача в харчовому раціоні **йоду (I)** шкідлива для організму й призводить до розвитку зобу. В організм людини I надходить у таких співвідношеннях, мкг: 70 – з рослинною їжею, 40 – з м'ясними продуктами, 5 – з повітрям, 5 – з водою. У місцевостях, де поширені ендемії зобу, добове надходження йоду зменшується до кількох десятків мікрограмів. Механізми його впливу на ріст і формування КТ в організмі, який росте, вивчені недостатньо, однак встановлено, що в районах ендемії зобу менше дітей середнього й високого зросту і більше дітей нижчого від середнього й низького зросту, що може бути пов'язано з недостатнім вживанням йоду [141].

Цей елемент – незамінний компонент гормонів щитоподібної залози (тироксину та трийодтироніну), які мають вкрай широкий спектр дії з усіх відомих гормонів, зокрема таких, як регулятори росту, фізичного й статевого дозрівання [5]. Гормони щитоподібної залози пришвидшують кісткове ремоделювання і тим самим впливають на стан КТ [37]. Йодна ендемія пов'язана з ризиком клінічного або субклінічного гіпертиреозу; поряд із загальними симптомами й кардіоваскулярними проявами в мешканців цих районів знижена МЩКТ осьового скелета, що підтверджено дослідженнями в ендемічних районах Німеччини [142, 143].

В етіології ендемічного зобу недостатність йоду є провідним, але не єдиним чинником; важливу роль відіграють також дефіцит кобальту, фтору та надлишок мангану.

В експерименті показано, що за нестачі йоду в харчовому раціоні відбуваються зміни в скелеті. В кортикальному шарі діафізу та в метаепіфізі кісток стегнової кістки тварин виявляються поодинокі остеоцити з ознаками пікнозу чи лізису й накопиченням зон некрозу кісткових клітин. Порушується будова зон росту, з'являються острівці гіпохромних хрящових клітин, значно більших за звичайні. Порушується звичайне розміщення хрящових клітин у вигляді «монетних стовпчиків», значно змінюються тинкторіальні властивості кістки, на поздовжніх і поперечних зрізах з'являється багато ліній склеювання з різним ступенем базофільності [141].

Нині для масової профілактики зобу використовують йодовану сіль, в якій на кожні 10 г хлориду натрію припадає 1 мг І.

Фтор (F) бере активну участь у процесах розвитку зубів, формування дентину й зубної емалі, відіграє важливу роль у кісткоутворенні, нормалізує фосфорно-кальцієвий обмін [40]. У дозах, менших за 1,5 мг/доба він виявляє профілактичну дію проти зубного карієсу; в дозах 15–25 мг/доба його використовували для лікування постменопаузального остеопорозу та переломів; високі дози фтору спричиняють виникнення флюорозу та псевдорахіту [144].

В організм F надходить в основному з водою; зв'язок між фторуванням води, станом КТ та переломами шийки стегнової кістки людини описано в численних публікаціях [40, 61, 144–146]. Виявлено високу тропність F до іонів Ca^{2+} : він зв'язує їх, сприяє виведенню з організму чи затриманню в КТ. Крім того, концентрація Ca знижується в інших тканинах і клітинах, але збільшується його екскреція з сечею, спостерігається також майже постійний негативний баланс Ca, оскільки виведення кальцію з організму переважає над його надходженням і затримкою в організмі [41]. Іони F включаються в обмін КТ, накопичуються в кристалах апатиту з формуванням флуороapatиту, сприяють підвищенню активності остеобластів, концентруючись у ділянках кісткоутворення [37, 145].

В експерименті на щурах встановлено, що на тлі низького споживання Ca й фіксованого вмісту F у воді (100 мг/л) розвива-

ються ознаки остеомалаяції, остеопорозу, пришвидшується кістковий обмін, що супроводжується підвищенням активності ЛФ сироватки, рівнів остеокальцину й ПТГ. У щурів, які отримували достатні кількості Са і F з водою протягом 2 міс спостерігалось тільки незначне збільшення остеобластичної активності, тоді як у щурів, які отримували подібні дози Са і F протягом року, дещо збільшувалась ширина трабекулярної кістки, підвищувалась активність ЛФ сироватки крові. Основним ефектом, спричинюваним на кістку додатковим надходженням F з водою, є зростання темпів кісткового обміну, що може бути пов'язане з низьким споживанням Са [147].

В епідеміологічних дослідженнях, проведених серед різних верств населення Італії та Східної Німеччини з однаковими рівнями життя, економічного, соціального розвитку та зайнятості, але різним вмістом у питній воді F показано, що частота переломів, особливо переломів шийки стегнової кістки, вірогідно вища в мешканців, які споживають воду з низьким вмістом F. Вища концентрація F у питній воді відіграє захисну роль щодо переломів [148, 149].

Найчутливішими до дії токсичних доз F є діти. У період росту та формування кісткової системи зміни розвиваються під дією невеликих доз цього елемента (таких, які не впливають на дорослих). У зонах ендемії флюорозу більше дітей середнього, нижчого за середній і низького зросту, менше дітей вищого за середній і високого зросту, що пояснюється надмірним споживанням F, оскільки інші соціальні й побутові умови в цьому дослідженні були ідентичними. Нині вивчено механізм дії F на метаболізм колагену – найпоширенішого білка в організмі, синтез якого, зокрема, пригнічується при флюорозі. Інтенсивність утворення колагену обернено пропорційно залежить від кількості сАМР. Процеси синтезу колагену порушуються також активними метаболітами кисню, утворення яких індукується F. Між ушкодженням зубів флюорозом і концентрацією F у питній воді виявлено пряму, хоча й непропорційну залежність, при цьому відмічено високий відсоток ушкодження молочних зубів. Хоча F є антагоністом І як

у хімічному, так і в біологічному аспектах, він не впливає на частоту захворювання на зоб [8, 141].

На сьогодні вивчено роль хронічної нестачі **цинку (Zn)** у порушеннях росту людини. Про гальмування росту за гострої нестачі Zn свідчать лінії Бо (можливі маркери дефіциту Zn), які є ознакою раптового припинення росту нігтів. Інтенсивність процесів росту дітей знижується в разі зменшення вмісту Zn у харчових раціонах. У дітей низького зросту він становить 52,5–60,1 % рівня Zn в раціонах дітей високого зросту. Нині необхідне глибше вивчення питань нестачі Zn у дітей із затримкою росту. Можливо, це пов'язано з впливом даного мікроелемента на біосинтез білка. За нестачі Zn знижується активність ферментів, які містять Zn, у кістковій тканині, зменшується кількість остеобластів [141]. Крім того, Zn регулює секрецію кальцитоніну щитоподібної залози й через нього діє на процеси кісткового ремоделювання [37].

Цинк – специфічний елемент, який впливає на статеву функцію, зокрема на активність статевих гормонів – естрогенів [5]. Припускають, що розвиток постменопаузного остеопорозу пов'язаний із дефіцитом Zn. P. Relea та співавт. [150] визначали концентрацію Zn у сироватці крові та його екскрецію з сечею в здорових жінок і пацієнток із діагностованим постменопаузним остеопорозом. Згідно з результатами досліджень, рівень Zn у плазмі не відрізнявся в обох групах обстежених, а екскреція Zn з сечею була вищою в групі жінок, хворих на остеопороз. Цей показник також вірогідно корелював із рівнем кислотої фосфатази в сироватці крові жінок із діагнозом постменопаузний остеопороз, але не в групі здорових пацієнток.

Висловлено думку, що вживання великої кількості Ca сприяє збільшенню піка кісткової маси й підтриманню МЦКТ, однак може заважати утилізації інших поживних речовин, зокрема Zn. А.А. МакКенна та співавт. [151] довели, що рівень Zn у крові, його екскреція з сечею та калом, ступінь абсорбції в кишечнику істотно не відрізняються в групах обстежених, які споживали високі і низькі дози Ca. Збільшення рекомендованого дієтичного споживання Ca до 1500 мг/доба у молодих жінок негативно не впливає

на утилізацію Zn [151]. Однак велике споживання Ca особами репродуктивного, літнього й старечого віку призводить до значного зниження абсорбції Zn та його рівня в крові пацієнтів [152].

Іони *міді* (Cu) разом з Mn та вітаміном С необхідні для побудови найважливіших білків сполучної тканини – еластину й колагену, які утворюють, зокрема, матрицю кісткової та хрящової тканин [5]. Вплив дефіциту Cu на КТ і серцево-судинну систему вивчено на тваринах в експерименті та в клініці на чоловіках і жінках із низьким рівнем Cu в харчовому раціоні (1 мг/доба). Подібні зміни зафіксовано в обох групах. У групі жінок, які споживали достатню кількість Cu, за даними денситометрії отримано позитивний ефект на КТ, який перевищував подібний ефект Mg, Se, Zn. Отже, на думку авторів, ішемічна хвороба серця й остеопороз можуть бути ймовірними наслідками низького рівня вживання Cu [153]. Крім того, доведено роль дефіциту Cu на розвиток постменопаузного остеопорозу в експерименті у щурів [154].

Показано, що на фоні парентерального харчування недоношених дітей поряд з анемією та нейтропенією розвиваються зміни в скелеті, які супроводжуються зниженням вмісту Cu та церулоплазміну, змінюються рівні заліза сироватки, аскорбінової кислоти, Ca, P, Mg. Ці прояви швидко зникають після вжиття відповідних терапевтичних заходів, спрямованих на нормалізацію вмісту Cu [140].

Дефіцит Cu призводить до зниження кісткового ремодулювання через пригнічення як остеобластичної, так і остеокластичної функцій. Виявлено вірогідні відмінності вмісту Zn, Cu і Mn у кістках та волоссі пацієнтів з діагностованим остеопорозом порівняно з контролем [37].

Поряд з іншими мікроелементами на стан КТ та мінерального обміну впливає *бор*, який бере участь у процесах кісткоутворення, відіграє важливу роль у профілактиці остеопорозу [5]. Вміст бору в харчовому раціоні може мати особливе значення на фоні підвищеної втрати кісткової маси в постменопаузний період та на фоні дисбалансу надходження інших макро- й мікроелементів [134].

Важливим мікроелементом для осіб літнього і старечого віку є **кремній**, вміст якого в тканинах з віком знижується. Цей елемент бере участь у побудові сполучної та епітеліальної тканин, слугує одним із чинників щільності кісткової і хрящової тканин. Дефіцит кремнію призводить до деформації кісток, суглобів, порушення функції сполучної тканини [5, 40].

До групи елементів, які беруть участь у побудові кісткової тканини й визначають щільність останньої, поряд з іншими мікроелементами входить **титан**. Його рівень різко зростає при формуванні та рості кісток, а також при консолідації переломів [5].

Останнім часом унаслідок глобального антропологічного забруднення довкілля значно знижується рівень індивідуального та популяційного здоров'я, скорочується очікувана тривалість життя. В сучасних умовах їжа є основним середовищем, що визначає рівень надходження ксенобіотиків до організму людини. Основна маса радіонуклідів (до 94 %) надходить із продуктами харчування, до 5 % – з питною водою і тільки 1 % – з повітрям, яке вдихається. Доведено, що дефіцит білка призводить до збільшення всмоктування радіонуклідів і важких металів, дефіцит Ca в раціоні вдвічі збільшує всмоктування в ШКТ стронцію (^{90}Sr) [40, 155].

Стронцій (Sr) – остеотропний елемент, за хімічними властивостями близький до Ca та його антагоніст у фізико-хімічних процесах. Він надходить в організм, в основному, з рослинною їжею, молоком, всмоктується в тонкій кишці і швидко включається в обмін КТ. Незалежно від шляху й ритмів його надходження в організм розчинні сполуки ^{90}Sr в надмірних кількостях накопичуються в кістках, беруть активну участь у процесах осифікації. В основному (99 %) Sr депонується в кістках, у м'яких тканинах затримується менш як 1 % цього елемента [40, 141, 155]. В організмі людини він конкурує з Ca за включення в кристали гідроксіапатиту кістки. Первинною субстанцією, що фіксує Sr, є мукополісахариди. Продифундувавши крізь органічний матрикс КТ, Sr обмінюється на Ca на її поверхні. Подальший рух радіонукліда відбувається при перебудові кістки та рекристалізації її мінерального компонента. Постійне включення радіоактивного

Sr в зонах екологічного забруднення до складу мінералізованого кісткового матриксу призводить до розвитку в кістковій системі комплексу патологічних реакцій на клітинному і тканинному рівнях [155]. Вміст Sr в різних частинах однієї й тієї ж кістки може бути нерівномірним [40].

За даними різних авторів, від 20 до 94–95 % загальної кількості **свинцю (Pb)** в організмі накопичується в кістках, що характеризує його тривалу кумулятивну дію [8, 141]. Із них 70 % припадає на трубчасті кістки; в їх компактній частині концентрація Pb вища, ніж у губчастій. У зв'язку з депонуванням Pb у КТ можливий його вплив на ріст і формування кісток. Pb відкладається в кістках спочатку в легкорозчинній формі, згодом перетворюється на трифосфат. У міру заглиблення Pb в міжклітинну речовину кістки його здатність до обміну та екскреції зменшується. Обмін цього мікроелемента багато в чому подібний до обміну Ca, тому в КТ відбувається заміщення Ca на Sr. Крім того, Pb накопичується в дентині, особливо молочних зубів, причому вміст Pb в зубах дітей зростає зі збільшенням тривалості їх проживання в забрудненій зоні та пов'язаний зі ступенем локального забруднення Pb навколишнього середовища [141]. Концентрація цього мікроелемента в зубах вища, ніж у КТ і він знаходиться в них у міцно зв'язаній формі. В ситуаціях, які ведуть до демінералізації КТ, свинець мобілізується з кісткового депо, що може призводити до свинцевої інтоксикації. На обмін Pb впливають Ca, Fe, Mg, Cu, Cd та фосфати. Всмоктування Pb знижується за високого споживання Ca і навпаки, що пояснюється взаємодією між ними на рівні всмоктування в ШКТ; високий вміст Pb в їжі знижує концентрацію Ca в сироватці крові після короткочасного її підвищення. Вітамін D, що індукує синтез Ca-зв'язувальних білків, стимулює також всмоктування Pb. Ще одним фізіологічним антагоністом Pb є Zn, який ослаблює його токсичну дію, зменшує його вміст у скелеті та підвищує в нирках і печінці [8]. Важливим чинником у профілактичному харчуванні за свинцевих отруень є споживання великої кількості білків і Ca, зокрема з молочними продуктами.

В останні роки фахівці приділяють значну увагу вивченню впливу на організм **алюмінію (Al)**. У нормі депо Al – кісткова

тканина. За надмірного його надходження здатність кістки до депонування вичерпується, він накопичується в печінці та мозку і викликає так звану алюмінієву хворобу. Ще у 1978 р. при проведенні гемодіалізу було виявлено, що діалізна енцефалопатія супроводжувалась остеомаліцією й пов'язаними з нею спонтанними переломами кісток, що спричинювала пряма токсична дія Al у зв'язку з його накопиченням і збільшеним вмістом у КТ. В експерименті на щурах встановлено, що на ранніх стадіях інтоксикація Al викликає не остеомаліцію, а гальмування кісткоутворення. Вона залежить від токсичної дії цього мікроелемента на клітини активних остеобластів. Методом спектрофотометрії за інтоксикації алюмінієм у КТ тварин виявлено, що Al накопичується на межі остеїдної та зрілої кісткової тканини, зокрема у фронтальних зонах звапнування [8]. Al погіршує стан КТ унаслідок пригнічення функції остеобластів [37]. За надмірного надходження Al зменшується абсорбція Ca в ШКТ, що потребує особливого його контролю в постменопаузний період у жінок, схильних до надмірної втрати Ca [134].

Галій погіршує стан КТ подібно до механізму дії Al і Cd, спричинює гіперкальціємію та пов'язану з нею втрату КТ [37]. Нині встановлено роль *ванадію* в процесах побудови КТ [5, 156].

Екологічно-захисне харчування, спрямоване на зменшення негативного впливу різних шкідливих мікроелементів на організм людини, базується на таких принципах:

- 1) раціональне харчування забезпечує високий рівень стійкості організму до дії ксенобіотиків харчового раціону;
- 2) дефіцит будь-яких харчових речовин, особливо тих, які мають захисну дію, збільшує всмоктування ксенобіотиків у травному каналі, посилює їх токсичний ефект.

Захисне комплексне харчування людини в несприятливих зонах

Елемент	Необхідні елементи захисного харчування
F	Ca, вітамін С
⁹⁰ Sr	Ca, вітаміни Е, А, С, харчові волокна

Елемент	Необхідні елементи захисного харчування
^{137}Cs	Ca, вітаміни E, A, C, вітаміноподібні речовини (U, B_{15}), харчові волокна
Pb	Ca, Mg, Zn, вітаміни C, D, групи B, харчові волокна
Al	Ca, Zn, вітамін C, харчові волокна
Cd	Ca, Se, Zn, вітаміни C, E, харчові волокна

Останнім часом в літературі з'явилися дані про активну роль **вітаміну К (філохінону)** в метаболізмі КТ, його можливу участь у патогенезі остеопорозу [42, 43, 56, 157–162].

Встановлено, що концентрація вітаміну К у сироватці крові зменшується в пацієнтів старших вікових груп та в пацієнтів з остеопоротичними переломами. Досі не з'ясовано, чи пов'язано це причинно з нестачею вітаміну К, чи просто відображає неадекватне харчування пацієнтів. Чутливим маркером нестачі вітаміну К може бути остеокальцин, рівень якого підвищується як у жінок у постменопаузний період, так і в пацієнтів з переломами шийки стегнової кістки. Висловлено думку, що вітамін К може позитивно впливати на розвиток і стан КТ через карбоксилювання матричного протеїну – остеокальцину [42, 158]. Ймовірно, цей вітамін впливає на стан КТ через контроль ниркової екскреції Ca. Епідеміологічні дослідження, проведені у США, підтвердили, що високий вміст у харчовому раціоні вітаміну К сприяє зниженню частоти переломів стегнової кістки [158]. Ефекти антагоністів вітаміну К (пероральних антикоагулянтів) на кальцієву екскрецію нирками та стан кісткової тканини, за даними денситометрії, неоднозначні [157].

Висновки до розділу 14

Нині доведено тісний зв'язок вітамінів і мікроелементів. Зокрема, при рахіті, коли в тканинах визначається дефіцит вітаміну D, в них одночасно фіксуються дисгармонія в обміні білка, Ca, Mn і Sr. Тому невеликі кількості Sr і Mn у взаємодії з Ca, білком та вітаміном D необхідні для нормального перебігу процесів кісткоутворення [40].

В останні роки вчені активно створюють нові продукти харчування, хімічний склад яких за принципом замісної терапії забезпечив би надходження в організм людини всіх необхідних нутрієнтів у збалансованому співвідношенні. Проаналізувавши дані світової літератури, вони дійшли висновку, що поряд з вітаміном D і такими загальноновизнаними елементами, як Ca, P, на стан КТ впливають й інші макро- та мікроелементи – Mg, Mn, F, I, Zn, Al, Cu та багато інших. Збалансований вміст їх у харчовому раціоні сприятиме підвищенню піка кісткової маси в період росту, підтриманню МЦКТ у репродуктивний період, запобігатиме підвищенню резорбції в літньому та старечому віці.

Список літератури до розділу 14

1. Корж Н.А., Поворознюк В.В., Дедух Н.В., Зупанец І.А. Остеопороз: клиника, диагностика, профилактика и лечение. – Харьков: Золотые страницы, 2002. – 468 с.
2. Поворознюк В.В. Захворювання кістково-м'язової системи: У 3 т. – К.: ВПЦ «Експрес». – Т. 2. – 2009. – 482 с.
3. Поворознюк В.В. Постменопаузальний остеопороз: механізми розвитку, фактори ризику, клініка, діагностика, профілактика та лікування // Педіатрія, акушерство та гінекологія. – 1998. – № 1. – С. 98–111.
4. Поворознюк В.В. Захворювання кістково-м'язової системи в людей різного віку (вибрані лекції, огляди, статті). У 3 т. – К.: ВПЦ «Експрес». – Т. 3. – 2009. – 664 с.
5. Гичев Ю.П., Гичев Ю.Ю. Введение в микронутриентологию. – Новосибирск: Академмед, 1997. – 91 с.

6. Поворознюк В.В., Григор'єва Н.В. Менопауза и костно-мышечная система. – К.: ВПЦ «Експрес», 2004. – 512 с.
7. Povoroznjuk V.V. Bone mineral density in Ukrainian women of different age / V.V. Povoroznjuk, N.I. Dzerovich, T.A. Karasevskaya // Annals of the New York Academy of Sciences. – 2007. – **1119**. – P. 243–252.
8. Авцын А.П., Жаворонков А.А., Руш М.А., Строчкова Л.С. Микроэлементозы человека (этиология, классификация, органопатология). – М.: Медицина, 1991. – 496 с.
9. Kanis J.A., Johnell O., Gullberg B. et al. Risk factors for hip fracture in men from southern Europe: the MEDOS study. Mediterranean Osteoporosis Study // Osteoporosis Int. – 1999. – **9**. – P. 45–54.
10. Алиев С.Д., Тагдиси Д.Г., Исмаилов Т.А. и др. Об основных механизмах действия ряда микроэлементов на здоровый и больной организм / Микроэлементы и биологии и их применение в сельском хозяйстве и медицине // Тез. докл. XI Все-союз. конф. – Самарканд, 1990. – С. 405–407.
11. Поворознюк В.В. Менопауза и остеопороз // Репродуктивная эндокринология. – 2012. – **2**. – С. 40–47.
12. Peters B.S., Martini L.A. Nutritional aspects of the prevention and treatment of osteoporosis // Arq. Bras Endocrinol. Metab. – 2010. – **54(2)**. – P. 179–185.
13. Rachner T.D., Khosla S., Hofbauer L.C. Osteoporosis: now and the future // Lancet. – 2011. – **377(9773)**. – P. 1276–1287.
14. Morales-Torres J., Gutierrez-Urena S. Osteoporosis Committee of Pan-American League of Associations for Rheumatology. The burden of osteoporosis in Latin America // Osteoporosis Int. – 2004. – **15**. – P. 625–632.
15. Naves M., Díaz-López J.B., Gómez C. et al. Prevalence of osteoporosis in men and determinants of changes in bone mass in a non-selected Spanish population // Osteoporosis Int. – 2005. – **16**. – P. 603–609.
16. The Eastern European & Central Asian Regional Audit Epidemiology, costs & burden of osteoporosis in 2010 // International Osteoporosis Foundation, 2011. – 61 p.

