

**ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

КАЧАЛА СОФІЯ ВІТАЛІЇВНА

УДК 504.4:556

**ДИСЕРТАЦІЯ
УДОСКОНАЛЕННЯ КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ
ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОГО ВПЛИВУ НА ГІДРОЕКОСИСТЕМУ
(НА ПРИКЛАДІ ВЕРХНЬОГО ДНІСТРА)**

Спеціальність 21.06.01 – екологічна безпека

Галузь знань 10 – Природничі науки

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії)

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Науковий керівник: **Архипова Людмила Миколаївна**, доктор технічних наук, професор

Івано-Франківськ 2018

АНОТАЦІЯ

Качала С.В. Удосконалення комплексної оцінки природно-техногенного впливу на гідроекосистему (на прикладі верхнього Дністра).
Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека. – Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу Міністерства освіти і науки України, Івано-Франківськ, 2017. Спеціалізована вчена рада Д 20.052.05.

У дисертаційному дослідженні вирішено актуальне науково-прикладне завдання підвищення рівня екологічної безпеки водних екосистем, шляхом наукового обґрунтування комплексного підходу до визначення природно-техногенного впливу та удосконалення системи екологічного моніторингу.

Вперше встановлено функціональні закономірності гідроекологічних характеристик водних об'єктів верхньої течії Дністра від кліматичних параметрів на основі аналізу і обробки даних багаторічних спостережень, що дозволяє прогнозування процесу формування природно-техногенних впливів з врахуванням глобальних кліматичних змін. Розроблено комплексний метод визначення природно-техногенного впливу, що дає можливість оцінювати стан басейнової екосистеми, визначити імовірність її порушення і застосування комплексу заходів оптимальних форм управління екологічною безпекою.

Удосконалено процес роботи автоматизованої інформаційно-вимірювальної системи, з метою підвищення рівня екологічної безпеки гідроекосистеми, з урахуванням комплексного басейного підходу. Розроблені пристрої для удосконалення технічних засобів контролю за станом басейнової екосистеми: пристрій для вимірювання вологості ґрунтів та пристрій для контролю кислотності дощових опадів.

Науково обґрунтовано створення вдосконаленої системи організації моніторингу, природно-техногенних впливів з метою підвищення рівня екологічної безпеки гідроекосистем на прикладі верхньої течії Дністра. Визначено основні екологічні впливи для верхньої течії р. Дністер та запропоновано технічні рішення для підвищення рівня екологічної безпеки гідроекосистеми. Основні положення дисертаційної роботи успішно апробовані та впроваджені.

Ключові слова: екологічна безпека, гідроекосистема, верхня течія Дністра, зміни клімату, природно-техногенний вплив, басейновий підхід, гідроекологічний моніторинг.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

В яких опубліковані основні результати дисертації:

1. Пернеровська С. В. Прогноз гідрологічних параметрів водних об'єктів методом сингулярного спектрального аналізу / С. В. Пернеровська, Л.М. Архипова // Науковий вісник національного гірничого університету 2015. №2. - С. 45-50.
2. Пернеровська С. В. Обґрунтування можливостей комплексного прогнозування гідроекологічного ризику / С. В. Пернеровська // Екологічна безпека, №1/2013 (15), Кременчуцький національний університет ім. М. Остроградського, Кременчук, 2013. – С. 92–95.
3. Пернеровська С. В. Наукова еколого-експертна оцінка проектів малих ГЕС в Івано-Франківській області / Я. О. Адаменко, Л. М. Архипова, С. В. Пернеровська Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування: науково-технічний журнал / засн. ІФНТУНГ; гол. ред. Я. О. Адаменко. №2(8) – Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2013. – С. 26–31.
4. Пернеровська С. В. Розгляд ризику, як об'єкту прогнозування, методи та аналіз досліджень / С. В. Пернеровська // Сборник научных трудов. Строительство, материаловедение, машиностроение. Серия «Энергетика, экология, компьютерные технологии в строительстве», Выпуск 70, г. Днепропетровск, 2013. – С. 148–155.
5. Пернеровська С. В. Визначення ступеня гідроекологічного ризику, як основного параметру сталого розвитку гідроекосистеми / С. В. Пернеровська // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. Спеціальний випуск 2014, Науково-технічний журнал Івано-Франківськ: Голіней. – С. 23-28.
6. Качала С. В. Проблематика та методика дослідження комплексного гідроекологічного ризику / С. В. Качала // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. Науково-технічний журнал Івано-Франківськ: 1 (13) 2016р. – С. 136–140.