17. Поворознюк В.В., Григорьева Н.В. Антиостеопоротические препараты в лечении остеопороза у женщин в постменопаузальном периоде // Боль. Суставы. Позвоночник. – 2011. – 4. – С. 14–23.
18. Boonen S., Laan R.F., Barton I.P. et al. Effect of osteoporosis treatments on risk of non-vertebral fractures: review and meta-analysis of intention-to-treat studies // Osteoporosis Int. – 2005. – 16. – P. 1291–1298.
19. Morgan S.L., Kitchin B. Osteoporosis: handy tools for detection, helpful tips for treatment // J. Fam. Pract. – 2008. – 57(5). – P. 311–320.
20. Orwoll E.S., Siris E.S., Selby P.L. et al. Impact of osteoporosis treatment adherence on fracture rates in North America and Europe // Amer. J. Med. – 2009. – 122(2). – P. 3–13.
21. Schousboe J.T., Taylor B.C., Fink H.A. et al. Cost-effectiveness of bone densitometry followed by treatment of osteoporosis in older men // JAMA. – 2007. – 298. – P. 629–637.
22. Tosteson A.N., Melton L.J., Dawson-Hughes B. et al. Cost-effective osteoporosis treatment thresholds: the United States perspective. National Osteoporosis Foundation Guide Committee // Osteoporosis Int. – 2008. – 19(4). – P. 437–447.
23. Bonjour J.P., Carrie A.L., Ferrari S. et al. Calcium-enriched foods and bone mass growth in prepubertal girls: A randomized, double-blind, placebo-controlled trial // J. Clin. Invest. – 1997. – 99. – P. 1287–1294.
24. Bonjour J.P., Chevalley T., Ferrari S. et al. The importance and relevance of peak bone mass in the prevalence of osteoporosis // Salud Publica Mex. – 2009. – 51. – P. 5–17.
25. Moretto de Oliveria M., Cristiane da Silva C., Kurokawa C. et al. Bone mineral density in healthy female adolescents according to age, bone age and pubertal breast stage // Open Orthop. J. – 2011. – 5. – P. 324–330.
26. Prentice A., Schoenmakers I., Laskey M.A. et al. Nutrition and bone growth and development // Proc. Nutr. Soc. – 2006. – 65. – P. 348–360.

27. *Van der Sluis I.M., Muinck Keizer-Schrama S.M.* Osteoporosis in childhood: bone density in children health and disease // *J. Pediatr. Endocrinol. Metab.* – 2001. – **14**. – P. 817–832.
28. *Walsh J., Henry Y., Fatayerji D. et al.* Lumbar spine peak bone mass and bone turnover in men and women: a longitudinal study // *Osteoporosis Int.* – 2009. – **20(3)**. – P. 355–362.
29. *Tucker K.L., Jugdaohsingh R., Powell J. et al.* Effects of beer, wine, and liquor intakes on bone mineral density in older men and women // *Am. J. Clin. Nutr.* – 2009. – **89**. – P. 1188–1196.
30. *Wang W., Kong L., Zhao H. et al.* Thoracic ossification of ligamentum flavum caused by skeletal fluorosis // *Eur. Spine.* – 2007. – **6(16)**. – P. 342–348.
31. *Поворознюк В.В., Подрушняк Е.П., Орлова Е.В. и др.* Остеопороз на Украине. – К.: Ин-т геронтологии Украины, 1995. – 48 с.
32. *Cappuccio F.P.* Dietary prevention of osteoporosis: are we ignoring the evidence? // *Amer. J. Clin. Nutr.* – 1996. – **63(5)**. – P. 787–788.
33. *Angus R.M., Pocock N.A., Eisman J.A.* Nutritional intake of pre- and postmenopausal Australian women with special reference to calcium // *Eur. J. Clin. Nutr.* – 1988. – **42(7)**. – P. 617–625.
34. *Cashman K.D., Flynn A.* Optimal nutrition: calcium, magnesium and phosphorus // *Proc. Nutr. Soc.* – 1999. – **58(2)**. – P. 477–487.
35. *Heaney R.P.* Bone mass, nutrition, and other lifestyle factors // *Amer. J. Med.* – 1993. – **30; 95(5A)**. – P. 29–33.
36. *O'Brien K.O., Abrams S.A., Liang L.K. et al.* Increased efficiency of calcium absorption during short periods of inadequate calcium intake in girls // *Amer. J. Clin. Nutr.* – 1996. – **63**. – P. 579–583.
37. *Okano T.* Effects of essential trace elements on bone turnover – in relation to the osteoporosis // *Nippon Rinsho.* – 1996. – **54(1)**. – P. 148–154.
38. *Preisinger E., Leitner G., Uher E et al.* Nutrition and osteoporosis: a nutritional analysis of women in postmenopause // *Wien Klin. Wochenschr.* – 1995. – **107(14)**. – P. 418–422.
39. *Ytrehus B., Skagemo H., Stuve G et al.* Osteoporosis, bone mineralization, and status of selected trace elements in two

- populations of moose calves in Norway // *J. Wildl. Dis.* – 1999. – **35(2)**. – P. 204–211.
40. *Гігієна харчування з основами нутриціології* // За ред. В.І. Ципріяна. – К.: Здоров'я, 1999. – 586 с.
41. *Питание в профилактике фтористых интоксикаций* / Ю.Г. Григоров, В.В. Поворознюк, С.Г. Козловская, Л.И. Снйпер. – К.: УкрНИИ геронтологии МЗ Украины, 1992. – 88 с.
42. *Anderson J.J., Rondano P., Holmes A.* Roles of diet and physical activity in the prevention of osteoporosis // *Scand. J. Rheumatol.* – 1996. – Suppl. **103**. – P. 65–74.
43. *Burckhardt P.* Osteoporosis and nutrition // *Ther. Umsch.* – 1998. – **55(11)**. – P. 712–716.
44. *Hotzel D., Zittermann A.* The contribution of nutrition to the pathogenesis of osteoporosis // *Z. Ernährungswiss.* – 1989. – **28(1)**. – P. 17–31.
45. *Kanis J.A.* Calcium nutrition and its implications for osteoporosis. Part I. Children and healthy adults // *Eur. J. Clin. Nutr.* – 1994. – **48(11)**. – P. 757–767.
46. *Kanis J.A.* Calcium nutrition and its implications for osteoporosis. Part II. After menopause // *Eur. J. Clin. Nutr.* – 1994. – **48(12)**. – P. 833–841.
47. *Murray T.M.* Calcium nutrition and osteoporosis // *CMAJ.* – 1996. – **155(7)**. – P. 935–939.
48. *Recker R.R.* Prevention of osteoporosis: calcium nutrition // *Osteoporosis Int.* – 1993. – N 3. (Suppl. 1). – P. 163–165.
49. *Rico Lenza H.* Calcium, nutrition and osteoporosis // *An. Med. Intern.* – 1998. – **15(9)**. – P. 457–458.
50. *Teegarden D., Lyle R.M., Proulx W.R. et al.* Previous milk consumption is associated with greater bone density in young women // *Amer. J. Clin. Nutr.* – 1999. – **69**, N 5 – P. 1014–1017.
51. *Ковалев Д.И.* Регуляция обмена кальция в организме человека // *Проблемы эндокринологии.* – 1991. – **37**, № 6. – С. 61–66.
52. *Дыдыкина И.С.* Остеопороз: серьезная медико-социальная проблема. Роль витамина D в патогенезе и лечении остеопороза // *Рус. мед. журн.* – 2008. – № 4. – С. 186–189.

53. *Power M.L., Heaney R.P., Kalkwarf H.J. et al.* The role of calcium in health and disease // *Am. J. Obstet. Gynecol.* – 1999. – **181**. – P. 1560–1569.
54. *Richy F., Ethgen O., Bruyere O. et al.* Efficacy of alphacalcidol and calcitriol in primary and corticosteroid-induced osteoporosis: a meta-analysis of their effects on bone mineral density and fracture rate // *Osteoporosis Int.* – 2004. – **4**. – P. 301–310.
55. *Bronner F., Pansu D.* Nutritional Aspects of Calcium Absorption // *J. Nutr.* – 1999. – **129**, N 1 – P. 9–12.
56. *Bonjour J.P., Schurch M.A., Rizzoli R.* Nutritional aspects of hip fractures // *Bone.* – 1996. – **18(3)**. – P. 139–144.
57. *Pistorius L.R., Sweidan W.H., Purdie D.W. et al.* Coeliac disease and bone mineral density in adult female patients // *Gut.* – 1995. – **37(5)**. – P. 639–642.
58. *Белаковський М.С., Спиричев В.В.* Кальцій и потребность в нем человека // *Вопросы питания.* – 1988. – № 6. – С. 4–8.
59. *Ritchie L.D., E.B. Fung, Halloran B.P. et al.* A longitudinal study of calcium homeostasis during human pregnancy and lactation and after resumption of menses // *Amer. J. Clin. Nutr.* – 1998. – **67**. – P. 693–701.
60. *Поворознюк В.В., Григор'єва Н.В.* Застосування препаратів кальцію та вітаміну D у профілактиці та лікуванні остеопорозу // *Український ревматологічний журнал.* – 2001. – **3–4**. – С. 33–38.
61. *Поворознюк В.В., Григор'єва Н.В.* Питание и костная ткань // *Проблемы старения и долголетия. Науч. конф. «Питание, здоровье и долголетие».* – 2011. – **2(20)**. – С. 148–158.
62. *Campbell W.W., Leidy H.J.* Dietary protein and resistance training effects on muscle and body composition in older persons // *J. Amer. College Nutr.* – 2007. – **26(6)**. – P. 696–703.
63. *Chapuy M.C., Pamphile R., Paris E. et al.* Combined calcium and vitamin D₃ supplementation in elderly women: confirmation of reversal of secondary hyperparathyroidism and hip fracture risk: the Decalyos II study // *Osteoporosis Int.* – 2002. – **13(3)**. – P. 257–264.

64. *Dibba B., Prentice A., Ceesay M., et al.* Effect of calcium supplementation on bone mineral accretion in Gambian children accustomed to a low-calcium diet. // *Amer. J. Clin. Nutr.* – 2000. – **71**, N 2. – P. 544–549.
65. *Suleiman S., Nelson M., Li F. et al.* Effect of calcium intake and physical activity level on bone mass and turnover in healthy, white, postmenopausal women // *Amer. J. Clin. Nutr.* – 1997. – **66**. – P. 937–943.
66. *Bischoff-Ferrari H.A., Willett W.C., Wong J.B. et al.* Prevention of nonvertebral fractures with oral vitamin D and dose dependency: a meta-analysis of randomized controlled trials // *Arch. Intern. Med.* – 2009. – **169(6)**. – P. 551–561.
67. *Bonjour J.P., Guéguen L., Palacios C. et al.* Minerals and vitamins in bone health: the potential value of dietary enhancement // *Braz. J. Nutr.* – 2009. – **101(11)**. – P. 1581–1596.
68. *Verschueren S.M., Bogaerts A., Delecluse C. et al.* The effects of whole-body vibration training and vitamin D supplementation on muscle strength, muscle mass, and bone density in institutionalized elderly women: a 6-month randomized, controlled trial // *J. Bone Miner. Res.* – 2011. – **26**. – P. 42–49.
69. *Беневоленская Л.И.* Руководство по остеопорозу. – М.: БИНОМ, 2003. – 524 с.
70. *Boonen S., Lips P., Bouillon R. et al.* Need for additional calcium to reduce the risk of hip fracture with vitamin D supplementation: evidence from a comparative metaanalysis of randomized controlled trials // *J. Clin. Endocrinol. Metab.* – 2007. – **92(4)**. – P. 1415–1423.
71. *Grant A.M., Avenell A., Campbell M.K. et al.* Oral vitamin D₃ and calcium for secondary prevention of low-trauma fractures in elderly people (Randomised Evaluation of Calcium Or vitamin D, RECORD): a randomised placebo-controlled trial // *Lancet.* – 2005. – **365**. – P. 1621–1628.
72. *Prince R.L., Devine A., Dhaliwal S.S. et al.* Effects of calcium supplementation on clinical fracture and bone structure: results of a 5-year, double-blind, placebo-controlled trial in elderly women // *Arch. Intern. Med.* – 2006. – **166**. – P. 869–875.

73. *Chapuy M.C., Arlot M.E., Duboeuf F. et al.* Vitamin D₃ and calcium to prevent hipfractures in the elderly women // *N. Engl. J. Med.* – 1992. – **327(23)**. – P. 1637–1642.
74. *Chapuy M.C., Schott A.M., Garnero P. et al.* Healthy elderly French women living at home have secondary hyperparathyroidism and high bone turnover in winter: EPIDOS Study Group // *J. Clin. Endocrinol. Metab.* – 1996. – **81**. – P. 1129–1133.
75. *Tang B.M., Eslick G.D., Nowson C. et al.* Use of calcium or calcium in combination with vitamin D supplementation to prevent fractures and bone loss in people aged 50 years and older: a meta-analysis // *Lancet.* – 2007. – **370**. – P. 657–666.
76. *Loeser R.F.* Age-related changes in the musculoskeletal system and the development of osteoarthritis // *Clin. Geriatr. Med.* – 2010. – **26(3)**. – P. 371–386.
77. *Holick M.F.* Vitamin D and sunlight: strategies for cancer prevention and other health benefits // *Clin. J. Am. Soc. Nephrol.* – 2008. – **3**. – P. 1548–1554.
78. *Holick M.F.* Vitamin D status: measurement, interpretation and clinical application // *Ann. Epidemiol.* – 2009. – **19**, N 2. – P. 73–78.
79. *Lips P., Hosking D., Lippuner K. et al.* The prevalence of vitamin D inadequacy amongst women with osteoporosis: an international epidemiological investigation // *J. Intern. Med.* – 2006. – **260**, N 3. – P. 245–254.
80. *Holick M.F., Binkley N.C., Bischoff-Ferrari H.A. et al.* Evaluation, treatment, and prevention of vitamin D deficiency: an Endocrine Society clinical practice guideline // *J. Clin. Endocrinol. Metab.* – 2011. – **96**. – P. 1911–1930.
81. *Wacker M., Holick M.F.* Vitamin D – effects on skeletal and extraskeletal health and the need for supplementation // *Nutrients.* – 2013. – **5**, N 1. – P. 111–148.
82. *Шварц Г.Я.* Витамин D и D-гормон. – М.: Анахарсис, 2005. – 152 с.
83. *Thacher T.D., Clarke B.L.* Vitamin D Insufficiency // *Mayo Clin. Proc.* – 2011. – **86**, N 1. – P. 50–60.

84. *Holick M.F., Shao Q., Liu W., Chen T.* The vitamin D content of fortified milk and infant formula // *N. Engl. J. Med.* – 1992. – **326**. – P. 1178–1181.
85. *Tangpricha V., Koutkia P., Rieke S.M.* Fortification of orange juice with vitamin D: a novel approach to enhance vitamin D nutritional health // *Amer. J. Clin. Nutr.* – 2003. – **77**, N 6. – P. 1478–1483.
86. *Bikle D.D.* Vitamin D: Newly Discovered Actions Require Reconsideration of Physiologic Requirements // *Trends Endocrinol. Metab.* – 2010. – **21**, N 6. – P. 375–384.
87. *Holick M.F.* High Prevalence of Vitamin D Inadequacy and Implications for Health // *Mayo Clin. Proc.* – 2006. – **81**, N 3. – P. 353–373.
88. *Holick M.F.* Sunlight and vitamin D for bone health and prevention of autoimmune diseases, cancers, and cardiovascular disease // *Amer. J. Clin. Nutr.* – 2004. – **80**, N 6. – P. 1678–1688.
89. *Bikle D.D.* Vitamin D and bone // *Curr. Osteoporos. Rep.* – 2012. – **10**, N 2. – P. 151–159.
90. *Gascon-Barre M.* The Vitamin D 25-Hydroxylase // *D. Feldman, J.W. Pike, F. Glorieux (eds.).* – 2nd ed. – San Diego: Elsevier Academic Press, 2005. – Vol. 1. – P. 47–67.
91. *Prosser D.E., Jones G.* Enzymes involved in the activation and inactivation of vitamin D // *Trends in biochemical sciences.* – 2004. – **29**, N 12. – P. 664–673.
92. *Hewison M., Burke F., Evans K.N. et al.* Extra-renal 25-hydroxyvitamin D3-1alpha-hydroxylase in human health and disease // *J. Steroid Biochem. Mol. Biol.* – 2007. – **103**, N 3–5. – P. 316–321.
93. *Wimalawansa S.J.* Vitamin D in the new millennium // *Curr. Osteoporosis Rep.* – 2012. – **10**, N 1. – P. 4–15.
94. *Bringhurst T.R., Demay M.B., Kronenberg H.M.* Mineral metabolism // *Williams Textbook of Endocrinology.* – 10th ed. – Philadelphia: WB Saunders, 2003. – P. 1317–1320.
95. *Heaney R.P.* Functional indices of vitamin D status and ramifications of vitamin D deficiency // *Amer. J. Clin. Nutr.* – 2004. – **80**, N 6. – P. 1706–1709.

96. *Christakos S., Dhawan P., Liu Y. et al.* Newinsights into the mechanisms of vitamin D action // *J. Cell Biochem.* – 2003. – **88**, N 4. – P. 695–705.
97. *Dusso A.S., Brown A.J., Slatopolsky E.* Vitamin D // *Amer. J. Physiol. Renal Physiol.* – 2005. – **289**, N 1. – P. 8–28.
98. *Fleet J.C., Schoch R.D.* Molecular mechanisms for regulation of intestinal calcium absorption by vitamin D and other factors // *Crit. Rev. Clin. Lab. Sci.* – 2010. – **47**, N 4. – P. 181–195.
99. *Holick M.F.* The vitamin D epidemic and its health consequences // *The Journal of Nutrition.* – 2005. – **135**, N 11. – P. 2739–2748.
100. *Holick M.F.* Optimal vitamin D status for the prevention and treatment of osteoporosis // *Drugs Aging.* – 2007. – **24**, N 12. – P. 1017–1029.
101. *Aaron J.E., Gallagher J.C., Anderson J. et al.* Frequency of osteomalacia and osteoporosis in fractures of the proximal femur // *Lancet.* – 1974. – **1**. – P. 229–233.
102. *Gordon C.M., Williams A.L., Feldman H.A. et al.* Treatment of hypovitaminosis D in infants and toddlers // *J. Clin. Endocrinol. Metab.* – 2008. – **93**, N 7. – P. 2716–2721.
103. *Родионова С.С., Бурдыгин В.Н.* Остеомалация у взрослых: клиника, диагностика, лечение. – М.: ЦНИИТО им. Н.Н. Приорова, 1994. – 25 с.
104. *Wolff A.E., Jones A.N., Hansen K.E.* Vitamin D and musculoskeletal health // *Nature Clinical Practice.* – 2008. – **4**, N 11. – P. 580–588.
105. *Priemel M., Domarus C., Klatter T. et al.* Bone mineralization defects and vitamin D deficiency: histomorphometric analysis of iliac crest bone biopsies and circulating 25-hydroxyvitamin D in 675 patients // *J. Bone Miner. Res.* – 2010. – **25**, N 2. – P. 305–312.
106. *Absoud M., Cummins C., Lim M. J. et al.* Prevalence and predictors of vitamin D Insufficiency in Children: a Great Britain population Based Study // *PloS one.* – 2011. – **6**, N 7. – P. 22179.
107. *Янковська Л.В., Снежницький В.О., Поворознюк В.В., Балацька Н.І.* Дефіцит і недостатність вітаміну D у хворих із пато-

- логією серцево-судинної системи // Боль. Суставы. Позвоночник. – 2012. – № 2. – С. 30–36.
108. *Looker A.C., Dawson-Hughes B., Calvo M.S. et al.* Serum 25-hydroxyvitamin D status of adolescents and adults in two seasonal subpopulations from NHANES III // *Bone*. – 2002. – **30**, N 5. – P. 771–777.
109. *Looker A.C., Pfeiffer C.M., Lacher D.A. et al.* Serum 25-hydroxyvitamin D status of the US population: 1988–1994 compared with 2000–2004 // *Amer. J. Clin. Nutr.* – 2008. – **88**, N 6. – P. 1519–1527.
110. *Andersen R.* Teenage girls and elderly women living in northern Europe have low winter vitamin D status // *Europ. J. of Clin. Nutr.* – 2005. – **59**, N 4. – P. 533–541.
111. *Greene-Finestone L.S., Berger C., de Groh M. et al.* 25-Hydroxyvitamin D in Canadian adults: biological, environmental, and behavioral correlates // *CaMos Research Group Osteoporosis Int.* – 2011. – **22**, N 5. – P. 1389–1399.
112. *Samuel L., Borrell L.N.* The effect of body mass index on optimal vitamin D status in U.S. adults: the National Health and Nutrition Examination Survey 2001–2006 // *Ann. Epidemiol.* – 2013. – **23**, N 7. – P. 409–414.
113. *Lucas R.M., Ponsonby A.L., Dear K. et al.* Vitamin D status: multifactorial contribution of environment, genes and other factors in healthy Australian adults across a latitude gradient // *J. Steroid. Biochem. Mol. Biol.* – 2013. – N 136. – P. 300–308.
114. *Rucker D., Allan J.A., Fick G.H., Hanley D.A.* Vitamin D insufficiency in a population of healthy western Canadians // *Can. Med. Assoc. J.* – 2002. – **166**, N 12. – P. 1517–1524.
115. *Vieth R., Cole D.E., Hawker G.A. et al.* Wintertime vitamin D insufficiency is common in young Canadian women, and their vitamin D intake does not prevent it // *Europ. J. Clin. Nutr.* – 2001. – **55**, N 12. – P. 1091–1097.
116. *Bolland M.J., Grey A.B., Ames R.W. et al.* Determinants of vitamin D status in older men living in a subtropical climate // *Osteoporosis Int.* – 2006. – **17**, N 12. – P. 1742–1748.