7. Качала С. В. Роль впливу кислотних опадів при визначенні ступеня гідроекологічного ризику / С. В. Качала // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. Науково-технічний журнал Івано-Франківськ: 2 (14) 2016р. – С. 58–63.

Які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

1. Пернеровська С. В. Регіональне співробітництво в галузі дослідження кліматичних змін / С. В. Пернеровська // Збірка матеріалів першої міжвузівської науково-методичної конференції «Екологічні аспекти регіонального партнерства в надзвичайних ситуаціях», 21 листопада 2012 р., м. Харків. – С. 228–230.

2. Пернеровська С. В. Стратегія протипаводкового захисту на прикладі Івано-Франківської області, шляхи її розвитку та вдосконалення / С.В. Пернеровська // Матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції «Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства», 29–30 листопада 2012 р., м. Львів. – С. 334-336.

3. Пернеровська С. В. Проблема комплексного прогнозування гідроекологічного ризику та методи його вдосконалення / С. В. Пернеровська // Тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених та студентів «Екологічна безпека держави», 16–18 квітня 2013 р., м. Київ. – С. 177–178.

4. Пернеровская С. В. Паводки. Международный опыт Украины в борьбе с паводками / И. Б. Засидко, С. В. Пернеровская // XIII Студенческая международная конференция конференция «Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки», 31 октября 2013г., г. Новосибирск, Россия. – С. 105–111.

5. Пернеровська С. В. Возможности использования водоресурсного потенциала Карпатского региона / С. В. Пернеровська // Доклады V Международной научной конференции «Геоэкологические проблемы современности», 8 ноября 2013г., г.Владимир, Россия – С. 174–176.

6. Пернеровська С. В. Обґрунтування створення Дністровського інженерно-екологічного науково-навчально-виробничого протипаводкового полігону з центром у с. Маріямпіль / Адаменко О. М., Адаменко Я. О., Мандрик О. М., Пернеровська С. В. // Матеріали міжнародного екологічного форуму «Довкілля для України», 23-25 квітня 2013р., м. Київ. – С. 87–90.

7. Пернеровська С. В. Застосування методу визначення гідроекологічного ризику на прикладі басейну р. Лімниця / С. В. Пернеровська // Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету, IX Міжнародна науково-практична конференція „Сучасні проблеми збалансованого природокористування” 27–28 листопада 2014 року. – С. 91–92.

8. Пернеровська С. В. Метод визначення гідроекологічного ризику, як інструмент басейнового підходу до вивчення гідроекосистем / С. В. Пернеровська // Межвузовская обласная научная конференция Гомель, март 2015, «Актуальные вопросы наук о Земле в концепции устойчивого развития Беларуси и сопредельных государств». – С. 101–104.

9. Пернеровська С. В. Необхідність прогнозування гідроекологічного ризику в Карпатському регіоні / Б. Ю. Михалюк, С. В. Пернеровська // Конференція «XI Всеукраїнські наукові Таліївські читання», 2015. – С. 70-74.

10. Качала С. В. Постановка проблеми дослідження комплексного гідроекологічного ризику / С. В. Качала // Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції, «Прикладні аспекти техногенно-екологічної безпеки», Харків, 4 грудня 2015 р – С. 225–227.

11. Качала С. В. Методи практичної реалізації процесу організації диверсифікації джерел енергії / С. В. Качала // Матеріали IV міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні питання сучасної науки», Частина I (м.Одеса, 3–4 червня 2016 року). – С. 65–67.

12. Качала С. В. Розвиток водного туризму в Карпатах / С. В. Качала // Збірник тез доповідей IV Всеукраїнської науково-практичної конференції

«Сучасні тенденції розвитку туризму», Частина I, Миколаїв, 10 листопада 2016. – С. 45–48.

13. Качала С. В. Визначення гідроекологічного ризику як об'єкту прогнозування / С. В. Качала // Матеріали науково-практичної конференції «Стратегії сталого розвитку на шляху до сильнішої громади», м. Сєверодонецьк, 21 жовтня 2016 року. – С. 48-50.

14. Качала С. В. Використання альтернативних джерел енергії як запорука сталого розвитку туризму / С. В. Качала // Збірник матеріалів V Регіональної науково-практичної конференції «Історико-культурні пам'ятки Прикарпаття та Карпат – важливі об'єкти в розвитку туризму», Львів, 30 березня 2017 р. – С. 172-177.