117. *Bolland M.J., Grey A.B., Ames R.W. et al.* The effects of seasonal variation of 25-hydroxyvitamin D and fat mass on a diagnosis of vitamin D sufficiency // *Amer. J. Clin. Nutr.* – 2007. – **86**, N 4. – P. 959–964.
118. *Ivashikina T.M., Kotova T.N., Khlekhlina Iu.V.* The detection of vitamin D3 deficiency in preschoolers and schoolchildren of Moscow and St. Petersburg // *Klin. Lab. Diagn.* – 2011. – N 11. – P. 22–24
119. *Смирнова Г.Е., Витебская А.В., Шмаков Н.А.* Роль вітаміна D в розвитку дитячого організму і корекція його дефіцита [Електронний ресурс] // *Consilium medicum.* – 2010. – № 3. – Режим доступу: <http://www.consilium-medicum.com/article/19943>.
120. *Yan L., Prentice A., Zhang H. et al.* Vitamin D status and parathyroid hormone concentrations in Chinese women and men from north-east of the People's Republic of China // *Europ. J. Clin. Nutr.* – 2000. – **54**, N 1. – P. 68–72.
121. *Saintonge S., Bang H., Berber L.M.* Implication of a new definition of vitamin D deficiency in a multiracial US Adolescent population: the National Health and Nutrition examination survey III // *Pediatrics.* – 2009. – **123**, N 3. – P. 1797–1803.
122. *Rizzoli R., Boonen S., Brandi M.L. et al.* Vitamin D supplementation in elderly or postmenopausal women: a 2013 update of the 2008 recommendations from the European Society for Clinical and Economic Aspects of Osteoporosis and Osteoarthritis (ESCEO) // *Current Medical Research & Opinion Vol.* – 2013. – **29(4)**. – P. 1–9.
123. *Aloia J.* Clinical Review: the 2011 report on dietary reference intake for vitamin D: where do we go from here? // *J. Clin. Endocrinol. Metab.* – 2011. – **96**. – P. 2987–2996.
124. *Scientific Committee on Food EC.* Opinion of the Scientific Committee on Food on the tolerable upper intake level of vitamin D. [Електронний ресурс] // <http://ec.europa.eu> [Last accessed 22 November 2012].
125. *Kanis J.A., McCloskey E.V., Johansson H. et al.* And on behalf of the Scientific Advisory Board of the European Society

- for Clinical and Economic Aspects of Osteoporosis and Osteoarthritis (ESCEO) and the Committee of Scientific Advisors of the International Osteoporosis Foundation (IOF) European guidance for the diagnosis and management of osteoporosis in postmenopausal women // *Osteoporos. Int.* – 2013. – **24(1)**. – P. 23–57.
126. *Gallagher J.C., Sai A., Templin T. et al.* Dose response to vitamin D supplementation in postmenopausal women: a randomized trial // *Ann. Intern. Med.* – 2012. – **156**. – P. 425–437.
127. *O'Mahony L., Stepien M., Gibney M.J. et al.* The potential role of vitamin D enhanced foods in improving vitamin D status // *Nutrients.* – 2011. – **3**. – P. 1023–1041.
128. *Dawson-Hughes B., Mithal A., Bonjour J.P. et al.* IOF position statement: vitamin D recommendations for older adults // *Osteoporosis Int.* – 2010. – **21**. – P. 1151–1154.
129. *Dietary Reference Intakes for Calcium and Vitamin D* // Institute of Medicine. – 2012. – [Электронный ресурс] // www.iom.edu/vitaminD.fgh.
130. *Smith H., Anderson F., Raphael H. et al.* Effect of annual intramuscular vitamin D on fracture risk in elderly men and women—a population-based, randomized, double-blind, placebo-controlled trial // *Rheumatology (Oxford)*. – 2007. – **46**. – P. 1852–1857.
131. *Sanders K.M., Stuart A.L., Williamson E. J. et al.* Annual high-dose oral vitamin D and falls and fractures in older women: a randomized controlled trial // *JAMA.* – 2010. – **303**. – P. 1815–1822.
132. *Rizzoli R., Boonen S., Brandi M.L. et al.* The role of calcium and vitamin D in the management of osteoporosis // *Bone.* – 2008. – **42**. – P. 246–249.
133. *Rude R.K., Kirchen M.E., Gruber H.E. et al.* Magnesium deficiency induces bone loss in the rat // *Miner. Electrolyte Metab.* – 1998. – **24(5)**. – P. 314–320.
134. *Hunt C.D., Herbel J.L., Nielsen F.H.* Metabolic responses of postmenopausal women to supplemental dietary boron and aluminum during usual and low magnesium intake: boron,

- calcium, and magnesium absorption and retention and blood mineral concentrations // *Amer. J. Clin. Nutr.* – 1997. – **65**. – P. 803–813.
135. *Andon M.B., Ilich J.Z., Tzagournis M.A., Matkovic V.* Magnesium balance in adolescent females consuming a low- or high- calcium diet // *Amer. J. Clin. Nutr.* – 1996. – **63**. – P. 950–953.
136. *Abrams S.A., Grusak M.A., Stuff J., O'Brien K.O.* Calcium and magnesium balance in 9-14-y-old children // *Amer. J. Clin. Nutr.* – 1997. – **66**. – P. 1172–1177.
137. *Chan E. Lai-Ping, Swaminathan R.* Calcium Metabolism and Bone Calcium Content in Normal and Oophorectomized Rats Consuming Various Levels of Saline for 12 Months // *J. Nutr.* – 1998. – **128**, N 3. – P. 633–639.
138. *Mizushima S., Tsuchida K., Yamori Y.* Preventive nutritional factors in epidemiology: interaction between sodium and calcium // *Clin. Exp. Pharmacol. Physiol.* – 1999. – **26(7)**. – P. 573–575.
139. *Tucker K.L., Hannan M.T., Chen H. et al.* Potassium, magnesium, and fruit and vegetable intakes are associated with greater bone mineral density in elderly men and women // *Amer. J. Clin. Nutr.* – 1999. – **69**, N 4. – P. 727–736.
140. *Allen T.M., Manoli A. 2nd, La Mont R.L.* Skeletal changes associated with copper deficiency // *Clin. Orthop.* – 1982. – **168**. – P. 206–210.
141. *Смоляр В.И.* Гипо- и гипермикрозлементозы. – К.: Здоровье, 1989. – 152 с.
142. *Mann K.* Evaluation of risk in autonomously functioning thyroid nodules // *Exp. Clin. Endocrinol. Diabetes.* – 1998. – **106** (Suppl. 4). – P. 23–26.
143. *Seck T., Scheidt-Nave C., Ziegler R., Pfeilschifter J.* Prevalence of thyroid gland dysfunctions in 50- to 80-year-old patients. An epidemiologic cross-sectional study in a southwestern community // *Med. Klin.* – 1997. – **15; 92(11)**. – P. 642–646.
144. *Chavassieux P., Meunier P.J.* Benefits and risks of fluoride supplements // *Arch. Pediatr* – 1995. – **2(6)**. – P. 568–572.
145. *Hillier S., Inskip H., Coggon D., Cooper C.* Water fluoridation and osteoporotic fracture // *Community Dent. Health.* – 1996. – **13** (Suppl. 2). – P. 63–68.

146. *Raheb J.* Water fluoridation, bone density and hip fractures: a review of recent literature // *Community Dent. Oral Epidemiol.* – 1995. – **23(5)**. – P. 309–316.
147. *Li G., Ren L.* Effects of excess fluoride on bone turnover under conditions of diet with different calcium contents // *Chung. Hua. Ping. Li Hsueh. Tsa Chih.* – 1997. – **26(5)**. – P. 277–280.
148. *Fabiani L., Leoni V., Vitali M.* Bone-fracture incidence rate in two Italian regions with different fluoride concentration levels in drinking water // *J. Trace Elem. Med. Biol.* – 1999. – **13(4)**. – P. 232–237.
149. *Lehmann R., Wapniarz M., Hofmann B. et al.* Drinking water fluoridation: bone mineral density and hip fracture incidence // *Bone.* – 1998. – **22(3)**. – P. 273–278.
150. *Relea P., Revilla M., Ripoll E. et al.* Zinc, biochemical markers of nutrition, and type I osteoporosis // *Age Ageing.* – 1995. – **24(4)**. – P. 303–307.
151. *McKenna A.A., Ilich J.Z., Andon M.B. et al.* Zinc balance in adolescent females consuming a low- or high-calcium diet // *Amer. J. Clin. Nutr.* – 1997. – **65**. – P. 1460–1464.
152. *Wood R.J., Zheng J.J.* High dietary calcium intakes reduce zinc absorption and balance in humans // *Amer. J. Clin. Nutr.* – 1997. – **65**. – P. 1803–1809.
153. *Klevay L.M.* Lack of a recommended dietary allowance for copper may be hazardous to your health // *J. Am. Coll. Nutr.* – 1998. – **17(4)**. – P. 322–326.
154. *Yee C.D., Kubena K.S., Walker M. et al.* The relationship of nutritional copper to the development of postmenopausal osteoporosis in rats // *Biol. Trace Elem. Res.* – 1995. – **48(1)**. – P. 1–11.
155. *Поворознюк В.В., Зотов В.П., Коштура І.Д. та ін.* Радіаційний фактор та кістково-м'язова система. – К.: Медкол, 1997. – 89 с.
156. *Идз М.* Все о витаминах и микроэлементах. – М.: Практика, 1995. – 382 с.
157. *Binkley N.C., Suttie J.W.* Vitamin K nutrition and osteoporosis // *J. Nutr.* – 1995. – **125(7)**. – P. 1812–1821.

158. *Feskanich D., Weber P., Willett W.C et al.* Vitamin K intake and hip fractures in women: a prospective study // *Amer. J. Clin. Nutr.* – 1999. – **69**, N 1. – P. 74–79.
159. *Mino M.* Vitamin deficiencies and hypervitaminosis // *Nippon Rinsho.* – 1999. – **57(10)**. – P. 2339–2344.
160. *Price P.A.* Vitamin K nutrition and postmenopausal osteoporosis // *J. Clin. Invest.* – 1993. – **91(4)**. – P. 1268.
161. *Raisz L.G.* Osteoporosis: current approaches and future prospects in diagnosis, pathogenesis, and management // *J. Bone Miner. Metab.* – 1999. – **17(2)**. – P. 79–89.
162. *Vermeer C., Gijsbers B.L., Craciun A.M. et al.* Effects of vitamin K on bone mass and bone metabolism // *J. Nutr.* – 1996. – **126(4)**. – P. 1187–1191.

◆ РОЗДІЛ 15

ОЦІНЮВАННЯ НЕБЕЗПЕКИ СТАНУ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ МІКРОРАЙОНУ БОРТНИЧІ (м. КИЇВ) У ЗВ'ЯЗКУ З ПОРУШЕННЯМ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЛОКАЛЬНИХ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ОЧИСНИХ СПОРУД МІСТА, ЗАХОДИ ЙОГО ЛІКВІДАЦІЇ

(О.П. Нікіташ, Ю.О. Нікіташ, О.Г. Курило)

Мікрорайон Бортничі розташований у південно-східній частині м. Київ, є частиною Дарницького району. До 1988 р. селище Бортничі входило до складу Бориспільського району Київської області. Збудоване воно в заплаві р. Дніпро – нижня частина і на першій–третій його надзаплавних терасах – верхня частина. Житловий сектор мікрорайону складається з багатоповерхової забудови (38 житлових будинків, 8100 мешканців) та приватного сектору (понад 3000 дворів, 15 000 мешканців), які знаходяться на балансі ЖЕД 207 та Ради самоврядування «Бортничі» (рис. 15.1).

У мікрорайоні переважає 1–2-поверхова приватна забудова. Багатоповерхові будівлі почали споруджувати з 1970-х років, коли у верхніх Бортничих було введено в експлуатацію такі великі підприємства, як Бортницька зрошувальна система, Київська комплексна геофізична експедиція, Бортницький дослідно-механічний завод, Укргеолбудм та інші, що зводили 5–9-поверхові будинки з об'єктами інфраструктури (школи, дитсадки, будинки побуту, котельні тощо) для своїх працівників. У цей же період тут почали закладати локальні системи водопостачання з артезіанських свердловин та каналізації, які знаходилися на балансі підприємств. Їх спорудження не завершено досі. Всі інші приватні будинки у верхніх і нижніх Бортничих не були підключені до систем централізованого водопостачання та водовідведення. Для водопостачання приватних будівель використовують колодязі та

неглибокі свердловини, для водовідведення – каналізацію типу вигрібних ям.

Невпорядкованість і відсутність систем водопостачання та водовідведення на території цього мікрорайону призвела до значного техногенного навантаження на геологічне середовище й виникнення надзвичайної санітарно-епідеміологічної ситуації щодо забруднення підземних вод на початку 2015 р. [2].



Св. № 50 – експлуатаційна свердловина та її номер

Рис. 15.1. Схема розміщення експлуатаційних свердловин КП «Київводоканал» мікрорайону Бортничі в м. Києві (масштаб 1 : 10 000)

15.1. Гідрогеологічні умови мікрорайону

Геологічна будова мікрорайону Бортничі визначається його розміщенням у межах південно-західного борту Дніпровсько-Донецької западини, накладеної на кристалічний фундамент схилу Українського щита, що занурюється в північно-східному напрямку. В геологічній будові території задіяні докембрійські утворення кристалічного фундаменту і відклади осадового чохла, потужність якого зростає в напрямку занурення фундаменту. Осадовий чохол утворюють відклади тріасової, юрської, крейдової, палеогенової і четвертинної систем (рис. 15.2).

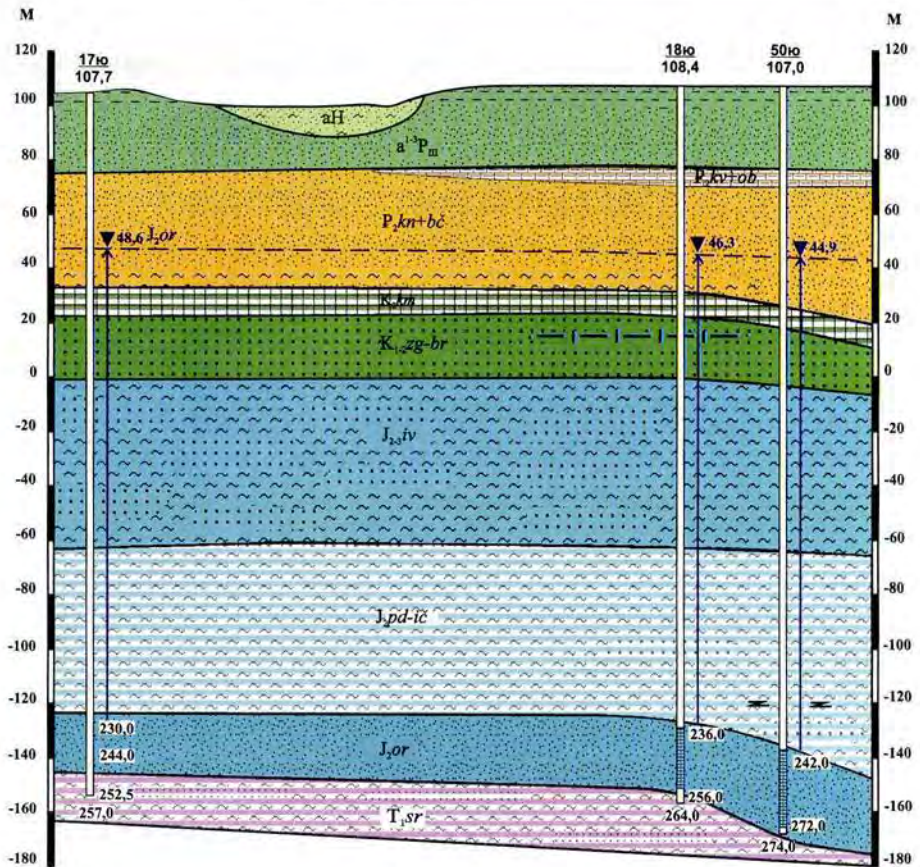
У гідрогеологічному відношенні територія належить до Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну, який характеризується витриманим поширенням водовмісних і водотривких відкладів (табл. 15.1).

Таблиця 15.1

Зведений геолого-гідрогеологічний розріз водозабору в мікрорайоні Бортничі

№ з/п	Геологічний індекс	Глибина залягання, м	Потужність, м	Літологічний опис порід	Гідрогеологічний підрозділ
1	aH	0,0–0,5	0,5	Грунтово-рослинний шар	Зона сарації
2		0,5–5,0	4,5	Суглинок жовтий, піщанистий	
3		a ¹⁻³ P _{III}	5,0–32,0	27,0	Пісок сірий, жовто-сірий, з прошарками суглинків, водонасичений
4	P ₂ kv+ob	32,0–38,0	8,0	Мергель синьо-зелений, глина	Водотрив
5	P ₂ bč	38,0–76,0	38,0	Пісок зеленкуватого-сірий, дрібнозернистий, з прошарками глин, водонасичений	Водоносний горизонт










№ з/п	Геологічний індекс	Глибина залягання, м	Потужність, м	Літологічний опис порід	Гідрогеологічний підрозділ
6	P_2kn	76,0–82,0	6,0	Глина чорна, піщаниста, алевритиста	Водоносний горизонт
7	K_2km	82,0–89,5	7,5	Крейда біла, щільна	Водотрив
8	K_1zg-br	89,05–95,0	5,5	Пісковик сірий, з прошарками глини і піску, водонасичений	Водоносний комплекс
9		95,0–110,0	15,0	Пісок сірий, дрібнозернистий, з прошарками гезових пісковиків та кременів, водонасичений	
10		110,0–143,0	33,0	Пісковик сірий, з прошарками піску і глини, водонасичений	
11	$J_{2-3}iv$	143,0–200,0	57,0	Глина темно-сіра, з прошарками пісковика	Водотрив
12	$J_2pd-ič$	200,0–240,0	40,0	Глина темно-сіра, щільна, з прошарками пісковика, піску, бурого вугілля	
13	J_2or	240,0–274,0	34,0	Пісок сірий, з буруватим відтінком, дрібнозернистий, водонасичений	Водоносний горизонт
14	T_1sr_2	274,0–300,0	26,0	Глина червоноувато-сіра, піщаниста, з прошарками пісковиків	Водотрив



Масштаби: горизонтальний 1 : 10 000
вертикальний 1 : 2000

Рис. 15.2. Геолого-гідрогеологічний розріз мікрорайону Бортничі

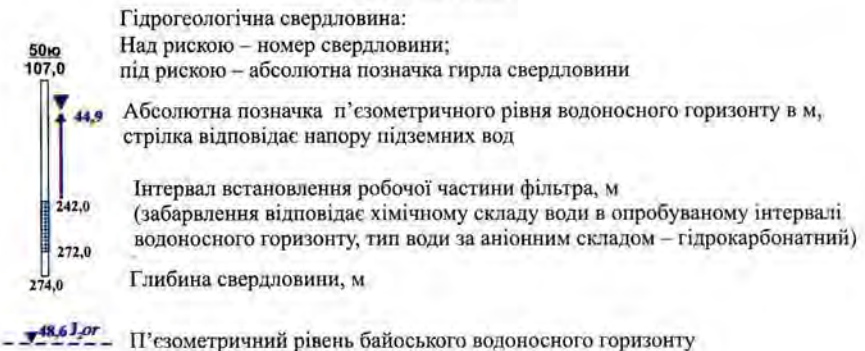
Стратиграфічні

-  Водоносний горизонт в алювіальних відкладах голоцену заплав річок і днищ балок. Піски дрібно-, середньозернисті, глинисті
-  Водоносний горизонт в алювіальних верхньоєоценових відкладах першої-третьої надзаплавних терас. Піски середньо-, дрібнозернисті з прошарками і лінзами суглинків
-  Водотривка товща київської та обухівської світ еоцену. Мергелі, глини
-  Водоносний горизонт у відкладах канівської та бучацької серій еоцену. Піски дрібнозернисті, глинисті
-  Водотривка крейдяно-мергельна товща верхньої крейди. Крейда щільна
-  Водоносний комплекс у відкладах іваницької світи середньої та верхньої юри і загорівської, журавинської та бурімської світ нижньої й верхньої крейди. Піски дрібнозернисті, пісковики гезові, кремені. (Сеноман-келовейський водоносний комплекс)
-  Водотривка глиниста товща підлужної, ніжинської та ічнянської світ середньої юри. Глини щільні з прошарками пісковиків, мергелів
-  Водоносний горизонт у відкладах орельської світи байоського ярусу середньої юри. Піски сірі дрібно-, середньозернисті, водонасичені. (Байоський водоносний горизонт)
-  Водотривка глиниста товща у відкладах сребрянської світи нижнього триасу. Глини з прошарками пісковіку

Літологічні

- | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
|  | Суглинок |  | Пісковик |
|  | Пісок |  | Глини з прошарками пісковіку |
|  | Пісок глинистий |  | Крейда |
|  | Глини |  | Пісковик з включенням кременю |
|  | Мергель |  | Глини з прошарками бурого вугілля |

Інші позначення



Умовні позначення до рис. 15.2

Серед відкладів осадового чохла на території мікрорайону Бортничі виділяють такі водоносні горизонти і комплекси [1]:

1) aH – водоносний горизонт в алювіальних голоценових відкладах заплавл річок і днищ балок;

2) $a^{1-3}P_{III}$ – водоносний горизонт в алювіальних відкладах верхнього неоплейстоцену першої–третьої надзаплавних терас р. Дніпро;

3) $P_2kn+bc\check{c}$ – водоносний горизонт у відкладах канівської та бучацької серій еоцену;

4) $J_{2-3}iv+K_{1-2}zg-br$ – водоносний комплекс у відкладах іваноницької світи середньої–верхньої юри і загорівської, журавинської та бурімської світ нижньої–верхньої крейди (сеноман-келовейський);

5) J_2or – водоносний горизонт у відкладах орельської світи середньої юри (байоський);

6) T_1dr+sr – водоносний горизонт у відкладах дронівської та серебрянської світ нижнього тріасу.

Водоносні комплекси і горизонти розділені слабопроникними (водотривкими) глинистими або карбонатними породами регіонального поширення. Водотривками в межах мікрорайону Бортничі є (див. табл. 15.1):

1) P_2kv+ob – водотривка товща київської та обухівської світ еоцену, що розділяє водоносні горизонти у відкладах голоцену і неоплейстоцену й водоносний горизонт у відкладах канівської та бучацької серій еоцену;

2) K_2km – водотривка товща крейди і мергелів верхньої крейди, що розділяє водоносний горизонт у відкладах канівської й бучацької серій еоцену та водоносний комплекс сеноман-келовейських відкладів;

3) $J_2pd+i\check{c}$ – водотривка товща підлужної, ніжинської та ічнянської світ середньої юри (бат-келовейська глиниста товща), що розділяє водоносний комплекс келовей-сеноманських відкладів і водоносний горизонт у відкладах орельської світи середньої юри (байоський);

4) T_1sr – водотривкі породи серебрянської світи нижнього тріасу, що розділяють водоносний горизонт у відкладах орель-

ської світи середньої юри та водоносний горизонт у відкладах дронівської й сребрянської світ нижнього тріасу.

Водотривкі товщі на території мікрорайону поширені повсюдно, за винятком водотривкої товщі київської та обухівської світ еоцену, яка в долині Дніпра й на першій–другій терасах частково розмита і заміщена четвертинними відкладами. Наявність цієї товщі у верхній частині розрізу визначає відмінність гідрогеологічних умов у нижній та верхній частинах Бортничів.

Нижче наведено коротку характеристику водоносних горизонтів і комплексів у мікрорайоні Бортничі.

1. Водоносний горизонт в алювіальних голоценових відкладах заплави річок і днищ балок – аН

Горизонт розвинений на території нижніх Бортничів, де займає заплаву Дніпра, має абсолютні позначки поверхні 93–100,0 м. Водовмісні породи алювіальної товщі вирізняються неоднорідністю гранулометричного складу як у вертикальному розрізі, так і за простяганням.

Алювіальні відклади представлені фаціями розмиву, русловою, заплавною і старичною. Відклади фацій розмиву і руслової, які становлять нижню частину розрізу, представлені дрібно-, середньо- та крупнозернистими пісками з галькою і гравієм осадкових та кристалічних порід. Відклади заплавної й старичної фацій, які формують верхню частину розрізу, представлені дрібно- і тонкозернистими пісками, глинистими, з прошарками супісків, суглинків, торфу й рослинних решток. Потужність водовмісної товщі змінюється від 6–12 до 30–35 м і більше.

Підстелений водоносний горизонт обводненими відкладами канівської й бучацької світ, утворює з ними тут єдиний водоносний горизонт.

Бучацькі відклади представлені пісками сірими, зеленкуватосірими дрібно- і середньозернистими з прошарками вуглистих глин. Потужність відкладів становить 30–40 м. Сумарна потужність алювіально-бучацького водоносного горизонту сягає 70 м і більше. Нижнім водотривом є чорні канівські піщанисті глини потужністю 6–10 м та мергельно-крейдиана товща верхньої крей-

ди потужністю 4–6 м. Води алювіально-буцацького горизонту безнапірні і мають єдину вільну поверхню. Глибина їх залягання змінюється від 0,3 до 3–5 м.

Дебіти колодязів, які експлуатують верхню частину горизонту, становлять 0,01–0,07 дм³/с при зниженні рівня на 0,5–1,0 м. Дебіти свердловин, пробурених на нижню водозбагачену частину горизонту, змінюються від 0,3–3 до 22,2 дм³/с за зниження рівнів на 10–14 м.

На формування хімічного складу ґрунтових вод горизонту значно впливають атмосферні опади і річкові води.

Режим водоносного горизонту можна схарактеризувати як типовий прибережний. Рівні ґрунтових вод добре реагують на підйоми і спади рівнів води в річках і озерах. Амплітуда коливання рівня ґрунтових вод з віддаленням від річок зменшується і становить 0,5–3,5 м.

Води горизонту прісні, гідрокарбонатні кальцієві, кальцієво-магнієві і магнієві з мінералізацією 0,1–0,8 г/дм³. Реакція води слабо кисла, рН 5,5–6,9, рідше – слаболужна, рН 7,4. Загальна твердість води змінюється від 1,25 до 9,00 ммоль/дм³.

Води горизонту збагачені залізом, вміст якого досягає 1,5–3,0, в окремих випадках – 10–16 мг/дм³. В колодязях і свердловинах, пробурених на верхню його частину, трапляється органічне забруднення.

Водоносний горизонт не захищений від забруднення з поверхні землі.

Експлуатується він окремими колодязями та свердловинами для водопостачання приватних садиб і малих підприємств.

2. Водоносний горизонт в алювіальних відкладах верхнього неоплейстоцену першої–третьої надзаплавних терас – $a^{1-3}P_{III}$

Горизонт поширений у верхніх Бортничих, сформований у дрібно- й різнозернистих пісках, які утворюють першу–третю надзаплавні тераси р. Дніпро з абсолютними позначками поверхні 100–112 м.

Крім пісків у будові водоносного горизонту іноді задіяні суглинки і супіски, які мають другорядне значення і трапляються у вигляді лінз і прошарків потужністю від 0,1 до 1–2 м.

На всій площі поширення водоносний горизонт залягає першим від поверхні. Водоносний горизонт алювіальних відкладів першої–третьої надзаплавних терас вміщує типові ґрунтові води з вільною поверхнею. Глибина його залягання змінюється від 4,5 до 16 м, рідко досягає 20 м.

Абсолютні позначки дзеркала змінюються в межах 80–100 м, знижуються до заплави Дніпра, де відбувається розвантаження водоносного горизонту. Його потужність змінюється від 10–15 до 25–30 м.

Підстелений водоносний горизонт водотривкими мергелями й мергельними глинами київської та обухівської світ палеогену потужністю 3–6 м.

Дебіти колодязів змінюються від 0,02 до 0,07 дм³/с. Забори води з колодязів становлять 1–3, інколи досягають 5–6 м³/доба. Дебіти свердловин змінюються від 3,3 до 5–7 дм³/с за зниження рівня до 10 м.

Живиться водоносний горизонт за рахунок інфільтрації атмосферних опадів. Розвантажується безпосередньо в річки або у водоносний горизонт голоценових алювіальних відкладів. Коливання рівнів підземних вод першої–третьої надзаплавних терас становить 0,5–1,0 м.

За хімічним складом води горизонту гідрокарбонатні магнієво-кальцієві, сульфатно-гідрокарбонатні магнієво-кальцієві. Маса сухого залишку становить 0,30–0,42 г/дм³, рН змінюється від 6,5 до 7,5. Вміст макро- та мікрокомпонентів не перевищує гранично допустимих норм за винятком заліза загального, мангану та амонію.

За літологічними й гідродинамічними показниками водоносний горизонт належить до незахищених від забруднення з поверхні землі. Він широко експлуатується колодязями та свердловинами для водопостачання приватних садиб і малих підприємств.

3. Водоносний горизонт у відкладах канівської і буцацької серій еоцену – P_2kn+bc

Горизонт в еоценових відкладах на території мікрорайону Бортничі поширений повсюдно.

Водоносні породи є однорідною товщею піщаних бучацьких та піщано-вуглисто-глинистих канівських відкладів, загальна потужність якої змінюється від 30 до 48 м і в середньому становить 40–42 м. Глибина залягання покрівлі водоносного горизонту коливається від 15–20 до 80 м.

В основі еоценового водоносного горизонту залягає водотривка мергельно-крейдяна товща верхньої крейди потужністю 3–8 м.

Перекритий еоценовий водоносний горизонт на території верхніх Бортничів водотривкою товщею мергелів і мергельних глин київської та обухівської світ потужністю 5–10 м. Київські мергелі в заплаві р. Дніпро на території нижніх Бортничів, повністю розмиті, на обводнених бучацьких утвореннях залягають водоносні алювіальні відклади, що утворюють єдиний водоносний горизонт.

У місцях поширення київських мергелів водоносний горизонт в еоценових відкладах у непорушеному стані характеризується незначним напором, що в середньому становить 5–8 м. Глибина залягання п'єзометричних рівнів знаходиться в межах 45–80 м.

Дебіти свердловин, пробурених на водоносний горизонт в еоценових відкладах, у середньому становлять 2–4 $\text{дм}^3/\text{с}$ за зниження 7–12 м.

Води канівсько-бучацького водоносного горизонту належать до типу гідрокарбонатно-кальцієвих із загальною мінералізацією 0,3–0,5 $\text{г}/\text{дм}^3$. Загальна їх твердість – 3,4–4,5 $\text{ммоль}/\text{дм}^3$. Води нейтральні чи близькі до нейтральних (рН 6,8–8,1). Вміст основних і шкідливих компонентів у воді не перевищує допустимих норм, окрім заліза загального, вміст якого досягає 3–15 $\text{мг}/\text{дм}^3$ і більше.

Водоносний горизонт еоценових відкладів через підвищений вміст заліза рідко використовують для водопостачання.

4. *Водоносний комплекс у відкладах іваницької світи середньої і верхньої юри та загорівської, журавинської, бурімської світ нижньої і верхньої крейди (сеноман-келовейський водоносний комплекс) – J₂₋₃iv+K₁₋₂zg-br*

У межах мікрорайону Бортничі водоносний комплекс поширений повсюдно. Водовмісні породи представлені різними у стратиграфічному й літолого-фаціальному відношеннях відкладами.

Верхня їх частина сформована неоднорідними породами загорівської, журавинської й бурімської світ середньої і верхньої крейди. Піски в покрівлі дрібно- і тонкозернисті, до підошви – середньо- й крупнозернисті, подекуди гравелисті, зі стяжіннями кременів, лінзами пісковиків, часто окременілих. Потужність водовмісних порід верхньої товщі комплексу 26–30 м.

Нижня частина водовмісних відкладів утворена товщею окременілих і тріщинуватих пісковиків із прошарками глин іваницької світи середньої і верхньої юри, потужністю 33–41 м. Глибина залягання комплексу 82,5–110,0 м.

Дебіти свердловин становлять 1,6–12,5 дм³/с за зниження рівня 12,5–32,0 м.

Перекриті ці відклади мергельно-крейджаною товщею верхньої крейди потужністю 4,5 м та чорними канівськими піщаними глинами (6,0 м). Крейджано-мергельна товща характеризується низькими фільтраційними властивостями. Разом з тим її екранувальні властивості порушені тектонічною тріщинуватістю, що сприяє перетіканню вод із вищезалеглих водоносних горизонтів у водоносний комплекс.

Залягають водовмісні породи водоносного комплексу на глинистих відкладах ічнянської світи, що підстелена глинами ніжинської й підлужної світ середньої юри, які утворюють єдиний регіональний середньоюрський водотрив потужністю 60–100 м.

Водоносний комплекс напірний, напір над покрівлею становить 40–85 м. П'езометричний рівень у свердловинах встановлюється на глибині 10–25 м.

Води комплексу прісні, гідрокарбонатні магнієво-кальцієві, з мінералізацією 0,36–0,43 г/дм³. Загальна твердість води 5,4–6,8 ммоль/дм³.

Хімічний склад води стабільний у часі і виражається загальною формулою:

$$M_{0,36-0,43} \frac{\text{HCO}_3^- \text{ 66-94}}{\text{Ca}^{2+} \text{ 61-66 } \text{Mg}^{2+} \text{ 20-24 } (\text{Na}^+ + \text{K}^+) \text{ 13-15}} \text{ pH } 6,6-8,04 \text{ T } 10-16 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Вміст макро- і мікрокомпонентів у межах допустимих норм за винятком дещо підвищеного вмісту заліза й мангану.

Водоносний комплекс у відкладах іваницької світи середньої і верхньої юри та загорівської, журавинської, бурімської світи нижньої і верхньої крейди за літологічними й гідродинамічними показниками належить до захищених від забруднення з поверхні землі.

Підземні води водоносного комплексу експлуатуються свердловинами для водопостачання населення і промислових підприємств.

5. Водоносний горизонт у відкладах орельської світи байоського ярусу середньої юри (байоський водоносний горизонт) – J₂or

У межах мікрорайону Бортничі водоносний горизонт представлений кварцовими пісками середньо- та дрібнозернистими з прошарками та лінзами глин. Потужність піщаних відкладів орельської світи байоського ярусу середньої юри 20–57 м, збільшується в північно-східному напрямку.

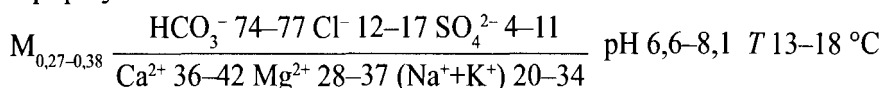
У покрівлі водоносного горизонту залягають глини ніжинської та підлужної світи середньої юри (батські глини), які, у свою чергу, перекрыті глинистими відкладами з прошарками пісковиків ічнянської світи верхньої юри. Загальна потужність регіонального водотриву становить 80–100 м. Глибина залягання покрівлі байоського водоносного горизонту – 210–223 м.

У подошві середньоюрських пісків залягає нижньотріасова піщано-глиниста товща.

Напір становить 130–158 м. П'єзометричний рівень встановлений на глибині 50–65 м. Дебіти водозабірних свердловин – 8,88–25,0 дм³/с за зниження рівня 0,90–35,0 м.

Води горизонту прісні, гідрокарбонатні, хлоридно-гідрокарбонатні натрієво-магнієво-кальцієві з мінералізацією 0,27–0,38 г/дм³, загальною твердістю 4,4–5,0 ммоль/дм³.

Хімічний склад води стабільний у часі і виражається загальною формулою:



Вміст макро- і мікрокомпонентів у межах допустимих норм за винятком незначного підвищення вмісту заліза й мангану.

Води байоського водоносного горизонту характеризуються добрими питними якостями, які протягом усього періоду експлуатації не змінилися.

Водоносний горизонт за всіма природними критеріями захищений від забруднення з поверхні землі.

Водоносний горизонт у відкладах орельської світи байоського ярусу експлуатується свердловинами для централізованого господарсько-питного постачання населення і промислових підприємств.

б. Водоносний горизонт у нижньотріасових відкладах – T_1

Горизонт значно поширений на території мікрорайону Бортничі. Водовмісні породи представлені пісками з прошарками пісковиків, глин, конгломератів. Піски тонко-дрібнозернисті, подекуди різнозернисті. Потужність їх збільшується із заходу на схід від 5 до 150 м.

Фільтраційні характеристики горизонту порівняно низькі, що обумовлено переважанням у розрізі водовмісних порід пісків тонко- і дрібнозернистих фракцій. Глибина залягання покрівлі водоносного горизонту – 300–380 м.

Залягають водовмісні породи тріасового водоносного горизонту на кристалічному фундаменті чи слабопроникних одновікових відкладах: глинах, алевролітах, пісковиках. Покрівля горизонту утворена обводненими пісками середньоюрського віку або глинистими відкладами тріасу (серебрянська світа).

Горизонт високонапірний. Невелика кількість гідрогеологічних свердловин, що розкривають тріасові відклади, не дає уявлення про п'єзометричну поверхню, але за одиночними свердловинами напір становить 150–250 м. Дебіти розвідувальних свердловин 0,25–0,50 $\text{дм}^3/\text{с}$ за зниження рівня до 23,0–46,6 м.

За хімічним складом води від гідрокарбонатних до хлоридних змішаних за складом катіонів. Маса сухого залишку коливається від 0,39–0,43 до 3–5,0 $\text{г}/\text{дм}^3$, рН змінюється від 6,8 до 8,2, загальна твердість не перевищує 4,4 $\text{ммоль}/\text{дм}^3$.

Води у відкладах тріасу перспективні для розширення централізованого водопостачання й розливу як мінеральних вод.

Найпродуктивнішими гідрогеологічними підрозділами на території мікрорайону Бортничі є водоносний горизонт у відкладах орельської світи байоського ярусу середньої юри (байоський водоносний горизонт), водоносний комплекс у відкладах іваницької світи середньої і верхньої юри, загорівської, журавинської, бурімської світ нижньої і верхньої крейди (сеноман-келовейський водоносний комплекс), які використовують для централізованого водопостачання населення і промислових підприємств.

15.2. Сучасне водопостачання мікрорайону

Територія мікрорайону Бортничі входить до складу Київського родовища питних підземних вод, запаси якого було оцінено у 1972 р. для визначення перспектив забезпечення Києва підземними водами (протокол ДКЗ СРСР № 6779 від 25.12.1972) [2].

Запаси підземних вод оцінювали за основними водоносними горизонтами й комплексами, якими є сеноман-келовейський водоносний комплекс і байоський водоносний горизонт. На період оцінювання запасів на території мікрорайону експлуатаційних свердловин не було, тому до оцінки запасів вони не включені.

Найближчими до мікрорайону Бортничі ділянками, по яких затверджено запаси підземних вод, є «Великі колодязі» ВК-Бортничі I–II, ВК-39, ВК-8, ПАТ «Бортницький дослідно-механічний завод», завод «Енергія» ПАТ «Київенерго».

На ділянці Бортничі I–II Київського родовища питних підземних вод запаси оцінено в 1984 р. (протокол ДКЗ СРСР № 9411 від 25.01.1984). Підраховано запаси у сеноман-келовейському водоносному комплексі й байоському водоносному горизонті. Вивчено також водоносні горизонти у четвертинних та еоценових відкладах. Встановлено, що в підземних водах цих горизонтів підвищений вміст заліза (до 3,6 мг/дм³), тому потрібне попереднє їх знезалізнення перед подачею до водопровідної мережі. У зв'язку з цим води згаданих водоносних горизонтів передбачали використовувати як технічні та як джерело поповнення запа-

сів підземних вод сеноман-келовейського водоносного комплексу й байоського водоносного горизонту.

На ділянці ПАТ «Бортницький дослідно-механічний завод» у 2014 р. підраховано запаси по четвертинно-бучацькому водоносному горизонту, сеноман-келовейському водоносному комплексу і байоському водоносному горизонту (протокол ДКЗ України № 3088 від 16.01.2014 р.). Для заводу «Енергія» ПАТ «Київенерго» у 2014 р. підраховано запаси по четвертинно-бучацькому водоносному горизонту (Вирлицьке родовище) і сеноман-келовейському водоносному комплексу (протокол ДКЗ України № 3273 від 20.10.2014 р.).

Відомості про затверджені запаси вод по наведених вище родовищах і водозабірних ділянках наведено в табл. 15.2.

Окрім діючих водозаборів і родовищ із затвердженими експлуатаційними запасами підземних вод на території мікрорайону Бортничі розміщені водозабори, що складаються з однієї або кількох експлуатаційних свердловин, які працюють на незатверджених запасах.

Один із найбільших локальних водозаборів у мікрорайоні Бортничі належить ПАТ «АК «Київводоканал», переданий Бортницьким управлінням меліоративних систем та водного господарства у 2001 р. Водозабірний комплекс включав три експлуатаційні свердловини (№ 17, 18, 50; табл. 15.3) та дві водонапірні башти і постачав підземними водами байоського водоносного горизонту всі багатоповерхові будинки мікрорайону Бортничі. Ця локальна система водозабезпечення працювала в постійному режимі і забезпечувала подачу води з артезіанських свердловин безпосередньо у водонапірну систему без знезараження (рис. 15.3).

Згідно з даними аналізу водовідбору з діючого водозабору за 2014 р., середньомісячний водовідбір із свердловини № 17 змінювався від 361 до 464 м³/доба, № 18 – від 150 до 743, № 50 – від 421 до 1375 м³/доба. Середньомісячний водовідбір коливався від 1480 (серпень) до 1886 (січень) м³/доба, середньорічний водовідбір за 2014 р. становив 1600 м³/доба.

Затверджені експлуатаційні запаси підземних вод по діючих водозаборах мікрорайону Бортничі

Ділянка водозабору	Об'єкт водопостачання	Водоносний горизонт (комплекс)	Затверджені запаси підземних вод, тис. м ³ /доба			
			A	B	C ₁	A+B+C ₁
Бортничі I	Київ	Сеноман-келовейський	–	52,0	–	52,0
		Байоський	–	35,0	13,0	35,0
Бортничі II	Київ	Сеноман-келовейський	–	–	25,6	13,0
		Байоський	–	–	–	25,6
ВК-39	Київ	Сеноман-келовейський	0,4	–	–	0,4
ВК-8	Київ	Байоський	12,0	–	–	12,0
Бортничі I	ПАТ «Бортницький дослідно-механічний завод»	Четвертинно-бучацький	0,1	0,1	–	0,2
Бортницький ДМЗ		Сеноман-келовейський	0,06	0,09	–	0,15
		Байоський	0,06	0,29	–	0,35
Вирлицька	Завод «Енергія»	Четвертинно-бучацький	–	0,36	0,24	0,6
Завод «Енергія»	ПАТ «Київенерго»	Сеноман-келовейський	–	0,37	0,23	0,6

Основні параметри експлуатаційних свердловин діючого водозабору ПАТ «АК «Київводоканал»

№ з/п	Номер свердловини Геологічний індекс	Рік буріння	Глибина свердловини Абсолютна позначка гирла, м	Статичний рівень, м	Дебіт, $\frac{\text{дм}^3/\text{с}}{\text{м}^3/\text{доба}}$	Зниження рівня, м	Організація, яка бурила свердловину
1	<u>17</u> J ₂ b	1979	<u>257,0</u> 107,7	57,0	<u>16,7</u> 1440,0	43,0	Київське БУ-581
2	<u>18</u> J ₂ b	1987	<u>264,0</u> 108,4	65,0	<u>12,5</u> 1080,0	30,0	Київське БУ-581
3	<u>50</u> J ₂ b	1997	<u>274,0</u> 107,0	67,0	<u>12,7</u> 1100	31,2	Бориспільське СПМК № 241

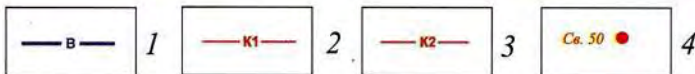
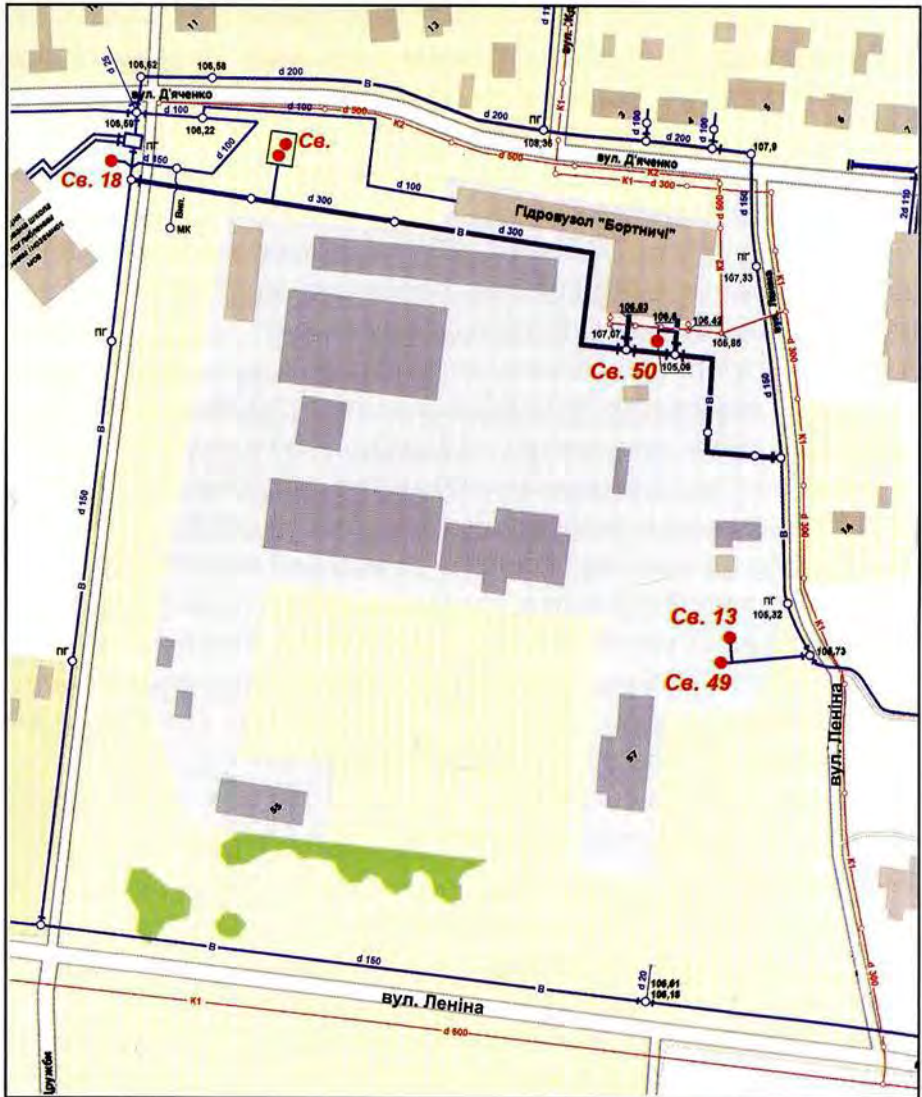


Рис. 15.3. Схема мереж водопроводу та каналізації мікрорайону Бортничі верхні:

1 – мережі артезіанського водопроводу; 2 – господарсько-побутова каналізація; 3 – зливової каналізація; 4 – експлуатаційна свердловина та її номер

Існуюча схема водозабезпечення передана до ПАТ «АК «Київводоканал» без системи знезараження і резерву свердловин, без можливості облаштування зони санітарної охорони 1-го поясу на свердловині № 18. Вона не забезпечувала надійного водопостачання й гарантованого пожежогасіння житлового сектору, не відповідала чинним нормативам.

У зв'язку з цим ПАТ «АК «Київводоканал» було ініційовано проектування і будівництво гідровузла «Бортничі» продуктивністю 8000 м³/доба. До його складу входять чотири артезіанські свердловини (дві сеноман-келовейського водоносного комплексу і дві байоського водоносного горизонту), насосна станція II підйому, два резервуари чистої води по 1500 м³ кожен, установка фільтрації продуктивністю 600 м³/год, електролізна установка та дві установки дезінфекції води ультрафіолетовим світлом по 300 м³/год кожна. Майданчик артезіанської свердловини № 50 потрапив у зону будівництва гідровузла, тому, після буріння нової свердловини має бути виведений з експлуатації. Однак станом на січень 2015 р. роботи зі спорудження гідровузла «Бортничі» та артезіанських свердловин не завершені. Пробурено дві свердловини № 49ю на байоський водоносний горизонт і № 13 на сеноман-келовейський водоносний комплекс в експлуатацію не введено. За цих умов свердловини № 17, 18, 50 продовжували експлуатувати.

15.3. Локальне забруднення підземних вод

На початку січня 2015 р. санітарно-епідеміологічна ситуація у мікрорайоні Бортничі ускладнилася. Серед мешканців мікрорайону було зафіксовано спалах гострих кишкових інфекцій, це призвело до захворювання 155 осіб (з них 121 дитина і 34 дорослих). Центральна лабораторія департаменту водопровідного господарства ПАТ «АК «Київводоканал», ДУ «Київський лабораторний центр Держсанепідемслужби України» та інші лабораторії відібрали проби питної води зі свердловин № 17, 18 і 50 у мікрорайоні Бортничі. У пробах зі свердловини № 50 було виявлено ріст колоній на мембранному фільтрі, тому виникла підоз-

ра про мікробіологічне забруднення [4]. Повторні аналізи питної води зі свердловини № 50 підтвердили відхилення за мікробіологічними показниками – загальні колі-форми та *E.coli* (табл. 15.4).

Якість питної води зі свердловин № 17 і 18 відповідала вимогам Державних санітарних норм і правил «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171–10) за всіма показниками.

Стічні води, забруднені мікроорганізмами кишкової групи, потрапили до локального артезіанського водопроводу через артезіанську свердловину № 50.