15. Kachala S. Improvement of the organization of network monitoring water bodies / S. Kachala // Proceedings of V International scientific conference “Science of the third millennium” Morrisville, USA, Apr. 29, 2017. – P. 13–16.

16. Качала С.В. Значення басейнового підходу в контексті гідроекологічного ризику / С.В. Качала //Збірник тез доповідей XX Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 10-річчю створення екологічного факультету «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: освіта – наука – виробництво – 2017», м. Харків, 19–22 квітня 2017 року. – С. 107–108.

Які додатково відображають наукові результати дисертації

1. Пат. UA 103504 U (u201503769) Україна, МПК G01N 25/56 (2006/01). Пристрій для визначення вологості ґрунту / Качала С. В.; заявник Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. - заявл. 21.04.2015., опубл. 25.12.2015, Бюл. № 24, 2015 р.

2. Пат. UA 107759 U (u201511646)) Україна, МПК G01N 33/18 (2006/01). Пристрій для контролю кислотності дощових опадів / Качала С. В., Климишин Я. Д.; заявник Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. – заявл. 25.11.2015. опубл. 24.06.2016, Бюл. № 12, 2016 р.

ABSTRACT

Kachala S. Improvement of the comprehensive assessment of the natural and technogenic influence on the hydroecological system (on the example of the Upper Dniester River).

Qualification scientific paper, manuscript

The thesis for the degree of candidate of technical sciences, specialty 21.06.01 – ecological safety. – Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Ivano-Frankivsk, 2017. Specialized Academic Council D 20.052.05.

Topical scientific and practical task of improving the environmental safety of aquatic ecosystems through scientific substantiation of comprehensive approach to the determination of natural and technogenic influence and improvement of environmental monitoring was solved in the thesis.

The functional patterns of hydroecological features of the water bodies of the upper streams of the Dniester River from the climatic parameters based on the data analysis and long-term observations that allows prediction of the process of forming the natural and technogenic influence with regard to global climate change were determined for the first time. The complex method of determining natural and technogenic influence which allows assessing the state of the basin ecosystem, determining the probability of abuse and the use of a set of measures of best forms of environmental safety management was developed.

The work process of automated information and measuring system was improved in order to increase environmental safety level of hydroecosystem, considering the complex basin approach. The devices for the improvement of technical means of control of the basin ecosystem state, such as a device for measuring the soil moisture and a device for controlling the acidity of rainfall, were developed.

The establishment of an improved monitoring organization system of natural and technogenic influences was scientifically justified in order to improve environmental safety of hydroecosystem on the example of the upper streams of the Dniester River. The main environmental influences on the upper streams of the Dniester River were defined and technical solutions for improving the environmental safety of hydroecosystem were proposed. Main statements of the thesis have been successfully tested and implemented.

Key words: ecological safety, hydroecosystem, upper stream of the Dniester River, climate change, natural and technogenic influence, basin approach, hydroecological monitoring.

ЗМІСТ

Словник скорочень.....	10
ВСТУП.....	11
РОЗДІЛ 1. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМИ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ГІДРОЕКОСИСТЕМ.....	
1.1 Взаємозв'язок кліматичних факторів та коливання рівнів водних об'єктів.....	17
1.2 Формування гідроекологічного ризику в умовах виникнення природно-техногенних небезпек.....	18
1.3 Аналіз природно-техногенного впливу на гідроекосистеми Карпатського регіону	25
1.4 Аналіз території Дністровського протипаводкового полігону як об'єкту, що підлягає вдосконаленій системі моніторингу.....	29
1.5 Проблеми організації ведення моніторингу поверхневих водних ресурсів в межах визначеного басейну в розрізі глобальних кліматичних змін.....	40
Висновки до розділу 1.....	45
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН ТА НАСЛІДКІВ ЇХ ВПЛИВУ НА ФОРМУВАННЯ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЇ НЕБЕЗПЕКИ В МЕЖАХ ВЕРХНЬОЇ ТЕЧІЇ БАСЕЙНУ ДНІСТРА УКРАЇНИ.....	
2.1 Алгоритм визначення природно-техногенної небезпеки.....	47
2.2 Вплив засушливих періодів на водність річок і підземних водних горизонтів на Прикарпатті.....	60
2.3 Прогноз гідрологічних параметрів водних об'єктів методом сингулярного спектрального аналізу.....	65
2.4 Дослідження сценарних подібностей гідроекологічних небезпек.....	76
2.5 Аналіз прогнозованих змін клімату та перспективи розвитку ситуації в межах басейну р. Дністер.....	81
2.6 Чинники формування гідроекологічної небезпеки.....	85