За даними Головного управління Держсанепідемслужби в м. Київ, спалах гострих кишкових інфекцій людей у мікрорайоні Бортничі пов'язаний із вживанням мікробіологічно забрудненої води з водопроводу і спричинений бактеріями групи кишкової палички (7,1 %), ротовірусної інфекції (31,6 %) та мікст інфекцією (5,2 %).

15.4. Причини забруднення підземних вод

Свердловина № 50 знаходиться в зоні будівництва гідровузла «Бортничі» на огороженому майданчику. Комплекс споруд свердловини складається з двох колодязів № 1 і 2 (Н = 3500 мм, позначка дна – 104,69 м, позначка вгорі – 108,27 м). У колодязі № 1 знаходиться оголовок свердловини, в колодязі № 2 – водомірний вузол діаметром 100 мм з водолічильником. Колодязі побудовані з бетонних кілець, дно колодязів забетоноване.

Свердловина № 50 водоводом діаметром 100 мм приєднана до водопровідної мережі діаметром 300 мм мікрорайону Бортничі у водопровідному колодязі № 9. Упродовж вул. Борової прокладено мережу госппобутової каналізації, що експлуатується ПАТ «АК «Київводоканал», але не знаходиться на його балансі. На цій мережі побудовано колодязь № 10. Мінімальна відстань від каналізаційної мережі до свердловини № 50 становить 40 м.

Згідно з проектом, для захисту ґрунтів від забруднення передбачено будівництво перекачувальної станції скидних забруднених вод зі зливного колектора у колектор госппитної каналізації. Цей проект станом на січень 2015 р. не реалізований.

Результати лабораторних

Місце відбирання проби	Мікробіологічний аналіз				Температура, °С	Загальний залишковий хлор, мг/дм ³	Запах за 20 °С, бали	Запах за 60 °С, бали	Загальна твердість, ммоль/дм ³
	Загальне мікробне число (ЗМЧ), КУО/см ³	Загальні колі-форми, КУО/100 см ³	E.coli, КУО/100 см ³	Ентерококи, КУО/100 см ³					
Нормативи ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною»	≤ 100	Відсутність	Відсутність	Відсутність	Не нормується	≤ 1,2	≤ 2	≤ 2	≤ 7
Спостережна свердловина № 50 Бортничі, проба 1	320	Є	Немає	Немає	—	—	—	—	3,7
Спостережна свердловина № 50 Бортничі, проба 2	250	Є	Немає	Немає	—	—	—	—	3,6
Спостережна свердловина № 50 Бортничі, проба 3	310	Є	Немає	Немає	—	—	—	—	3,7

аналізів води зі свердловини № 50

Таблиця 15.4

Фізико-хімічний склад

Колір, град	КаліумУТ-ність, мг/дм ³	
	Вода з поверхневих джерел	Вода з підземних джерел
≤ 20	≤ 0,58	≤ 1,5
7	—	18,1
6	—	16,9
6	—	16,1
Окиснюваність перманганатна, мг/дм ³	≤ 5,0	2,1
Загальна лужність, ммоль/дм ³	Не нормується	4,8
Сульфати, мг/дм ³	≤ 250	9,7
Амоній, мг/дм ³	≤ 0,5	1,0
Нітриди, мг/дм ³	≤ 0,1	0,054
Нітрати, мг/дм ³	≤ 50,0	< 0,5
Хлориди, мг/дм ³	≤ 250	7,8
Загальне залізо, мг/дм ³	≤ 0,2	1,49
Водневий показник (рН)	6,5–8,5	7,55
		7,8
		1,45
		7,55
		4,8
		2,1
		2,1
		16,9
		16,1

При обстеженні, проведеному фахівцями ПАТ «АК «Київводоканал» та ДП «Українська геологічна компанія», було встановлено, що колодязь № 11 зливного колектора і колодязь № 10 господарської каналізації сполучені несанкціонованою перемичкою діаметром 150 мм без запірної арматури. Також встановлено негерметичність колодязів № 3, 6 і 11.

Отже, внаслідок перевантаження каналізаційна мережа по вул. Боровій перезаповнилась, що призвело до перетікання стоків через перемичку в недобудований зливний колектор та його часткового заповнення у зоні розміщення свердловини № 50. Зі зливого колектора стоки дренувалися в перший від поверхні водоносний горизонт в алювіальних відкладах верхнього неоплейстоцену й накопичувалися на ділянці південніше від гідровузла «Бортничі», в напрямку потоку підземних вод, який спрямований на південний схід до долини р. Дніпро і контролюється зниженням у рельєфі (рис. 15.4).

Перевантаження систем водовідведення стічними водами відбувалося через відсутність системного обслуговування каналізаційних мереж та несвоєчасне виявлення аварійної ситуації. Поряд з обстеженням у свердловині № 50 проведено геофізичні каротажні дослідження, а на ділянці забруднення в районі свердловини № 50 – гідрогеологічні дослідження [3, 5].

Комплекс геофізичних досліджень складався з гамма-каротажу, щільнісного гамма-гамма каротажу, кавернометрії, магнітного каротажу та відеообстеження стінок обсадної колони свердловини. Свердловину досліджено до 208 м. Нижче дослідження не проводили через наявність у свердловині обірваного насоса. За даними інтерпретації матеріалів каротажу уточнено геологічний розріз і конструкцію свердловини, встановлено статичний рівень води (60,2 м) у ній. Фон природного гамма-випромінювання у свердловині низький – не перевищує 8 мкР/год.

За результатами щільнісного гамма-гамма каротажу встановлено, що позатрубний простір до глибини 3 м заповнений щільним цементним каменем. В інтервалі 3–199 м щільність цементного каменю порушена або він відсутній і не перешкоджає пере-

тіканню води в позатрубному просторі з вищезалеглих незахищених від забруднення водоносних горизонтів.

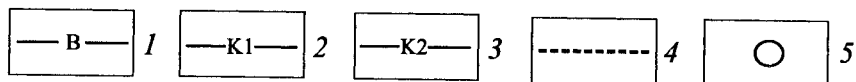
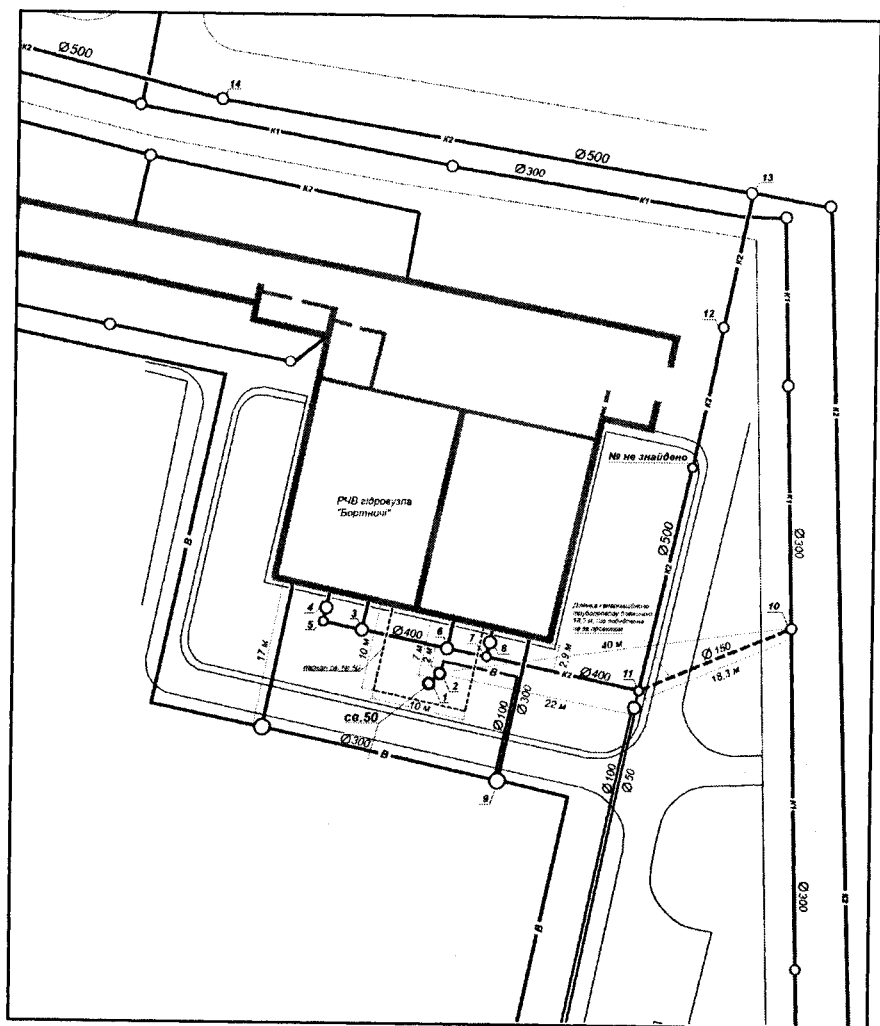


Рис. 15.4. Схема мереж водопроводу та каналізації в районі свердловини № 50:

1 – мережі артезіанського водопроводу; 2 – госппобутова каналізація; 3 – зливаю каналізація; 4 – несанкціонована перемичка, 5 – каналізаційні колодязі

У результаті відеообстеження внутрішньої будови обсадної колони в інтервалі глибин 31,6–52,0 м виявлено корозію і свищі з водними наростами, через які забруднені підземні води з алювіальних четвертинних відкладів просочувалися у свердловину до байоського водоносного горизонту.

Гідрогеологічні дослідження проведено з метою вивчення забруднення в зоні санітарної охорони 1-го поясу свердловини № 50. Для цього ДП «Українська геологічна компанія» пробурено спостережну свердловину № 1р і проведено відкачування.

Свердловину пробурено завглибшки 31 м на відстані 15 м від свердловини № 50. У процесі відкачування відбирали проби для аналізу Держсанепідемслужбою Києва, ПАТ «АК «Київводоканал» та ДП «Українська геологічна компанія». За результатами лабораторних досліджень виявлено забруднення четвертинного водоносного горизонту в алювіальних відкладах верхнього неоплейстоцену третьої–першої надзаплавних терас фекальними стічними водами.

Забруднення спричинило потрапляння стічних вод до системи зливової каналізації, численні несанкціоновані під'єднання до існуючих водопровідно-каналізаційних мереж мікрорайону з боку приватного сектору (149 за даними ПАТ «АК «Київводоканал»), зношеність системи комунікації, відсутність системи очищення і знезараження питної води, а також використання вигрібних ям, які за високого рівня підземних вод і підтоплення територій під час паводку створюють умови для постійного розширення площі забруднення ґрунтів і четвертинного алювіального водоносного горизонту, з якого забезпечується водопостачання приватного сектору через приватні свердловини і колодязі.

15.5. Ліквідація локального забруднення питних підземних вод

Мікробіологічне забруднення питних підземних вод ліквідував Департамент експлуатації водопровідного господарства ПАТ «АК «Київводоканал». Контрольні проби відбирали працівники Деснянського міжрайонного управління Головного управління Держсанепідемслужби у м. Києві.

Насамперед свердловину № 50 вивели з експлуатації і провели її дезінфекцію дезінфікувальним засобом «Жавель-клейд» (концентрація хлору 35–45 мг/дм³). Через добу із свердловини відкачали хлорну воду й відібрали проби для лабораторних досліджень. Крім того, проведено дезінфекцію та промивання водопровідних мереж мікрорайону Бортничі за адресами: вул. Леніна, вул. Дяченка, вул. Чехова, вул. Озерна, а також свердловини № 18. Промивання і дезінфекцію водопровідних мереж за період 11.01–16.01.2015 р. проводили більше як 5 разів.

Проби питної води відбирали за вищевказаними адресами. Моніторинг за якістю води проводять постійно. Вода зі свердловин № 17 і 18, а також у водопроводі мікрорайону Бортничі за всіма показниками відповідає вимогам ДСанПіН 2.2.4-171–10.

Висновки до розділу 15

Надзвичайна санітарно-епідеміологічна ситуація щодо забруднення питних підземних вод, яка склалася в мікрорайоні Бортничі, може повторитися і в інших районах, де відсутні централізоване водопостачання та каналізування (с. Тросщина, Осокорки Північні, с. Ходосівка тощо).

Для уникнення подібних ситуацій необхідний постійний контроль та обслуговування експлуатаційних свердловин, водопровідних та каналізаційних мереж, проведення моніторингу водонесних горизонтів та комплексів, захист зони санітарної охорони артезіанських свердловин і водопровідних споруд, а також водонесних горизонтів і комплексів від випадкового або навмисного забруднення з поверхні землі.

Список літератури до розділу 15

1. *Баби́нец А.Е., Боре́вский Б.В., Шесто́палов В.М.* Формирование эксплуатационных ресурсов подземных вод платформенных структур Украины / А.Е. Баби́нец, Б.В. Боре́вский, В.М. Шесто́палов. – К.: Наук. думка, 1979. – 216 с.

2. *Гидрогеологические основы охраны подземных вод* / Под ред. В.М. Гольдберга. – М.: Центр международных проектов ГКНТ, 1984. – 410 с.
3. *Методические рекомендации по совершенствованию основ контроля за охраной подземных вод Украины в условиях активного влияния хозяйственной деятельности* / Под ред. Е.А. Яковлева. – К.: Днепропетровское отделение ИМР, 1986. – 77 с.
4. *Методические рекомендации по выявлению и оценке загрязнения подземных вод* / Составители: В.М. Гольдберг, С.Г. Мелькановицкая, В.М. Лукьянчиков. – М.: ВСЕГИНГЕО, 1988. – 76 с.
5. *Применение скважинных и наземных геофизических методов при решении гидрогеологических и инженерно-геологических задач* / Под. ред. В.Н. Чубарова, И.М. Мелькановицкого, И.М. Гершановича. – М.: ВСЕГИНГЕО, 1980. – 102 с.

РОЗДІЛ 16

КОНЦЕПТУАЛЬНІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ МЕДИКО-ГЕОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

(Г.І. Рудько, О.В. Нецький)

16.1. Медико-геологічний моніторинг як засіб контролю взаємозв'язку геологічного середовища і здоров'я населення

Медико-геологічний моніторинг – це комплексна науково-інформаційна система аперіодичних, періодичних або безперервних тривалих спостережень за станом геологічного середовища (процесами та явищами, що в ньому відбуваються), показниками здоров'я населення з метою обґрунтування їх взаємозв'язку й запобігання захворюваності, розробки оптимізаційних заходів для попередження негативних ситуацій та мінімізації їхніх наслідків.

Для визначення ступеня впливу геологічного середовища на стан здоров'я населення розроблено загальні принципи створення моніторингової системи, що передбачає вирішення завдань мінімізації й запобігання цьому впливу, управління ним шляхом вжиття своєчасних заходів з коригування екологічної ситуації.

Основою моніторингових робіт є отримання інформаційних потоків, їх обробка, ранжирування, створення на їх основі різних за масштабами і ступенем вірогідності моделей прогнозування та управління [1].

У зв'язку з цим першочерговими завданнями системи моніторингу є:

- 1) формування банку даних інформації про параметри геологічного середовища в окремих регіонах, показники стану здоров'я населення;
- 2) створення логічної моделі для виявлення причинно-наслідкових зв'язків між показниками, що характеризують стан

здоров'я населення, та параметрами, що характеризують (визначають) стан геологічного середовища, на основі їх системного аналізу й оцінювання ризику для здоров'я людини (визначення основних чинників впливу геологічного середовища на стан здоров'я населення);

3) створення картографічних моделей територій з обґрунтованою оцінкою впливу чинників геологічного середовища на стан здоров'я населення;

4) формування математичних моделей впливу геологічного середовища (детермінованих біогеохімічних, вірогіднісних);

5) інформування населення про ступінь загроз і превентивні заходи для їх мінімізації;

6) підготовка управлінських рішень і пропозицій щодо поліпшення діяльності органів виконавчої влади та місцевого самоврядування з питань охорони навколишнього природного середовища й охорони здоров'я.

Кінцевою метою моніторингу впливу геологічного середовища на стан здоров'я населення є управління на різних рівнях (глобальному, регіональному, локальному) впливом геологічного середовища в межах природних і техноприродних геосистем для оптимального їх функціонування регулюванням режимів роботи.

Інформаційні потоки передбачено отримувати на основі:

- космічної інформації (аерокосмічний моніторинг у режимі реального часу з можливістю оцінювання знань про масштаби геологічних процесів у межах природних і техноприродних геосистем з погляду їх впливу на здоров'я людини);
- спеціалізованого маршрутного комплексного обстеження території з метою оцінювання геологічних умов, чинників і процесів, пов'язаних зі станом геологічного середовища;
- інформації з полігонних ділянок;
- даних клінічних і лабораторних досліджень, отриманих у процесі медичного обстеження, лікування тощо.

Для цього в системі медико-геологічного моніторингу передбачені спостереження за:

- станом здоров'я населення (стоматологічні дані, захворювання шлунково-кишкового тракту, центральної нервової системи, статистичні дані щодо народжуваності (смертності) тощо);
- компонентами геологічного середовища (атмосферне повітря, ґрунти, поверхневі й підземні води);
- видами впливу геологічного середовища – хімічними, фізичними (активізація геологічних процесів, температура, випромінювання), соціальними (якість харчових продуктів, структура водопостачання);
- джерелами техногенного впливу на геологічне середовище (підприємства нафтової, хімічної, гірничодобувної, переробної галузей промисловості, накопичувачі побутових відходів тощо);
- радіаційним станом.

Важливе значення мають обробка і збереження отриманої медико-геологічної інформації. Для цього доцільно використовувати автоматизовані інформаційні, ГС-системи, системи моделювання. Приклад структури автоматизованої інформаційної системи управління впливом геологічного середовища на стан здоров'я населення ілюструє рис. 16.1.

Одним із головних елементів таких систем має бути база даних медико-геологічних показників (параметрів).

До бази даних вводять інформацію про стан геологічного середовища, що охоплює різноманітний геологічний, літологічний, екологічний, медичний та інший фактографічний матеріал щодо параметрів геологічного середовища, показників стану здоров'я населення. Вона має задовольняти такі вимоги:

1) повна реалізація функціонального забезпечення, що дає змогу вводити, зберігати, обробляти дані, а також виводити потрібну інформацію у вигляді результуючих таблиць, графіків, діаграм, картографічного матеріалу на екран монітора або у друкованому вигляді;

2) наявність доступного для розвитку і розробки бази даних формату;

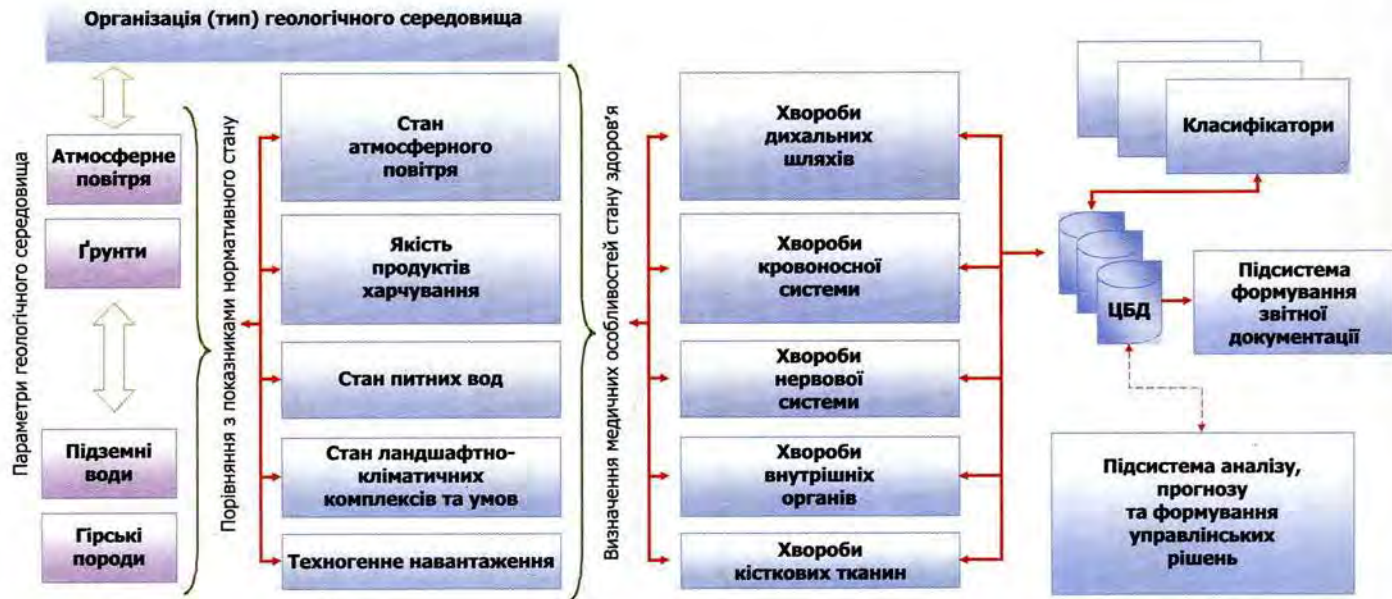


Рис. 16.1. Приклад структури автоматизованої інформаційної системи для оцінювання впливу геологічного середовища на стан здоров'я населення

3) наявність реляційної структури даних, яка забезпечує можливість взаємозв'язку інформації в різних таблицях;

4) наявність елементів для статистичної оцінки даних;

5) наявність елементів для обробки картографічних зображень у вигляді створених модулів або посилань на відповідні програми з обробки картографічного матеріалу (ГІС, програми для роботи з графічним матеріалом у векторному і растровому форматах);

6) наявність режиму для багатьох користувачів або часткова доступність для них;

7) бази даних мають бути надійно захищені від змін і дублюватись на існуючих носіях інформації;

8) мають бути механізми взаємодії існуючої бази даних з основними перспективними системами управління і розробки баз даних, експорт, імпорт даних з бази у зручних форматах.

На основі накопиченої інформації формується понятійно-індикаційна модель щодо геологічних чинників, які впливають на стан здоров'я населення. Картографічний матеріал узгоджується з геологічними умовами техноприродної геосистеми в режимі реального часу або в ретроспективному варіанті і відбивається в мережі Інтернет для широкого загалу.

16.2. Моделювання як засіб оцінювання медико-геологічних умов територій

Для реалізації процедури оцінювання медико-геологічних умов територій та впливу геологічних умов на стан здоров'я населення передбачене використання логічних, картографічних і математичних моделей.

Призначення логічної моделі – визначення основних просторово-часових закономірностей розвитку небезпечних геологічних процесів, тектоніко-фізичної, геолого-тектонічної організації геологічного середовища. Це упорядкована система відповідних оцінок, яка ґрунтується на знаннях і досвіді експертів, результатах аналізу фондових та опублікованих матеріалів стосов-

но досліджуваної проблеми. Вона дає змогу визначити обсяг досліджень, режим їх виконання, реалізувати попередній прогноз стану системи і намітити першочергові заходи з оптимізації.

Картографічна модель – тривимірна модель геологічного середовища, виконана у відповідному масштабі.

Математична модель – система, апроксимована до математичних залежностей, яка описує зв'язок геологічних чинників із захворюваністю населення.

Для оцінювання впливу геологічного середовища на здоров'я людини розглядають різні рівні картографічних моделей, що забезпечують проведення моніторингових медико-геологічних досліджень на глобальному, національному, регіональному і локальному рівнях.

Так, картографічні моделі масштабу 1 : 25 000 000–1 : 10 000 000 забезпечують глобальний моніторинг і дають змогу визначити й контролювати основні ареали поширення захворювань, пов'язані з умовами геологічного середовища або їх техногенними змінами.

Масштаб національного геолого-медичного моніторингу залежно від території досліджень коливається від 1 : 250 000 000 до 1 : 500 000, для території України він доцільний у масштабі 1 : 1 000 000.

Національний моніторинг ґрунтується на результатах комплексних досліджень геологічного і суміжних середовищ з погляду комплексної оцінки його динаміки (наприклад, для території України після Чорнобильської катастрофи було підраховано кількості хімічних елементів і радіонуклідів, які приносяться або виносяться з ландшафтних комплексів, оцінено їх вплив на здоров'я населення).

Регіональний моніторинг у системі геологічне середовище–здоров'я людини виконують для адміністративних областей чи інших окремих великих районів (розміри зони спостереження – тисячі квадратних кілометрів).

Регіональний рівень моніторингу застосовують для встановлення закономірностей впливу геологічного середовища регіону (рис. 16.2), області, наприклад, коли регіональні тектонічні пору-

шення зумовлюють часові і просторові деформації фізичних полів, газові еманації, що визначають ступінь онкозахворювань населення.

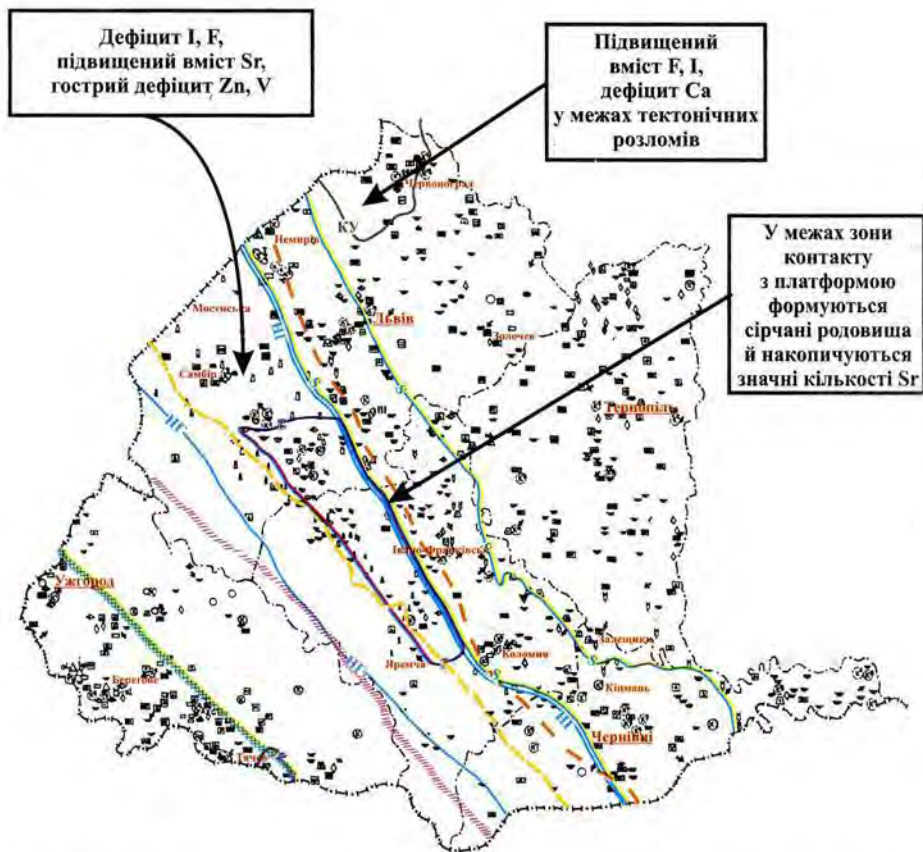


Рис. 16.2. Геолого-медичне картування та визначення ризиків захворюваності населення (на прикладі Карпатського регіону України)

Ⓛ	Нафта	Ⓛ	баластування залізниць
Ⓛ	Газ	▣	Пісок для бетону і залізобетону
Ⓛ	Конденсат	▣	Пісок для будівельних розчинів
▣	Вугілля кам'яне	▣	Пісок для покриття шосе і залізниць
▣	Вугілля буре	▣	Вапняк, крейда, мергель для виробництва цементу
▣	Торф	▣	Вапняк, крейда для виробництва вапна
⊙	<i>Металічні</i>	▣	Вапняк, доломіт для доменного виробництва
⊙	Свинць	▣	Вапняк, крейда, доломіт для хімічної, харчової та інших галузей промисловості
⊙	Ртуть	▣	Глина для виробництва вогнетривких виробів
⊙	<i>Неметалічні</i>	▣	Глина для виробництва цегли і черепиці
⊙	Алувіт	▣	Глинисті породи для цементного виробництва
⊙	Барит	▣	Глинисті породи для паперової, нафтової, гумової та інших галузей промисловості
⊙	Каолін	▣	Глинисті породи для виробництва керамзиту
▣	Фосфорити	▣	Пісок для виробництва скла
▣	Гіпс	▣	Пісок для силікатної цегли і вапняно-силікатних блоків
▣	Озокерит	▣	Пісок для керамічної, цементної та абразивної галузей промисловості
⊙	<i>Солі</i>	▣	Гідравлічні домішки (туфи)
⊙	Галіт	⊙	Вулканічне скло для отримання роздутого матеріалу (пеліт)
▣	Сильвін	⊙	Мінеральні фарби
▣	<i>Будівельні матеріали</i>		
▣	Гірські породи для буту і щебеню		
▣	Каміння штучне		
▣	Каміння бутове		
	<i>Забруднювачі підземних вод</i>		
▣	Накопичувачі стічних вод (озера, відстійники)		
▣	Накопичувачі твердих відходів		
▣	Поля фільтрації		
▣	Склади добрив		
▣	Сховища паливно-мастильних матеріалів (склади ПММ)		
▣	Скидання забруднених стічних вод у річки		
		—g—	Перелкарпатський соленосний басейн та Солотвинське родовище кухонної солі
		—НП—	Західноукраїнська нафтогазоносна провінція
		—S—	Перелкарпатський сірконосний басейн
		—КУ—	Контур промислової вугленосності Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну
		▣	Закарпатський глибинний розлом
		▣	Зона перебудованого зчленування платформної та геосинклінальної осей
		▣	Межа між Східноєвропейською платформою та Перелкарпатським передовим прогином
		▣	Межа між Перелкарпатським передовим прогином та Карпатською гірсько-складчастю системою

Умовні позначення до рис. 16.2

Спеціальний (локальний) моніторинг у системі геологічне середовище—здоров'я населення виконують, як правило, у містах, промислово-міських агломераціях, промислових районах, де встановлено взаємозв'язок захворюваності населення з геологічними умовами території.

У результаті спеціальних моніторингових досліджень виробляють конкретні управлінські рішення (наприклад, для Червоноградського гірничопромислового району на дефторування води, або зміни глибини гідрогеологічних свердловин, які використовують для питного водозабезпечення). Для Яворівського гірничопромислового району промисловий ландшафт трансформовано в рекреаційний [1].

16.3. Оцінювання медико-геологічної небезпеки за результатами моніторингу

Медико-геологічна небезпека визначається умовами стану геологічного середовища, його організацією та відповідними техногенними параметрами. В окремих випадках геологічне середовище характеризують властивостями, що обумовлюють специфіку захворювання людини [2–5].

При оцінюванні рівня медико-геологічної небезпеки можливі три основні підходи:

- 1) оцінювання стану здоров'я людини;
- 2) оцінювання стану системи людина–геологічне середовище;
- 3) оцінювання ризику медико-геологічної небезпеки.

Для визначення гостроти медико-геологічної ситуації в системі людина–геологічне середовище, як правило, використовують ступінь відхилення об'єкта чи середовища від деякої норми (рис. 16.3). Однак крім відхилення NS важливе значення має відхилення SU, яке показує, наскільки об'єкт наблизився до рівня руйнування своєї структури. Відстань NU фактично відповідає стійкості об'єкта.

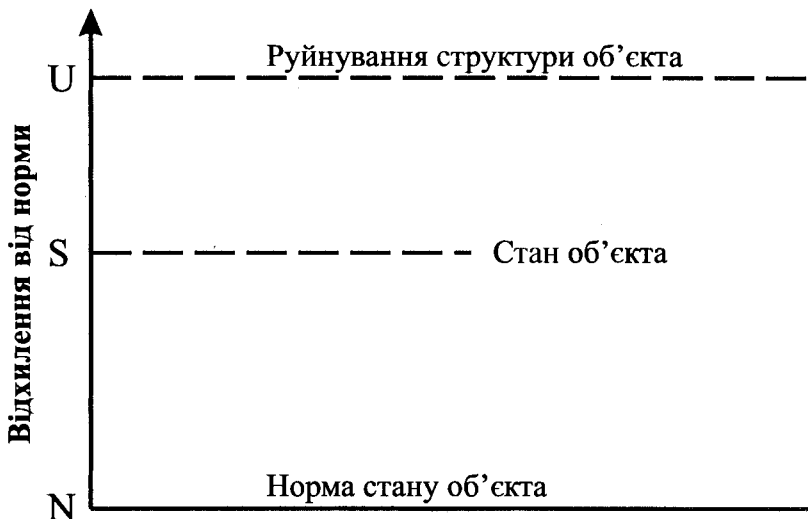


Рис. 16.3. Основні рівні стану геосистем

Щоб проаналізувати можливі медико-геологічні ситуації в системі людина–геологічне середовище, важливо оцінити не тільки його поточний стан, а й потенційно можливий, пов'язаний з певною ймовірністю тих чи інших антропогенних впливів.

Ризик захворювання оцінюють:

- 1) за аналогією з іншими об'єктами, подібними до розглянутих за основними параметрами;
- 2) за статистичними даними (на основі випадків, що вже сталися);
- 3) теоретично.

Оцінювання медико-геологічної небезпеки за допомогою розрахунків ризику принципово відрізняється від оцінки на основі реальної ситуації, оскільки дає лише ймовірну картину. Ризик найчастіше оцінюють для подій, що мають рідкісну і найчастіше неперіодичну повторюваність. Здебільшого оцінювання ризику має прогнозний характер.

Показники, що входять до інтегрального критерію оцінки системи людина–геологічне середовище, визначають на підставі інформації, отриманої від відповідних служб (гідрометеорологічної, санітарно-епідеміологічної тощо). Деякі показники мають бути отримані в результаті спеціальних досліджень, що фінансуються з бюджетів різних рівнів.

На підставі загальних понять про складові інтегрального критерію запропоновано рівняння, що пов'язує всі узагальнені показники системи людина–геологічне середовище:

$$\left(\begin{array}{c} \text{Індекс} \\ \text{здоров'я} \\ \text{населення} \\ [N] \end{array} \right) = \text{Функція} \left[\left(\begin{array}{c} \text{Індекс} \\ \text{запасу} \\ \text{природних} \\ \text{ресурсів} \\ [R] \end{array} \right) \left(\begin{array}{c} \text{Індекс} \\ \text{стану} \\ \text{геологічного} \\ \text{середовища} \\ [F] \end{array} \right) \left(\begin{array}{c} \text{Індекс} \\ \text{рівня} \\ \text{життя} \\ [D] \end{array} \right) \right]$$

або у загальному вигляді $N = f(R, F, D)$.

Індекс запасу природних ресурсів R визначають за формулою

$$R = \sum_j \frac{R_{0j} - R_{1j}}{R_{0j}} W_j,$$

де R_{0j} – вихідний запас природних ресурсів у регіоні в непорушеному стані; R_j – обсяг вилучених ресурсів на момент оцінювання стану природних ресурсів; W_j – ваговий коефіцієнт j -го ресурсу.

Під непорушеним станом j -го ресурсу R_{0j} регіону розуміють деякий його природний стан у середовищі, ізольованому від впливу антропогенних чинників. Непорушені стани ресурсів оцінюють експертно або беруть за них такі стани, що характеризуються максимальними запасами за аналізований період.

Індекс стану геологічного середовища F знаходять на основі даних про забруднення природного середовища за рівнянням

$$F = \frac{1}{1 + M},$$

де M – індекс забруднення середовища, який обчислюють за формулою

$$M = \frac{1}{m} \sum_i^m \frac{C_i - C_{i\phi}}{[\text{ГДК}]} K_i,$$

де C_i , $C_{i\phi}$ – концентрації i -ї домішки відповідно в момент оцінювання і фонова; m – число домішок-забруднювачів; K_i – уведена експертна вага, що характеризує відмінність характеру впливу різних речовин.

Індекс F може змінюватись від 0 до 1.

Індекс рівня життя D оцінюють за формулою

$$D = \frac{D_t}{D_0},$$

де D_t – валовий дохід на одну особу для даного регіону на момент оцінювання ситуації; D_0 – максимальний дохід на одну особу для всіх регіонів країни.

Індекс здоров'я населення N визначають за формулою

$$N = \frac{X_t - X_{\delta t}}{X_t},$$

де X_t – чисельність населення в регіоні на момент оцінки стану його здоров'я; $X_{\delta t}$ – середня чисельність хворого населення в певний рік, яку обчислюють за рівнянням

$$X_{\delta t} = \frac{1}{365} \sum_{i=1}^n X_{ii} \sum_{j=1}^m A_{ij} t_{ij},$$

де i – номер вікової групи; j – номер нозологічної одиниці чи групи хвороб; X_{ii} – чисельність населення певної вікової групи; A_{ij} – число випадків хвороби на 1000 мешканців регіону; t_{ij} – тривалість j -ї хвороби.

Індекс здоров'я може змінюватись від 0 до 1.

Показник чутливості здоров'я населення до зміни стану геологічного середовища отримують за відношенням N до $R + F + D$.

16.4. Заходи щодо запобігання та мінімізації впливу чинників геологічного середовища на стан здоров'я населення

З метою реабілітації територій, на яких зафіксовано вплив геологічних чинників можна виділити три основні етапи: 1) оцінювання медико-геологічної ситуації; 2) стабілізація медико-геологічної ситуації; 3) поліпшення медико-геологічної ситуації (мінімізація впливу).

Етап оцінювання медико-геологічної ситуації необхідний для визначення територій, на яких чинники геологічного середовища впливають на здоров'я людини. Крім того, на цьому етапі формують систему моніторингу, створюють постійно діючу модель геологічного середовища і чинників його впливу на стан здоров'я населення, шукають технічні рішення щодо стабілізації ситуації в регіоні, розробляють конкретні технічні проекти, спрямовані на нейтралізацію головних чинників негативного впливу геологічного середовища на стан здоров'я населення. Цей етап може тривати від одного до кількох років.

Етап оцінювання медико-геологічної ситуації передбачає:

1) ранжирування існуючих впливів геологічного середовища за ступенем впливу та рівнями їх екологічного ризику;

- 2) оцінювання головних чинників негативних впливів на стан здоров'я населення;
- 3) районування за рівнями змін стану здоров'я населення;
- 4) оцінювання ефективності системи моніторингу чинників впливу геологічного середовища та обґрунтування напрямів її вдосконалення;
- 5) добір першочергових заходів, спрямованих на мінімізацію впливу;
- 6) визначення оптимальних економічних схем вжиття заходів із мінімізації впливу;
- 7) розробка технічних проектів, спрямованих на нейтралізацію головних чинників негативного впливу геологічного середовища на стан здоров'я населення.

Етап стабілізації медико-геологічної ситуації є основним як за змістом, так і за тривалістю. Його реалізують здійсненням технічних проектів, спрямованих на нейтралізацію найзагрозливіших чинників негативного впливу геологічного середовища на стан здоров'я населення. Головним на цьому етапі є досягнення керованого стану геологічного середовища, що впливає, у межах чинних нормативів. Процес вирішення медико-геологічних проблем може тривати десятки років. Цей етап передбачає:

- 1) нейтралізацію головних чинників негативного впливу геологічного середовища на стан здоров'я населення та стабілізацію медичної ситуації;
- 2) оптимізацію системи моніторингу;
- 3) відстеження змін показників здоров'я населення внаслідок виконання технічних проектів та їх коригування, виходячи з оперативного прогнозу на основі моделей;
- 4) поліпшення медичної ситуації в регіоні.

Етап поліпшення медико-геологічної ситуації (мінімізація впливу) реалізується на конкретних територіях з урахуванням стану здоров'я населення і передбачає:

- 1) подальшу нейтралізацію головних чинників негативного впливу геологічного середовища на стан здоров'я населення;
- 2) здійснення технічних проектів, спрямованих на поліпшення медичної ситуації в регіоні.

Тривалість цього етапу – перші десятки років.

Усі перелічені етапи реалізують вжиттям конкретних заходів, кількість, питома вага і тривалість яких визначаються специфікою регіону або району [1, 6–10].

Висновки до розділу 16

Викладено концептуальні основи медико-геологічного моніторингу, що є комплексною науково-інформаційною системою аперіодичних, періодичних або безперервних тривалих спостережень за станом геологічного середовища (процесами і явищами, які в ньому відбуваються), показниками здоров'я населення з метою обґрунтування їх взаємозв'язку й запобігання захворюваності, розробки оптимізаційних заходів для запобігання негативній ситуації та мінімізації її наслідків. Визначено стратегію, тактику і технологію реалізації системи контролю, інформаційної системи, процедури різномасштабного й багатофункціонального моделювання, прогнозування, а також розробки оптимізаційних заходів з метою зменшення негативного впливу геологічного середовища на здоров'я людини.

Список літератури до розділу 16

1. *Вступ до медичної геології. У 2 т. / За ред. Г.І. Рудька, О.М. Адаменка.* – К.: Академпрес, 2010. – Т. 2 – 448 с.
2. *Рудько Г.И., Вольфсон И.Ф., Бейсеев О.Б. и др. Медицинская геология в странах СНГ (2000–2011): состояние и перспективы / Актуальные проблемы современной геологии, геохимии и географии: Сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. (28–30 сентября 2011, Брест). В 2 ч. / Брест. гос. ун-т имени А.С. Пушкина; ред. кол.: М.А.Богдасаров (гл. ред.) [и др.].* – Брест: БрГУ, 2011. Ч. 1: Геология, геохимия. – С. 47–50.
3. *Рудько Г.И. Общие положения медицинской геологии как нового направления в науке / Там же.* – С. 173–175.
4. *Рудько Г.И. Медична геологія як новий напрям в науці // Геолог України.* – 2011. – № 3–4. – С. 104–106.

5. Рудько Г.І., Нецький О.В. Вступ до медичної геології / Люди-на та довкілля. Проблеми неоекології // Наук. журн. Харків. нац. ун-ту імені В.Н. Каразіна. – 2011. – № 3–4. – С. 145–149.
6. Рудько Г.И., Шнюков Е.Ф., Шестопалов В.М. и др. Экологическая геология Украины (справочное пособие). – К.: Наук. думка, 1993. – С. 80–86; С. 319–329; С. 332–385.
7. Рудько Г.І. Методичні основи регіонального моніторингу геологічного середовища західного регіону України (обґрунтування концепції управління на базі системного підходу). – В кн.: «Геоекологічні дослідження: стан і перспективи» // Матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (23–25 травня 1995, Івано-Франківськ). Ч. 1. – Івано-Франківськ, 1995. – С. 120–135.
8. Рудько Г.І., Бондаренко М.Д., Озерко Л.М. Методика організації спеціального моніторингу та прогноз техногенної карсто-небезпечності в межах Передкарпатської сірконосної провінції // Матеріали наук. конф. присв. 50-річчю геологічного факультету «Проблеми геологічної науки та освіти в Україні». – Львів, 1995. – С. 374–375.
9. Рудько Г.І., Адаменко О.М. Екологічний моніторинг геологічного середовища. Підручник. – Львів: Вид. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2001. – 260 с.
10. Вступ до медичної геології. У 2 т. / За ред. Г.І. Рудька, О.М. Адаменка. – К.: Академпрес, 2010. – Т. 1 – 736 с.

ВИСНОВКИ

1. Викладено концептуальні положення медичної геології як науки, що вивчає механізм і динаміку взаємодії геологічного середовища та людини, а також результат цієї взаємодії – здоров'я і життя людини з точки зору впливу на неї геологічних процесів.

Умови, які формуються, і процеси (геодинамічні, геохімічні, гідрогеохімічні, геофізичні та ін.), які відбуваються в геологічному середовищі, визначають стан і взаємозв'язки в системі геологічне середовище–людина.

Викладені положення є основою подальшого розвитку медичної геології як науки та можуть бути використані для обґрунтування технічних рішень проблем впливу геологічного середовища на здоров'я людини.

2. Схарактеризовано основні гідрогеологічні регіони України (регіональні гідрогеологічні системи), яким властиві певні особливості геолого-гідрогеологічного розрізу порід і регіональні закономірності гідрогеологічних умов: Закарпатська, Карпатська, Передкарпатська, Волино-Подільська, РГС Українського щита, Дніпровсько-Донецька, Донбаська, Причорноморська, Північнодобруджанська РГС та РГС Гірського Криму. З одного боку, існують крупні РГС (Дніпровсько-Донецька, Волино-Подільська), у межах яких артезіанські басейни характеризуються практично невичерпними запасами прісних підземних вод, з іншого – експлуатаційні можливості окремих РГС є обмеженими (РГС Українського щита, Карпатська і Донбаська РГС), в деяких районах відчувається значний дефіцит води. Великі запаси підземних вод вміщує Причорноморська РГС, але порівняно з Дніпровсько-Донецькою і Волино-Подільською є менш перспективною, оскільки більша частина цих запасів припадає на води, непридатні для питного водозабезпечення.

3. Визначені та досліджені закономірності умов залягання, поширення і формування підземних вод головних водоносних горизонтів і комплексів у цілому по території України. Складено

картосхеми, що демонструють компонентний склад і показники хімічного складу питних підземних вод водоносних горизонтів в сарматських відкладах неогену, харківських та бучацьких відкладах палеогену, в крейдяних відкладах, в відкладах юри, вміст яких у природному стані не відповідає вимогам ДСанПін 2.2.4-171–10 по родовищах, запаси яких затверджені ДКЗ в установленому порядку протягом 2005–2014 рр.

4. Встановлено особливості формування хімічного складу підземних вод України. Визначено регіональні закономірності природного хімічного складу питних підземних вод та їх вплив на здоров'я населення:

- в межах Закарпатського прогину за хімічним складом питних підземних вод переважають гідрокарбонатно-кальцієві, характерна нестача в питній воді фтору, йоду, бром, молібдену, цинку, міді; надлишок кальцію, мангану, сірки. У зонах тектонічних порушень підвищений вміст літію, арсену, нікелю, заліза, бору та інших хімічних елементів: у воді окремих джерел відзначається перевищення ГДК в число разів: Li – 150, As – 4000, Ni – 2, Fe – 30;
- в межах Передкарпатського прогину спостерігається підвищений вміст у ґрунтових водах стронцію, хрому, молібдену, міді за відсутності йоду, фтору, нестачі кальцію;
- характерним для Складчастих Карпат є підвищений вміст стронцію, мангану, барію, збільшена рухливість міді, мінералізація ґрунтових вод близько 250 мг/дм³, відсутність фтору та йоду;
- для південно-західної країни Східноєвропейської платформи властиво існування районів з підземними водами, що збагачені кальцієм, та районів, де вміст кальцію незначний, вкрай малий вміст фтору в питній воді, інколи – фтор відсутній повністю. У зонах тектонічних порушень (Белз-Милятинська зона) питні води збагачені фтором, бромом, йодом. Для сірчаної провінції характерними є значний вміст стронцію і нестача фтору;
- у Одеській області відмічено низький фоновий вміст фтору (до 0,4 мг/дм³). Високий вміст хімічних елементів при-

урочений до зон тектонічних порушень, зокрема фтору (до 7 мг/дм³) і стронцію;

- підземні води, що мають найбільше практичне значення у Дніпровсько-Донецькій западині характеризуються підвищеним вмістом фтору, заліза загального та показника сухого залишку за невисокого вмісту кальцію і магнію та значної кількості хлоридів;
- надлишок у питних підземних водах бору, цинку властивий району Донбасу;
- в межах Українського щита у водах, приурочених до кристалічних порід, зафіксовано підвищений вміст радону (у кількостях, що подекуди переважають бальнеологічні норми). Спостерігається збільшення мінералізації на ділянках розломних зон.