Висновки до розділу 2.....	94
РОЗДІЛ 3. ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОГО ВПЛИВУ В БАСЕЙНОВИХ СИСТЕМАХ	97
3.1 Метод визначення ступеня природно-техногенного впливу.....	97
3.2 Визначення ступеня природно-техногенного впливу для водних об'єктів верхньої течії басейну Дністра.....	109
Висновки до розділу 3.....	119
РОЗДІЛ 4 ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРИНЦИПУ РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ НА ВОДНИХ ОБ'ЄКТАХ.....	121
4.1 Картографічна модель паводків різної забезпеченості для верхньої течії басейну Дністра.....	121
4.2 Удосконалення автоматизованої інформаційно-вимірювальної системи.	127
4.3 Розробка пристрою для вимірювання вологості ґрунту.....	130
4.4 Розробка пристрою для вимірювання кислотності дощових опадів.....	136
Висновки до розділу 4.....	148
РОЗДІЛ 5. ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ.....	150
5.1 Проблеми та недоліки системи моніторингу стану басейну водного об'єкту.....	150
5.2 Принцип формування схеми моніторингових спостережень.....	151
5.3 Удосконалення системи моніторингу на прикладі водних об'єктів з функціонуючими малими ГЕС.....	155
Висновки до розділу 5.....	173
ВИСНОВКИ.....	174
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	177
ДОДАТКИ.....	198

СЛОВНИК СКОРОЧЕНЬ

ВРД – Водна Рамкова Директива ЄС

AIVC – Автоматизована інформаційно-вимірювальна система

КІПЯ – Комплексний індекс потенціалу якості

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (Міжурядова група експертів з питань змін клімату)

ЦГМ – Центр з гідрометеорології

CRED – Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (Центр досліджень з епідеміології катастроф)

СПАР – Синтетичні поверхнево-активні речовини

КЗ – Коефіцієнт зволоження

ХСК – Хімічне споживання кисню

БСК – Біохімічне споживання кисню

ГІС – Геоінформаційна система

ГДК – Гранично допустима концентрація

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми дослідження. Водоресурсний потенціал України належить до однієї із найважливіших природних характеристик, які визначають можливості економічного розвитку країни, і при цьому є основою її екологічного благополуччя. Прикарпаття є одним з найбільш паводконебезпечних регіонів Європи. Основними причинами формування паводків на річках Карпатського регіону є природно-кліматичні особливості. Формування паводків тут відбувається шляхом різкого підняття рівнів води в річках внаслідок тривалих інтенсивних опадів, що спричинює затоплення територій населених пунктів, виробничих об'єктів і завдає значних народногосподарських збитків.

Аналіз попередніх досліджень показує, що роботи, котрі проводились у цій галузі, як правило, не охоплювали всього спектру необхідних компонентів та не враховували їхнього взаємозв'язку; недостатньо реалізований екосистемний підхід до вирішення проблем комплексного визначення та прогнозування гідроекологічної небезпеки, також потребує вдосконалення система екологічного моніторингу водних об'єктів.

У зв'язку з цим у дисертаційній роботі вирішується актуальне науково-прикладне завдання підвищення рівня екологічної безпеки басейнових екосистем шляхом дослідження закономірності кліматичних змін та їх взаємозв'язку з факторами формування стоку, розроблення наукових методів дослідження екологічних небезпек, комплексної оцінки та визначення ступеня природно-техногенного впливу, удосконалення системи екологічного моніторингу поверхневих водозборів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконувалась автором відповідно до наукових тематик Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу: «Розроблення моделей збалансованого ресурсокористування та екологічної безпеки геосистеми в регіоні Українських Карпат» (державний

реєстраційний номер 0111U001360, 2011–2012 рр.), «Методологія екологічно безпечного використання відновлюваних джерел енергії у сталому туристично-рекреаційному розвитку Карпатського регіону» (державний реєстраційний номер 0115U002280, 2015–2017 рр.).

Мета і завдання досліджень. Метою даної роботи є підвищення рівня екологічної безпеки водних екосистем шляхом наукового обґрунтування комплексного підходу до визначення природно-техногенного впливу, удосконалення системи екологічного моніторингу поверхневих водозборів.

Для досягнення вказаної мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Проаналізувати методи оцінки природно-техногенного впливу на гідроекосистему з метою удосконалення системи гідроекологічного моніторингу та технічних засобів контролю за станом навколишнього середовища;
2. Дослідити та обґрунтувати функціональні закономірності зміни стоку від кліматичних факторів для верхньої течії Дністра;
3. Розробити метод комплексної оцінки природно-техногенного впливу на басейнову гідроекосистему для подальшого обґрунтування заходів з підвищення рівня екологічної безпеки водних екосистем;
4. Удосконалити процес роботи автоматизованої інформаційно-виміральної системи на водних об'єктах з урахуванням комплексного басейнового підходу для прогнозування гідроекологічної небезпеки;
5. Розробити пристрої для удосконалення технічних засобів контролю за станом навколишнього середовища;
6. Удосконалити систему екологічного моніторингу поверхневих водозборів та апробувати її для малих ГЕС Карпатського регіону.

Об'єкт дослідження – процес формування гідроекологічної небезпеки.

Предмет дослідження – комплексна оцінка природно-техногенного впливу на екосистему та удосконалення системи екологічного моніторингу верхньої течії Дністра.

Методи дослідження. Під час виконання роботи використовувалися методи математичного аналізу (для виявлення тенденцій та прогнозування гідроекологічної небезпеки), кореляційно-регресійного аналізу (для обробки та аналізу баз даних), апроксимаційних методів із застосуванням програмного продукту TableCurve 2D (для отримання функціональних закономірностей), сингулярного спектрального аналізу із застосуванням програмного продукту CaterpillarSSA (для прогнозування зміни гідрологічних і кліматичних параметрів), а також методів комп'ютерного моделювання з застосуванням програмного продукту MapInfo (для унаочнення проведених досліджень, створення карти моніторингу водних об'єктів з функціонуючими малими ГЕС).

Наукова новизна одержаних результатів. У результаті виконання завдань дисертаційної роботи отримано нові науково обґрунтовані підходи підвищення рівня екологічної безпеки водних екосистем, а саме:

- вперше встановлено функціональні закономірності гідроекологічних параметрів водних об'єктів верхньої течії Дністра від кліматичних характеристик на основі аналізу і обробки даних багаторічних спостережень, що дозволяє прогнозувати процес їх формування із врахуванням глобальних кліматичних змін;

- вперше запропонований комплексний метод визначення природно-техногенного впливу на гідроекосистему, що дає можливість оцінювати стан басейнової екосистеми, визначати ймовірність її порушення, застосовувати комплекс заходів оптимальних форм управління екологічною безпекою;

- удосконалено процес роботи автоматизованої інформаційно-вимірювальної системи на водних об'єктах для зниження гідроекологічних ризиків, шляхом запровадження пристроїв для удосконалення технічних засобів контролю за станом навколишнього середовища, зокрема технічних рішень для вимірювання вологості ґрунтів та для визначення рівня забруднення дощових опадів;

•удосконалено систему організації гідроекологічного моніторингу із врахуванням басейнового підходу, гідроекологічних впливів з метою підвищення рівня екологічної безпеки гідроекосистем.

Практичне значення одержаних результатів полягає у впровадженні комплексного підходу до визначення природно-техногенного впливу, який апробований на поверхневому водозборі верхньої течії Дністра.

Матеріали дисертаційних досліджень включені у пропозиції до стратегічних, програмно-планових документів у сфері управління, використання та відтворення поверхневих водних ресурсів і протипаводкового захисту, що знаходяться у віданні Івано-Франківського обласного управління водних ресурсів, а саме:

- «Комплексне прогнозування гідроекологічного ризику» в частині наукових рекомендацій щодо способу визначення вологості ґрунтів в межах басейну ріки, як складової ступеня гідроекологічного ризику за допомогою пристрою для визначення вологості ґрунту (Акт впровадження від 16.10.2015 р. – Івано-Франківського обласного управління водних ресурсів);

- «Комплексне прогнозування гідроекологічного ризику» в частині наукових рекомендацій щодо способу визначення гідроекологічного ризику (Акт впровадження від 18.11.2015 р. – Івано-Франківського обласного управління водних ресурсів);

- Результати дисертаційних досліджень впроваджено в навчальний процес в ІФНТУНГ (Акт впровадження від 29.05.2017 р. – Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу).