Встановлено причинно-наслідкові зв'язки між будовою геологічного середовища, зокрема літолого-стратиграфічними, гідрологічними, гідрогеологічними та структурно-тектонічними особливостями різних регіонів України та природним хімічним складом підземних вод.

5. Визначено та проаналізовано джерела та фактори екологічної небезпеки підземної гідросфери. Виділено три групи чинників, що різняться як за масштабами, так і за ступенем впливу на гідросферу, серед яких фізико-хімічні чинники, хімічні токсичні речовини та хімічно необхідні сполуки.

6. Розглянуто гігієнічні вимоги до якості води, призначеної для споживання людиною. В Україні основним документом, що регламентує вміст шкідливих компонентів у питній воді, є Державні санітарні правила і норми «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171–10). Встановлено, що питна вода в разі невідповідності показників її мінерального складу гігієнічним нормативам при довготривалому споживанні може призводити до порушень функціонального стану організму та виникнення неінфекційних захворювань населення.

7. Розглянуто проблему водозабезпечення України підземними водами та впливу їх споживання на здоров'я населення. Ресур-

си підземних вод по регіонах України розподілені нерівномірно, що пов'язано з відмінністю геолого-структурних і фізико-географічних умов різних регіонів України. Станом на початок 2015 р. в Україні розвідано близько 500 родовищ питних і технічних підземних вод, 230 родовищ мінеральних, у т. ч. теплоенергетичних та промислових підземних вод.

8. Виконано гігієнічну оцінку впливу мінерального складу питних та мінеральних вод на здоров'я населення. Зокрема, проведено якісну оцінку питної води м. Львів та досліджено вплив води різної якості на стан крові людини. Аналіз проб води, відібраних з 10 пунктів розливу питної води (стаціонарних та пересувних), свідчить, що жодна з них не відповідає фізіологічній повноцінності за показниками: загальна твердість, загальна лужність, концентрація катіонів кальцію та магнію. Споживання такої води може призвести до виникнення Ca-Mg-залежних захворювань у людини. За споживання води з міського водопроводу стан крові людини суттєво не змінюється. Дистильована вода надзвичайно негативно впливає на стан крові людини – відбувається агрегація еритроцитів і лейкоцитів, а отже загущення крові. Стан крові, близький до ідеального, спостерігається за споживання мінеральної природної лікувально-столової води «Поляна Квасова», яка з усіх досліджуваних взірців води характеризується найбільшим вмістом катіонів кальцію та магнію.

9. Розглянуто фізіологічну повноцінність мінерального складу питних вод як фактору формування здоров'я населення на прикладі Одеської міської агломерації. Встановлено перевищення концентрації натрію у питних водах та нестачу відносно норми фторидів. Після очищення у підземних водах на 40–50 % знижуються концентрації Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , що ще більше провокує розвиток захворювань, зумовлених дефіцитом цих есенційних елементів. Дефіцит фторидів в питних водах вимагає обґрунтування значущості їх фторування як засобу профілактики карієсу зубів серед широких верств населення.

10. На прикладі м. Бердянськ встановлено біологічну дію та практичне використання мінеральних йодо-бромних вод. Доведено, що особливості формування мінеральних йодо-бромних вод

ділянки курорту Бердянськ створюють можливості диференційованого їх застосування у лікувальній практиці при зовнішньому застосуванні з широким спектром медичних показань.

11. Досліджено гідрохімічні та біологічні особливості борних мінеральних вод України. Експериментальними дослідженнями визначено позитивний вплив борних МВ на функціональний стан нирок, що є науковою підставою щодо диференційованого питного використання цих МВ при захворюваннях сечовідних шляхів та поєднаний гастроурологічній патології.

12. Підтверджено біологічну активність кремнієвих вод, що чинять радіозахисну дію, сприяють виживанню тварин, зниженню хромосомних аберацій, підвищенню збереженості клітин печінки, тонкої кишки, червоного кісткового мозку, сприятливо впливають на здоров'я людей, особливо літніх.

13. Проаналізовано вплив хімічного складу питної води на здоров'я населення. Описано особливості засвоювання мікроелементів та їх роль в організмі людини.

14. Розглянуто захворювання, що виникають як результат дефіциту чи надлишку хімічних елементів, що надходять до організму людини з питною водою.

15. Доведено, що довготривале споживання питних вод, які характеризуються дисбалансом їх мінерального складу, може бути одним із негативних чинників впливу на здоров'я населення.

16. Встановлено, що поряд з вітаміном D і такими загально-визнаними елементами, як Ca, P, на стан КТ впливають й інші макро- та мікроелементи – Mg, Mn, F, I, Zn, Al, Cu та багато інших. Збалансований вміст їх у харчовому раціоні сприятиме підвищенню піка кісткової маси в період росту, підтриманню МЩКТ у репродуктивний період, запобігатиме підвищенню резорбції в літньому та старечому віці та зниженню ризику захворювання на остеопороз.

17. Описано надзвичайну санітарно-епідеміологічну ситуацію із забруднення питних підземних вод, яка склалася в мікрорайоні Бортничі м. Київ. Встановлено, що забрудненню сприяло потрапляння стічних вод до системи зливової каналізації, багаточи-

сельні несанкціоновані підключення до існуючих водопровідно-каналізаційних мереж мікрорайону з боку приватного сектору.

18. Розроблені науково-методичні основи медико-геологічного моніторингу України.

Основні питання які постають на даний час наступні:

- розробка правових та економічних засад щодо переоцінки запасів (ресурсів) підземних вод, затверджених 20 і більше років тому назад у межах міст та промислово-міських агломерацій нашої держави, що пов'язано зі змінами техногенного навантаження, вимог до якості питних підземних вод, схем експлуатації водозаборів і т. п.;
- залучення потенціалу захищених водоносних горизонтів підземних вод до питно-господарського водозабезпечення населення України та зменшення в структурі водозабезпечення використання уразливих і забруднених поверхневих вод;
- раціональне вирішення питань використання водних ресурсів (екологічних, комунальних, енергетичних тощо) для водопостачання міст і забезпечення інтересів водоспоживачів: надмірного водоспоживання та значних втрат води у розподільчих мережах, низької якості та ненадійного функціонування систем водопостачання й каналізації; незадовільних екологічних характеристик систем водозабезпечення і каналізації тощо.

Автори висловлюють надію та побажання посилення екологічних та соціальних важелів інформування населення щодо ризиків захворювання, причини яких викладені в монографії.

ВЫВОДЫ

1. Изложены концептуальные положения медицинской геологии как науки, изучающей механизм и динамику взаимодействия геологической среды и человека, а также результат этого взаимодействия – здоровье и жизнь человека с точки зрения влияния на нее геологических процессов.

Условия, которые формируются, и процессы (геодинамические, геохимические, гидрогеохимические, геофизические и др.), которые происходят в геологической среде, определяют состояние и взаимосвязи в системе геологическая среда–человек.

Изложенные положения являются основой дальнейшего развития медицинской геологии как науки и могут быть использованы для обоснования технических решений проблем влияния геологической среды на здоровье человека.

2. Охарактеризованы основные гидрогеологические регионы Украины (региональные гидрогеологические системы), которым свойственны определенные особенности геолого-гидрогеологического разреза пород и региональные закономерности гидрогеологических условий: Закарпатская, Карпатская, Предкарпатская, Волыно-Подольская, РГС Украинского щита, Днепроовско-Донецкая, Донбасская, Причерноморская, Северодобруджанская РГС и РГС Горного Крыма. С одной стороны, существуют крупные РГС (Днепроовско-Донецкая, Волыно-Подольская), в пределах которых артезианские бассейны характеризуются практически неисчерпаемыми запасами пресных подземных вод, с другой – эксплуатационные возможности отдельных РГС ограничены (РГС Украинского щита, Карпатская и Донбасская РГС), в некоторых районах ощущается значительный дефицит воды. Большие запасы подземных вод содержит Причерноморская РГС, но по сравнению с Днепроовско-Донецкой и Волыно-Подольской является менее перспективной, поскольку большая часть этих запасов приходится на воды, непригодные для питьевого водоснабжения.

3. Определены и исследованы закономерности условий залегания, распространения и формирования подземных вод главных водоносных горизонтов и комплексов в целом по территории Украины. Составлены картосхемы, демонстрирующие компонентный состав и показатели химического состава питьевых подземных вод водоносных горизонтов в сарматских отложениях неогена, харьковских и бучацких отложениях палеогена, в меловых отложениях, в отложениях юры, содержание которых в естественном состоянии не соответствует требованиям ГСанПин 2.2.4-171–10 по месторождениям, запасы которых утверждены ГКЗ в установленном порядке в течение 2005–2014 гг.

4. Установлены особенности формирования химического состава подземных вод Украины. Определены региональные закономерности естественного химического состава питьевых подземных вод и их влияние на здоровье населения:

- в пределах Закарпатского прогиба по химическому составу питьевых подземных вод преобладают гидрокарбонатно-кальциевые, характерна нехватка в воде фтора, йода, брома, молибдена, цинка, меди; избыток кальция, марганца, серы. В зонах тектонических нарушений повышенное содержание лития, мышьяка, никеля, железа, бора и других химических элементов: в воде отдельных источников отмечается превышение ПДК в число раз: Li – 150, As – 4000, Ni – 2, Fe – 30;
- в пределах Предкарпатского прогиба наблюдается повышенное содержание в грунтовых водах стронция, хрома, молибдена, меди при отсутствии йода, фтора, недостатка кальция;
- характерным для Складчатых Карпат является повышенное содержание стронция, марганца, бария, увеличена подвижность меди, минерализация грунтовых вод около 250 мг/дм³, отсутствие фтора и йода;
- для юго-западной окраины Восточноевропейской платформы характерно существование районов с подземными водами, обогащенными кальцием, и районов, где содержание кальция незначительное, крайне малое содержание

фтора в питьевой воде, иногда – фтор отсутствует полностью. В зонах тектонических нарушений (Белз-Милятинская зона) питьевые воды обогащены фтором, бромом, йодом. Для серной провинции характерно высокое содержание стронция и недостаток фтора;

- в Одесской области отмечено низкое фоновое содержание фтора (до $0,4 \text{ мг/дм}^3$). Высокое содержание химических элементов приурочено к зонам тектонических нарушений, в частности фтора (до 7 мг/дм^3) и стронция;
- подземные воды, имеющие наибольшее практическое значение в Днепроовско-Донецкой впадине характеризуются повышенным содержанием фтора, железа общего и показателя сухого остатка при невысоком содержании кальция, магния и значительного количества хлоридов;
- избыток в питьевых подземных водах бора, цинка присущий району Донбасса;
- в пределах Украинского щита в водах, приуроченных к кристаллическим породам, зафиксировано повышенное содержание радона (в количествах, иногда преобладающих бальнеологические нормы). Наблюдается увеличение минерализации на участках разломных зон.

Установлены причинно-следственные связи между строением геологической среды, в частности литолого-стратиграфическими, гидрологическими, гидрогеологическими и структурно-тектоническими особенностями разных регионов Украины и естественным химическим составом подземных вод.

5. Определены и проанализированы источники и факторы опасности подземной гидросферы. Выделены три группы факторов, различающихся как по масштабам, так и по степени влияния на гидросферу, среди которых физико-химические факторы, химические токсичные вещества и химически необходимые соединения.

6. Рассмотрены гигиенические требования к качеству воды, предназначенной для потребления человеком. В Украине основным документом, регламентирующим содержание вредных компонентов в воде, являются Государственные санитарные правила

и нормы «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ГСанПиН 2.2.4-171–10). Установлено, что питьевая вода в случае несоответствия показателей ее минерального состава гигиеническим нормативам при длительном потреблении может привести к нарушению функционального состояния организма и возникновению неинфекционных заболеваний населения.

7. Рассмотрена проблема водообеспечения Украины подземными водами и воздействия их потребления на здоровье населения. Ресурсы подземных вод по регионам Украины распределены неравномерно, что связано с различием геолого-структурных и физико-географических условий различных регионов Украины. По состоянию на начало 2015 г. в Украине разведано около 500 месторождений питьевых и технических подземных вод, 230 месторождений минеральных, в т. ч. теплоэнергетических и промышленных подземных вод.

8. Выполнено гигиеническую оценку влияния минерального состава питьевых и минеральных вод на здоровье населения. В частности, проведена качественная оценка питьевой воды г. Львов и исследовано влияние воды разного качества на состояние крови человека. Анализ проб воды, отобранных из 10 пунктов разлива питьевой воды (стационарных и передвижных), свидетельствует, что ни одна из них не соответствует физиологической полноценности по показателям: общая жесткость, общая щелочность, концентрация катионов кальция и магния. Употребление такой воды может привести к возникновению Са-Mg-зависимых заболеваний у человека. При потреблении воды из городского водопровода состояние крови человека существенно не меняется. Дистиллированная вода чрезвычайно негативно влияет на состояние крови человека – происходит агрегация эритроцитов и лейкоцитов, а следовательно сгущение крови. Состояние крови, близкое к идеальному, наблюдается при потреблении минеральной природной лечебно-столовой воды «Поляна Квасова», которая из всех исследуемых образцов воды характеризуется наибольшим содержанием катионов кальция и магния.

9. Рассмотрена физиологическая полноценность минерального состава питьевых вод как фактор формирования здоровья населения на примере Одесской городской агломерации. Установлено превышение концентрации натрия в питьевых водах и недостаток относительно нормы фторидов. После очистки в подземных водах на 40–50 % снижаются концентрации Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} , что еще больше провоцирует развитие заболеваний, обусловленных дефицитом этих эссенциальных элементов. Дефицит фторидов в питьевых водах требует обоснования значимости их фторирования как средства профилактики кариеса зубов среди широких слоев населения.

10. На примере г. Бердянск установлено биологическое действие и практическое использование минеральных йод-бромных вод. Доказано, что особенности формирования минеральных йод-бромных вод участка курорта Бердянск создают возможности дифференцированного их применения в лечебной практике при наружном применении с широким спектром медицинских показаний.

11. Исследовано гидрохимические и биологические особенности борных минеральных вод Украины. Экспериментальными исследованиями определено положительное влияние борных МВ на функциональное состояние почек, что является научным основанием для дифференцированного питьевого использования этих МВ при заболеваниях мочевыводящих путей и сочетающейся гастроурологической патологии.

12. Подтверждено биологическую активность кремниевых вод, оказывающих радиозащитное воздействие, способствующих выживанию животных, снижающих хромосомные аберрации, повышающих сохранность клеток печени, тонкой кишки, красного костного мозга, благоприятно влияющих на здоровье людей, особенно пожилых.

13. Проанализировано влияние химического состава питьевой воды на здоровье населения. Описаны особенности усвоения микроэлементов и их роль в организме человека.

14. Рассмотрены заболевания, возникающие как результат дефицита или избытка химических элементов, поступающих в организм человека с питьевой водой.

15. Доказано, что длительное потребление питьевых вод, характеризующиеся дисбалансом их минерального состава, может быть одним из негативных факторов влияния на здоровье населения.

16. Установлено, что наряду с витамином D и такими общепризнанными элементами, как Ca, P, на состояние КТ влияют и другие макро- и микроэлементы – Mg, Mn, F, I, Zn, Al, Cu и многие другие. Сбалансированное содержание их в пищевом рационе будет способствовать повышению пика костной массы в период роста, поддержанию МПКТ в репродуктивный период, предотвратит повышение резорбции в пожилом и старческом возрасте и снизит риск заболевания остеопорозом.

17. Описано чрезвычайную санитарно-эпидемиологическую ситуацию по загрязнению питьевых подземных вод, которая сложилась в микрорайоне Бортнички г. Киев. Установлено, что загрязнению способствовало попадание сточных вод в систему ливневой канализации, многочисленные несанкционированные подключения к существующим водопроводно-канализационным сетям микрорайона со стороны частного сектора.

18. Разработаны научно-методические основы медико-геологического мониторинга Украины.

Основные вопросы, которые возникают в настоящее время следующие:

- разработка правовых и экономических основ переоценки запасов (ресурсов) подземных вод, утвержденных 20 и более лет назад в пределах городов и промышленно-городских агломераций нашего государства, что связано с изменениями техногенной нагрузки, требований к качеству питьевых подземных вод, схем эксплуатации водозаборов и т. п.;
- привлечение потенциала защищенных водоносных горизонтов подземных вод к хозяйственно-питьевому водоснабжению населения Украины и уменьшение в структуре водоснабжения использования уязвимых и загрязненных поверхностных вод;

- рациональное решение вопросов использования водных ресурсов (экологических, коммунальных, энергетических и т. п.) для водоснабжения городов и обеспечения интересов водопотребителей: чрезмерного водопотребления и значительных потерь воды в распределительных сетях, низкого качества и ненадежного функционирования систем водоснабжения и канализации; неудовлетворительных экологических характеристик систем водоснабжения и канализации и др.

Авторы выражают надежду и пожелания на усиление экологических и социальных рычагов информирования населения о рисках заболевания, причины которых изложены в монографии.

CONCLUSIONS

1. The conceptual regulations of medical geology as a science that studies the mechanism and dynamics of the interaction between man and geological environment and the result of this interaction – the health and life in terms of impact of geological processes were summarized.

Conditions which are formed, and processes (geodynamic, geochemical, hydrochemical, geophysical, etc.) which occur in the geological environment, determine the status and interrelations in the system of geological environment– human.

Stated regulations are the basis for further development of medical geology as a science, and can be used to study technical problem solving of geological environment impact on the human health.

2. Author determined basic hydrogeological regions of Ukraine (regional hydrogeological systems), which have certain features of geological and hydro-geological rock sections and regional regularities of hydrogeological conditions: Transcarpathian, Carpathian, Subcarpathian, Volyn-Podolsk, RHS of the Ukrainian Shield, Dnieper-Donetsk, Donbas, Black Sea, Northern Dobrudzha RHS and the RHS of the Mountain Crimea. On the one hand, there are large RHS (Dnieper-Donetsk, Volyn-Podolsk), within which artesian basins are characterized as virtually inexhaustible reserves of fresh underground water, on the other – the operational capabilities of the separate RHS are limited (RHS of the Ukrainian Shield, Carpathian and Donbas RHS) and in some areas there is a significant lack of water. Large reserves of underground water contains RHS Black Sea, but in comparison with the Dnieper-Donetsk and Volyn-Podolsk is less promising as most of these stocks accounts for water unsuitable for drinking water provision.

3. Identified and investigated patterns of conditions of occurrence, distribution and forming the main underground water aquifers and complexes among the whole territory of Ukraine. Done maps that show component composition and chemical indicators of drin-

king groundwater aquifers in the Sarmatian sediments of Neogene, Kharkiv and Buchatskiy Paleogene deposits in Cretaceous sediments in Jurassic sediments, the contents of which in its natural state does not meet DSANPIN 2.2.4- 171–10 in deposits, the reserves of which approved by SCR in the prescribed manner for 2005–2014.

4. The peculiarities of formation of the chemical composition of groundwater of Ukraine. The regional patterns of natural chemical composition of drinking groundwater and their impact on the health of population:

- Transcarpathian foredeep within the chemical composition of drinking groundwater is dominated by hydro-calcium, peculiar lack of fluoride in drinking water, iodine, bromine, molybdenum, zinc, copper; excess calcium, manganese, sulfur. In zones of tectonic disturbances increased content of lithium, arsenic, nickel, iron, boron and other chemical elements, in some water sources noted the amount of MPC in excess in the number of times: Li – 150, As – 4000, Ni – 2, Fe – 30;
- Within the Subcarpathian foredeep an increased content of strontium, chromium, molybdenum, copper, in the absence of iodine, fluoride, calcium deficiency in groundwater is observed;
- In Folded Carpathians peculiar high content of strontium, manganese, barium, increased mobility of copper mineralization of ground waters about 250 mg/dm³, no fluorine and iodine is observed;
- For South-western outskirts of the East European Platform typical existence of areas with underground waters, enriched with calcium, and areas where calcium is negligible, extremely small content of fluoride in drinking water, sometimes - fluorine missing completely. In zones of tectonic disturbances (Belz-Myliatyn zone) drinking water enriched with fluorine, bromine, iodine. For sulfuric province it is typical to have a significant content of strontium and fluoride shortage;
- In the Odesa Region background observed low fluorine content (0.4 mg/dm³), the high content of chemical elements con-

fined to zones of tectonic disturbances, including fluorine (7 mg / dm³) and strontium;

- Groundwater with the greatest practical importance in the Dnieper-Donets Basin are characterized by a high content of fluorine, iron and total dry residue indicator for low calcium and magnesium chloride and a significant amount;
- Excess in drinking groundwater with boron and zinc content is typical for Donbas region;
- Within the Ukrainian shield in waters marked to the crystalline rocks observed high content of radon (in quantities that sometimes prevail balneal norms), the increase in areas of mineralization fault zones.

Established causal relationships between the structure of the geological environment, including lithologic and stratigraphic, hydrological, hydrogeological and structural-tectonic features of different regions of Ukraine and the natural chemical composition of groundwater.

5. Determined and analyzed the sources and factors of environmental danger of underground hydrosphere. Three groups of factors that vary both in scale and the degree of influence on the hydrosphere, including the physical and chemical factors, toxic chemical substances and necessary chemical compounds.

6. Considered hygiene requirements for the quality of water intended for human consumption. In Ukraine, the main document that regulates the content of harmful components in water, is the State sanitary rules and norms "Hygienic requirements for drinking water intended for human consumption" (STATE STANDARDS 2.2.4-171-10). Stated that drinking water in the case if it doesn't suit the responses of its mineral composition hygienic standards in long-term consumption can lead to violations of the functional state of the organism and the emergence of non-communicable disease population.

7. The problem of water provision of Ukraine groundwater and the impact of their consumption on human health. Groundwater resources in the regions of Ukraine are unevenly distributed, due to the difference of geological-structural, physical and geographical conditions of different regions of Ukraine. At the beginning of 2015 in

Ukraine explored about 500 deposits of technical and drinking underground water, mineral deposits 230, in t. h. thermal power and industrial groundwater.

8. Completed Hygienic evaluation of the influence of mineral composition of drinking and mineral water on the human health. In particular, completed the qualitative evaluation of drinking water of Lviv and the influence of different water quality condition in human blood. Analysis of water samples taken from 10 pouring points of drinking water (stationary and mobile), shows that none of them is responsible for the full value of physiological indicators: total hardness, total alkalinity, concentration of calcium and magnesium cations. Consumption of such water can cause Ca-Mg-dependent diseases in humans. Over consumption of water from the municipal water provision status of human blood has not significantly changed. Distilled water has an extremely negative impact on human blood – is the aggregation of red blood heamatocytes and white blood heamatocytes, and thus thickening of blood. The state of blood which is close to ideal, is observed during the consumption of natural mineral medical water “Polyana Kvasova” which of all the studied models of water is characterized by the highest content of calcium and magnesium cations.

9. Considered physiological usefulness of the mineral composition of drinking water as a factor in the formation of the human health by the example of Odessa metropolitan area. Established excess of sodium concentration in drinking water and lack of fluorides according to the rules. After cleaning in the groundwater reduced concentration at 40–50% of Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , which further provoke the development of disease due to deficiency of essential elements. Deficiency of fluoride in drinking water requires justification of importance of fluoridation as a mean of prevention of dental caries among the wide range of population.

10. In the example of Berdyansk established biological effects and practical use of iodine-bromine mineral water. Proved that peculiarities of the formation of iodine-bromine mineral water resort area of Berdyansk create opportunities of its differentiated use in medical practice for external use with a wide range of medical indications.