Особистий внесок здобувача полягає у формуванні ідеї, мети, завдань досліджень та висновків; методологічному й практичному застосуванні підходів до визначення природно-техногенного впливу в межах гідроекосистеми верхньої течії Дністра; встановленні функціональних закономірностей зміни гідрологічних параметрів залежно від гідрометеорологічних факторів; науковому обґрунтуванні та розробці

комплексного показника природно-техногенного впливу; удосконаленні процесу роботи автоматизованої інформаційно-вимірювальної системи для зниження гідроекологічних ризиків; розробці пристрою для вимірювання вологості ґрунтів; розробці пристрою для визначення кислотності дощових опадів; розробці функціональної схеми організації моніторингу гідроекосистеми верхньої течії Дністра.

Апробація результатів дисертації. Дослідження, що представлені в дисертаційній роботі, обговорювалися на таких наукових конференціях та форумах: Першій міжвузівській науково-методичній конференції «Екологічні аспекти регіонального партнерства в надзвичайних ситуаціях», 21 листопада 2012 р., м. Харків; I Міжнародній науково-практичній конференції «Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства», 29–30 листопада 2012 р., м. Львів; Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих учених та студентів «Екологічна безпека держави», 16-18 квітня 2013 р., м. Київ; V Международной научной конференции «Геоэкологические проблемы современности», 8 ноября 2013г., г. Владимир, Россия; Міжнародному екологічному форумі «Довкілля для України», 23-25 квітня 2013р., м. Київ; IX Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні проблеми збалансованого природокористування» 27–28 листопада 2014 року; Межвузовской обласной научной конференции «Актуальные вопросы наук о Земле в концепции устойчивого развития Беларуси и сопредельных государств», март 2015, Гомель, Белоруссия; Міжнародній науково-практичній конференції «Прикладні аспекти техногенно-екологічної безпеки», Харків, 4 грудня 2015 р; Науково-практичній конференції «Стратегії сталого розвитку на шляху до сильнішої громади», м. Сєвєродонецьк, 21 жовтня 2016 року; of V International scientific conference “Science of the third millennium” Apr. 29, 2017, Morrisville, USA; XX Міжнародній науково-практичній конференції, присвяченій 10-річчю створення екологічного факультету «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване

природокористування: освіта – наука – виробництво – 2017», м. Харків, 19–22 квітня 2017 року.

Публікації. Результати дисертаційного дослідження опубліковано в 25 наукових працях, зокрема: 2 патентах, 1 статті у науково-метричних виданнях; 6 статтях у фахових виданнях, 16 матеріалах конференцій.

Качала Софія Віталіївна

РОЗДІЛ 1

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМИ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ГІДРОЕКОСИСТЕМ

1.1 Взаємозв'язок кліматичних факторів та коливання рівнів водних об'єктів

Вивчення багаторічних коливань клімату та річкового стоку почалося з другої половини ХІХ ст. деякими вченими, зокрема, К. С. Веселовським [1], О. І. Воєйковим [2], В. В. Докучаєвим [3], Л. С. Бергом [4] та іншими. Початок фундаментального дослідження структури рядів річкового стоку закладено у роботі В. Г. Андріянова та ін. [5].

Дослідженнями багатьох вчених доведено, що повторюваність паводків є циклічним явищем, тобто повторюваність і розвиток сценарію має певні риси. Дослідження циклічності коливань стоку річок України та вплив сучасних змін клімату на водний режим річок в Україні знайшли своє відображення у працях М. М. Ворончука, М. М. Сусідка, О. І. Лук'янець, Б. В. Кіндюка, Т. В. Гассій, Є. Д. Гопченко, Н. С. Лободи, В. І. Вишневського, В. В. Гребінь, С. І. Сніжко, В. М. Струтинської, Є. В. Василенко, С. В. Скакун та ін. [6-15].

У працях доведено, що ряди гідрологічних спостережень та метеокліматичних параметрів демонструють взаємозалежні часові тренди, які повинні бути враховані під час гідрологічних розрахунків та прогнозів. Масштабні дослідження проведені Міжурядовою групою експертів з питань змін клімату (ІРСС), які представили прогноз ряду наслідків для водних об'єктів України у зв'язку із кліматичними змінами. Аналіз трендів зазвичай проводився на основі їхньої статистичної значущості. Про порушення однорідності рядів спостережень за максимальним стоком весняної повені річок Українського Полісся з початку 80-х років ХХ століття, які зумовлені

зміною кліматичних умов, вказується у роботах Войцехович В. О. та Лузан Л. І. [16].

Вишневецький В. І. [11] у своїх роботах оцінював зміни кліматичних показників та їхній вплив на водний стік, термічний і льодовий режим річок. Зміни водного стоку річок України у роботі досліджено за оцінкою значущості лінійних трендів рядів спостережень. Зазначено, що спостерігаються позитивні тренди природного стоку, за винятком р. Дністер, які обумовлені збільшенням кількості опадів та зменшенням випаровування.

Масштабні дослідження взаємозв'язку між кліматичними факторами та коливаннями рівнів водних об'єктів проводять на глобальному рівні по всьому світу. Прогнозні тенденції змін у водних об'єктах в Україні досліджували численні українські та закордонні вчені (Intergovernmental Panel on Climate Change; Крістенсон, 2007; Колісник, 1986; Кирилюк, 2001) [17-19].

Однак, у зв'язку з відсутністю в Карпатському регіоні стабільних постів спостережень одночасно за метеокліматичними та гідрологічними параметрами, прогнозні тенденції змін у водних об'єктах на локальному рівні якісних і кількісних показників, що зумовлюють виникнення природно-техногенних небезпек, потребують удосконалення із застосуванням сучасних методів досліджень. Отже, нерозв'язаним завданням для басейну Дністра в межах Карпатського регіону є дослідження прогнозних тенденцій змін кількісних і якісних показників водних об'єктів у взаємозв'язку із метеорологічними показниками за даними існуючих гідрометеопостів на локальному рівні.

1.2 Формування гідроекологічного ризику в умовах виникнення природно-техногенних небезпек

Вагомий внесок у вирішення проблеми контролю і прогнозування паводкових вод, з метою забезпечення екологічної безпеки довкілля, зробили

у своїх наукових працях українські вчені Волошкіна О. С. [20], Лук'янець О. І., Сусідко М. М. [8], Архипова Л. М. [21], Кирилюк М. І. [17], Адаменко О. М. [22], Семчук Я. М. [23], Приходько М. М. [24], а також зарубіжні вчені Егидарев Е. Г (Росія) [25], К. Крістенсен (Данія), Moss Ian (Canada), Wang Zhenyu, He Zhiguo (China), B. Zadrozny, K. Mantripragada (USA), Ward R. C. (UK), S. Shigemi (Japan) [26-30].

Відповідно до чинних нормативних документів в Україні стихійними гідрометеорологічними явищами вважаються сильні дощі (50 мм за менш ніж 12 годин, при цьому у верхній течії Дністра у зв'язку з небезпекою виникнення селей до 30 мм), сильні зливи (30 мм менш ніж за 1 годину), снігопад (20 мм у перерахунку на рідкі опади за менш ніж 12 годин). Небезпечними гідрометеорологічними явищами в межах верхньої течії Дністра вважаються сильні дощі 15-29 мм за менш ніж 12 годин та сильний сніг 7-9 мм за 12 годин [31]. Опади такої інтенсивності вважаються найбільш небезпечними для життєдіяльності та збалансованого функціонування гідроекосистеми, за ними ведеться спостереження та оголошуються штормові попередження.

Найбільш снігові зими спостерігаємо саме в Карпатах, виносячи їх важливість у формуванні стоку на передній план. Проте вже до середини століття очікується зниження суми твердих опадів майже на чверть, що, безсумнівно, відобразиться на формуванні стокового режиму річки Дністер (рис. 1.1).

Під час тривалих зимових відлиг і літньо-осінніх дощів та злив рівень води в гірських річках різко підвищується, що призводить до швидкого, часто раптового формування високих паводків. Для рівнинних річок характерні високі весняні повені.

Надзвичайні ситуації гідрологічного характеру (паводки, повені), що призводять до людських жертв і великих матеріальних збитків, спричиняються складним поєднанням у просторі та часі причин природного та техногенного характеру, головними з яких є випадання екстремальних

атмосферних опадів, особливості рельєфу та геологічної будови місцевості, наявність та ефективність техногенного захисного комплексу.