11. Researched hydrochemical and biological characteristics of boric mineral waters of Ukraine. Experimental research determined the positive impact of boric MB on renal function, which is the scientific basis for the differentiated use of these CF drinking waters in diseases of the urinary tract and associated gastrourinary pathology.

12. Confirmed the biological activity of silicon waters which do radioprotective effect, contribute to the survival of animals, reduce chromosomal aberrations, enhance preservation of liver cells, small intestine, red bone marrow, beneficial effect on human health, especially the elderly.

13. The influence of the chemical composition of drinking water on human health. Described the features of assimilation of micronutrients and their role in the human body.

14. Considers diseases that arise as a result of deficiency or excess of chemical elements which receives the human body with drinking water.

15. It has been proved that long-term consumption of drinking water, which is characterized by an imbalance of the mineral composition, may be one of the negative factors which influence the health of the population.

16. It is established that, along with vitamin D and generally accepted elements such as Ca, P, the state CT influence other macro and microelements – Mg, Mn, F, I, Zn, Al, Cu and others. Balanced content in their diet will increase peak bone mass during growth, maintaining BMD in the reproductive period, will prevent the increase of resorption in elderly and old age, and reduce the risk of osteoporosis.

17. Described emergency of sanitary and epidemiological situation of drinking groundwater contamination, which occurred in the neighborhood of Bortnychi m. Kyiv. It was established that pollution contributed entering wastewater to the stormwater systems, numerous unauthorized connections to existing water and sewer networks neighborhood from the private sector.

18. The scientific and methodological basis of medical and geological monitoring Ukraine.

Key issues facing currently are:

- Development of legal and economic basis for revaluation of reserves (resources) groundwater, approved more than 20 years ago in the city and industrial and urban agglomerations of our country, due to man-made changes in load requirements for the quality of drinking groundwater, schemes operating intake and so on. p.;
- Attracting potential protected aquifer groundwater to drinking water supply and economic Ukraine's population and the reduction in water supply structure fragile and contaminated surface water;
- Issues of rational use of water resources (environmental, utilities, energy, etc) urban water supply and water consumers interests, excessive water consumption and substantial water losses in the distribution networks, low quality and unreliable operation of water supply and sanitation; unsatisfactory environmental performance of water supply and sanitation and so on.

The authors express the hope and wishes to strengthen environmental and social levers to inform the population about the risks of disease, the causes of which are set out in the book.

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

АЛТ	аланін амінотрансфераза
АОЗ	антиоксидантний захист
АсТ	аспартатамінотрансфераза
АМФ	аденозинмонофосфат
АТФ	аденозинтрифосфат
БГП	біогеохімічна провінція
ВГ	водоносний горизонт
ВОС	водоочисна станція
ГК	глюкокортикоїди
ГМФ	гуанінмонофосфат
ГХП	геохімічна провінція
ДВД	дефіцит вітаміну D
ДРА	двохфотонна рентгенівська абсорбціометрія
ЕГ	експериментальний гепатоз
ЕІ	ендогенна інтоксикація
ЗГТ	заміщуюча гормональна терапія
ІМТ	індекс маси тіла
ІПТГ	інтактний паратиреоїдний гормон
КТ	кісткова тканина
КУО	колонієутворювальні одиниці
ЛІ	лейкоцитарний індекс інтоксикації
ЛФ	лужна фосфатаза
МВ	мінеральні води
МЩКТ	мінеральна щільність кісткової тканини
ПВ	підземні води
ПКК	Північно-Кримський канал
ПМА	промислово-міська агломерація
ПОЛ	перекисне окиснення ліпідів
ПРПВ	природні ресурси питних підземних вод

ПТГ	паратиреоїдний гормон
РГС	регіональна гідрогеологічна система
СДГ	сукцинатдегідрогеназа
СЗЗ	санітарно-захисна зона
СЕС	санітарно-епідеміологічна станція
СН	серцева недостатність
СОД	супероксиддисмутаза
ССЗ	серцево-судинні захворювання
ССС	серцево-судинна система
СФСКТ	структурно-функціональний стан кісткової тканини
ТрР	тіоредоксинредуктаза
УФ-В	ультрафіолетове опромінення спектру В
УФО	ультрафіолетове опромінення
ФПМС	фізіологічна повноцінність мінерального складу
ХЕІС	хронічний емоційно-імобілізаційний стрес
ЦІК	циркулюючі імунні комплекси
ШКТ	шлунково-кишковий тракт
ШОЕ	швидкість осадження еритроцитів
ДВР	вітамін D-зв'язуючий білок
НАССР (Hazard Analysis and Critical Control Point)	система аналізу ризиків, небезпечних чинників і контролю критичних точок
VDR (vitamin D receptor)	рецептор до вітаміну D



Рудько Георгій Ілліч – доктор геолого-мінералогічних наук, доктор географічних наук, доктор технічних наук, професор, академік Академії наук вищої школи України, академік Академії гірничих наук України, голова Державної комісії України по запасах корисних копалин.

Народився у 1952 р. в с. Шуга Надимського району Тюменської області. Закінчив геологічний факультет Львівського (1974) та географічний факультет Чернівецького (1984) університетів.

Працював у польових геологічних експедиціях на Алтаї, в Західному та Східному Сибіру, Карпатському та інших регіонах України, на Кавказі (Вірменія, Грузія, Чечня), в Середній Азії (Узбекистан, Таджикистан), Казахстані. Брав участь у розвідці промислових родовищ в Україні та Росії. Виробничий стаж – понад 40 років, із них 19 років – польовий.

Почесний розвідник надр (2006). Нагороджений медаллю В.І. Лучицького, медаллю Л.І. Лутугіна, відзнакою МНС.

Автор понад 500 наукових праць, із них більш як 60 монографій, 15 підручників для вузів, 20 препринтів і брошур, більш як 40 методичних розробок та інструкцій ДКЗ. Під його керівництвом захищено 2 докторські та 7 кандидатських дисертацій.

Напрями наукових досліджень: геологія родовищ корисних копалин, інженерна геологія, медична геологія, геоморфологія, екологічна геологія, геоекологія, економічна геологія.



Нецький Олексій Владиславович – начальник управління нерудних корисних копалин, підземних вод та інформаційних технологій в геології Державної комісії України по запасах корисних копалин.

Народився у 1982 р. у м. Полтава. Закінчив геологічний факультет Київського національного університету імені Тараса Шевченка (2005).

Працював техніком у відділі охорони підземних вод Інституту геологічних наук НАН України, інженером у відділі геологічних вишукувань Українського державного науково-дослідного проектного інституту цивільного сільського будівництва «УкрНДПротивільсьбуд».

Нагороджений медаллю В.І. Лучицького.

Автор понад 40 наукових праць, із них більш як 7 монографій.

Напрями наукових досліджень: геологія родовищ корисних копалин, інженерна геологія, медична геологія, економічна геологія, гідрогеологія.



Мокієнко Андрій Вікторович – доктор медичних наук, головний науковий співробітник, керівник Центру ведення Державного кадастру природних лікувальних ресурсів ДУ «Український науково-дослідний інститут медичної реабілітації та курортології МОЗ України».

Народився у 1956 р. у с. Мостове Доманівського району Миколаївської області. Закінчив Одеський медичний інститут імені М.І. Пирогова.

Працював судновим лікарем (1980–1983), молодшим та старшим науковим співробітником філії Всесоюзного інституту гігієни водного транспорту МОЗ СРСР (1983–1992), асистентом кафедри загальної гігієни Одеського державного медичного університету (1994), заступником головного лікаря з санітарно-гігієнічних питань, завідувачем відділення комунальної гігієни, завідувачем санітарно-гігієнічною лабораторією Центральної СЕС на водному транспорті МОЗ України (1998–1999).

Захистив кандидатську (1990) та докторську (2009) дисертації.

Автор близько 500 наукових публікацій, у тому числі 9 монографій.

Напрями наукових досліджень: рекреаційна екогігієна, дезінфекція води і систем водопостачання, еколого-гігієнічні основи безпеки вод.



Нікіпелова Олена Михайлівна – доктор хімічних наук, старший науковий співробітник, заступник директора з наукової роботи ДУ «Український науково-дослідний інститут медичної реабілітації та курортології МОЗ України».

Народилася у 1948 р. у с. Колонтаївка Роздільнянського району Одеської області. Закінчила хіміко-технологічний факультет Одеського політехнічного інституту (1971).

Працювала інженер-технологом заводу синтетичних виробів м. Одеса (1971–1972). З 1972 р. працює в ДУ «Український НДІ медичної реабілітації та курортології МОЗ України»: пройшла шлях від лаборанта з вищою освітою (1972–1973), молодшого (1973–1984), старшого (1985–1994), провідного наукового співробітника (1994) до керівника Українського державного центру стандартизації і контролю якості природних і преформованих засобів (1994–2014). Нині – заступник директора інституту з наукової роботи.

Захистила кандидатську (1983) та докторську (2011) дисертації. Отримала наукове звання старшого наукового співробітника (1989).

Автор понад 420 наукових публікацій, у т. ч. 16 патентів, 24 монографій та посібників, 23 методичних рекомендацій та інформаційних листів.

Напрями наукових досліджень: вивчення, стандартизація, контроль якості природних лікувальних ресурсів і преформованих засобів, вивчення екологічного стану територій курортів, визначення природних територій курортами державного або місцевого значення.



Сафранов Тамерлан Абісалович – доктор геолого-мінералогічних наук, професор, завідувач кафедри прикладної екології Одеського державного екологічного університету.

Народився в 1942 р. в с. Ногкау Алагирського району Північної Осетії. Закінчив з відзнакою геологічний факультет Таджикицького державного університету (1966).

Працював лаборантом, геологом, старшим геологом, молодшим науковим співробітником Таджикицького відділення Всесоюзного науково-дослідницького геологорозвідувального нафтового інституту (1966–1974), доцентом кафедри гідрогеології і інженерної геології ТДУ (1974–1991), завідувачем лабораторії геохімії і гідрогеології Таджикицького відділення ВНДГНІ (1981–1990), доцентом кафедри фізичної географії Північно-Осетинського державного університету (1990–1992), доцентом, професором Одеського державного екологічного університету (1992–1995), нині є завідувачем кафедри прикладної екології у цьому університеті.

Захистив докторську дисертацію (2004), пройшов переатестацію в Інституті геологічних наук НАН України (2005). В 2006 р. присвоєно вчене звання професора кафедри екології.

Автор і співавтор понад 470 наукових і науково-методичних публікацій, у тому числі 7 монографій, 12 підручників та навчальних посібників з грифом МОН України, 4 патентів і 3 авторських свідоцтв.

Напрями наукових досліджень: органічна геохімія, гідрогеохімія, оцінка якості довкілля, оптимізація природокористування, екологічна освіта.



Бабов Костянтин Дмитрович – доктор медичних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України, директор ДУ «Український науково-дослідний інститут медичної реабілітації та курортології МОЗ України».

Народився в 1952 р. в Одесі. Закінчив з відзнакою Одеський медичний інститут ім. Пирогова.

Трудову діяльність розпочав судовим лікарем басейнової лікарні (1976–1977), лікар–кардіолог Одеської міської лікарні № 3 (1977–1979), аспірант (1979–1983), асистент кафедри внутрішніх захворювань Одеського медичного інституту (1983–1987), провідний науковий співробітник Київського НДІ кардіології ім. М.Д. Стражеска (1987–1991). З грудня 1991 р. і по нині очолює ДУ «Український НДІ медичної реабілітації та курортології МОЗ України».

Захистив кандидатську (1983) та докторську (1996) дисертації. Отримав звання професора (1996).

Автор понад 500 наукових публікацій, у тому числі співавтор 32 монографій, 30 інформаційно-методичних видань та 39 патентів. Під його керівництвом виконано, захищено та затверджено 4 докторські та 15 кандидатських дисертацій.

Напрями наукових досліджень: комплексне вивчення природних лікувальних ресурсів, їх раціональне використання та охорона, розробка нових медичних технологій відновлювального лікування хворих на кардіоваскулярну патологію, координація наукових досліджень з питань медичної реабілітації на санаторно-курортному етапі.



Погребний Анатолій Леонідович – провідний гідрогеолог Центру ведення Державного кадастру природних лікувальних ресурсів ДУ «Український науково-дослідний інститут медичної реабілітації та курортології МОЗ України».

Народився у 1960 р. у с. Дальник Овідіопольського району Одеської області. Закінчив Одеський державний університет імені І.І. Мечникова (1982).

Свою трудову діяльність розпочав техніком-геологом у Причорноморській геологорозвідувальній експедиції (1983–1984), працював інженером-гідрогеологом «Українського НДІ медичної реабілітації та курортології» (1984–2003), керівником філіалу «Гідрогеологічна режимно-експлуатаційна станція» ЗАТ «Укрпрофоздоровниця» (2003–2004), з 2004 р. – провідний гідрогеолог ДУ «Український НДІ медичної реабілітації та курортології МОЗ України».

Автор 45 наукових публікацій, в т. ч. 2 монографій.

Напрями наукових досліджень: вивчення гідрогеологічних умов формування мінеральних вод, медико-біологічна оцінка якості та цінності природних лікувальних ресурсів.



Насібуллін Борис Абдуллайович – доктор медичних наук, професор, головний науковий співробітник відділу медичної реабілітації ДУ «Український науково-дослідний інститут медичної реабілітації та курортології МОЗ України».

Народився в 1953 р. у м. Одеса. Закінчив з відзнакою лікувальний факультет Одеського медичного інституту імені М.І. Пирогова, (1977).

Пройшов шлях клінічного ординатора (1977–1979), молодшого наукового співробітника (1979–1983), асистента кафедри (1984–1987), старшого наукового співробітника (1987–1992) ДУ «Український НДІ медичної реабілітації та курортології МОЗ України». З 1992 р. працював старшим, провідним, а нині займає посаду головного наукового співробітника у цьому інституті.

Захистив кандидатську (1983) та докторську (1996) дисертації за фахом патологічна анатомія.

Автор 380 наукових публікацій, серед яких 17 авторських свідоцтв та 8 монографій. Під його керівництвом захищено та затверджено 2 докторські та 5 кандидатських робіт.

Напрями наукових досліджень: структурно-функціональні прояви впливу слабких та надслабких природних зовнішніх засобів на організм людей та тварин.



Гуца Сергій Геннадійович – кандидат медичних наук, старший науковий співробітник Українського державного центру стандартизації і контролю якості природних і преформованих засобів, завідуючий експериментально-біологічною клінікою, керівник фізіологічного напрямку наукових досліджень ДУ «Український науково-дослідний інститут медичної реабілітації та курортології МОЗ України».

Народився у 1969 р. у м. Одеса. Закінчив біологічний факультет Одеського національного університету (1994).

Працював лаборантом лабораторії імунології Одеської клінічної лікарні (1991–1992), старшим лаборантом (1992–1995) та молодшим науковим співробітником лабораторії патогенезу вірусних інфекцій НДІ епідеміології та вірусології ім. І.І. Мечникова (1995–2000). З 2000 р. працює в лабораторії фізіології ДУ «Український НДІ медичної реабілітації та курортології МОЗ України». Нині займає посаду старшого наукового співробітника.

У 2010 р. захистив кандидатську дисертацію.

Автор 160 наукових публікацій (з них – 5 закордонних), 5 патентів, 1 монографія у співавторстві, 60 статей.

Напрями наукових досліджень: доклінічні дослідження природних лікувальних ресурсів та преформованих засобів у стаціонарних умовах та в умовах експедиційних виїздів, виконання експериментального моделювання патологічних станів у тварин для визначення механізмів корегуючої дії та наукового обґрунтування лікувальних властивостей природних лікувальних ресурсів.



Малюк Володимир Іванович – доктор медичних наук, професор, член правління Інституту генезису життя і всесвіту, член Спілки християнських письменників України.

Народився у 1936 р. у м. Полонне Хмельницької області в родині вчителів. Закінчив Львівський медичний інститут (1959).

Працював терапевтом в Буській районній лікарні Львівської області (1959–1962). Після аспірантури в Київському Інституті удосконалення лікарів (1962–1965) захистив кандидатську дисертацію (1965), а в 1979 році – докторську дисертацію. Професор (1985). Все своє професійне життя працював в науково-дослідних інститутах медико-біологічного профілю і ВНЗ Києва.

Автор понад 200 наукових праць, 3 монографій, 3 нових лікарських засобів, 3 патентів, 2 технічних умов, 70 раціоналізаторських пропозицій.

Напрями наукових досліджень: вивчення лікувальних властивостей речовин природного походження, особливо метаболітів біохімічного циклу трикарбонних кислот, ідейна взаємодія природничих наук і християнства, роль біологічних чинників у динаміці геологічних структур та їх вплив на здоров'я людини (біомедична геологія).



Кришталь Микола Васильович – доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри патофізіології Національного медичного університету імені О.О. Богомольця.

Народився у 1948 р. в с. Корнин Попільнянського району Житомирської області. Закінчив Чернівецький медичний інститут, навчався в аспірантурі (1972–1974).

Працював асистентом кафедри гістології (1974–1984) та асистентом кафедри патологічної фізіології Чернівецького медінституту (1985–1990). Займав посади старшого та провідного наукового співробітника лабораторії патології клітини НДІ епідеміології та інфекційних хвороб МОЗ України (1990–1994), асистента (1993), доцента (1994–2002), професора (2003–2008) Національного медичного університету імені О.О. Богомольця. З 2009 р. завідує кафедрою патофізіології цього університету.

Захистив кандидатську (1975) та докторську (1995) дисертації. Професор з 2005 р.

Автор понад 150 наукових публікацій, підручників, посібників.

Напрями наукових досліджень: вивчення нервової регуляції глюкокортикоїдної функції кори надниркових залоз, нейрогормональної регуляції компенсаторних реакцій нирок при ацидозі й ендотоксикозі, проблеми патогенезу порушень обміну макро- та мікроелементів, методика викладання патологічної фізіології.



Репецька Ганна Григорівна – кандидат медичних наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри патофізіології Національного медичного університету імені О.О. Богомольця.

Народилася у 1952 р. у м. Ніжині Чернігівської області. Закінчила Київський медичний інститут імені О.О. Богомольця (1975).

Працювала лікарем-педіатром Ніжинської дитячої лікарні, старшим лаборантом кафедри патофізіології Київського медичного університету. Захистила кандидатську дисертацію з проблем нервової трофіки та нейрогенної дистрофії (1984). Працювала на посадах старшого наукового співробітника Всесоюзного НДІ гігієни та токсикології ім. Л.І. Медведя (1984–1990) та НЦ радіаційної медицини АМН України (1991–2001), асистентом кафедри патофізіології НМУ імені О.О. Богомольця на засадах сумісництва (1997–2002), старшим викладачем кафедри патофізіології НМУ імені О.О. Богомольця (2003–2006). З 2006 р. доцент кафедри патологічної фізіології НМУ імені О.О. Богомольця.

Має наукові звання старшого наукового співробітника (1995) та доцента (2007).

Автор 70 наукових публікацій, співавтор 3 патентів, 2 технічних умов.

Напрями наукових досліджень: патологічна фізіологія, патогенез ушкоджень за умов дії хімічних речовин різного походження на організм, експериментальна терапія, екологічна патофізіологія.



Макаренко Михайло Вікторович – магістр з агрохімії та ґрунтознавства, кандидат сільськогосподарських наук, доктор філософії.

Народився у 1979 році у м. Києві. Закінчив з відзнакою Національний аграрний університет (2002).

Після аспірантури в національному аграрному університеті (2003–2006) працював на посадах завідувача лабораторії «Хімізації і агроєкології» (2005–2009), провідного фахівця, провідного наукового співробітника, інженера лабораторії «Хімізації і агроєкології» (2008–2015) Національного аграрного університету та Національного університету біоресурсів і природокористування.

У 2006 р. захистив кандидатську дисертацію.

Автор 38 наукових публікацій. Розробник 7 моделей і дослідних зразків накопичувальних переносних водонагрівачів.

Напрями наукових досліджень: екологія навколишнього середовища, агроєкологія, ґрунтознавство, агрохімія, хімія (в тому числі мікроелементів), правові засади збереження довкілля, комп'ютерна справа, впровадження комп'ютерних технологій у науково-педагогічний процес.



Смоляр Ніна Іванівна – доктор медичних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України, професор кафедри терапевтичної стоматології ФПДО Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького.

Автор понад 400 наукових публікацій, підручників, посібників.

Напрями наукових досліджень: епідеміологія стоматологічних захворювань у дітей, соціально-екологічні аспекти їх виникнення, профілактика.



Безвушко Ельвіра Валентинівна – доктор медичних наук, професор, завідувачка кафедри стоматології дитячого віку Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького.

Автор понад 150 наукових публікацій.

Напрями наукових досліджень: соціально-екологічні аспекти виникнення стоматологічних захворювань у дітей, їх профілактика та лікування.



Мацієвська Оксана Олександрівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри гідравліки і сантехніки Національного університету «Львівська політехніка».

Народилася в 1970 р. у Львові. Закінчила теплотехнічний факультет Львівського політехнічного інституту (1992), педагогічне відділення Дослідницького Центру Міністерства освіти України при Державному університеті «Львівська політехніка» (1998).

Пройшла шлях від стажиста-дослідника (1992–1994), аспірантки (1994–1997), асистента, старшого викладача (1998) до доцента кафедри гідравліки і сантехніки Національного університету «Львівська політехніка». Працювала учителем хімії (1997–1999), науковим редактором спеціалізованого журналу «Ринок інсталяцій» (водопостачання, водовідведення, теплотехніка, сантехніка, газопостачання) (2000–2007).

У 1998 р. захистила кандидатську дисертацію на тему «Використання цеолітів карпатських родовищ у процесах очищення питної води від амонійного азоту». В 2004 р. їй присвоєно вчене звання доцента.

Автор 180 наукових і навчально-методичних публікацій.

Напрями наукових досліджень: очищення та доочищення природних вод за допомогою природних і синтетичних цеолітів, оптимізація впливу якості питної води на здоров'я людини.



Чухрай Наталія Львівна – кандидат медичних наук, доцент кафедри стоматології дитячого віку Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького.

Автор понад 160 наукових публікацій.

Напрями наукових досліджень: епідеміологія стоматологічних захворювань у дітей, оцінка резистентності твердих тканин зубів у дітей з урахуванням екологічних чинників ризику.



Поворознюк Владислав Володимирович – доктор медичних наук, професор, керівник відділу клінічної фізіології та патології опорно-рухового апарату ДУ «Інститут геронтології імені Д.Ф. Чеботарьова НАМН України», президент Української асоціації остеопорозу та Української асоціації менопаузи, андропаузи та захворювань опорно-рухового апарату, член Правління міжнародної асоціації остеопорозу (IOF), віце-президент науково-медичного товариства геронтологів та геріатрів України, Української асоціації ревматологів.

Навчався в Київському медичному інституті імені О.О. Богомольця (1971–1977).

Почав трудову діяльність в Інституті геронтології АМН України (1977), з 1992 р. очолює відділ клінічної фізіології та патології опорно-рухового апарату. Президент Української асоціації остеопорозу (1997), директор Українського науково-медичного центру проблем остеопорозу (1999), президент Української асоціації андропаузи, менопаузи та захворювань опорно-рухового апарату (2002).

Захистив кандидатську (1988) та докторську (1999) дисертації. Отримав звання професора (2001).

Автор та співавтор більш ніж 750 наукових публікацій, 20 монографій, 46 методичних рекомендацій, 35 авторських свідоцтв. Під його керівництвом захищено 30 кандидатських та 10 докторських дисертацій, у тому числі одна кандидатська за кордоном.