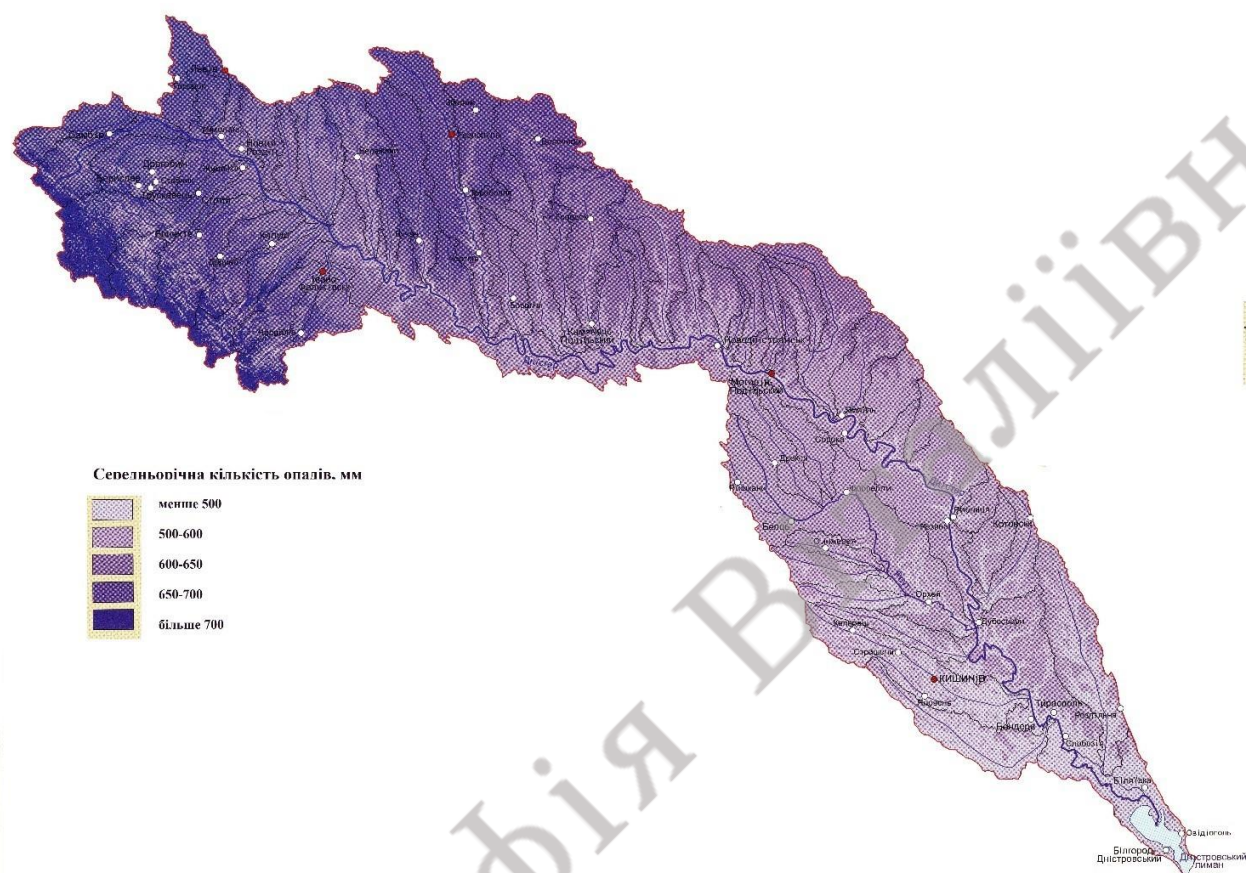


Рис. 1.1 Розподіл кількості опадів територією басейну р. Дністер [32]

Негативні наслідки від повеней і паводків трапляються на 27 відсотках території України (165 тис. кв. кілометрів), де проживає майже третина населення [33]. У країні практично не існує жодної області, де б не відчувався час від часу негативний вплив паводків і повеней. Найбільшої шкоди від них зазнають гірські та передгірські райони Карпат. Половина освоєних площ схилів піддається впливу зсувних процесів, на 70 відсотках гірських водозборів у Закарпатській, Івано-Франківській, Львівській та Чернівецькій областях розвиваються селеві явища [33]. За останні 25 років значні паводки, що призвели до виникнення надзвичайних ситуацій в цьому регіоні, спостерігалися у 1980, 1992, 1993, 1995, 1997, 1998, 2001, 2008 та 2010 роках.

Населення і економіка країни зазнають при цьому значних збитків. Так, середньорічні збитки від паводків тільки по Закарпатській області становили у 1976-1985 роках 16,7 млн гривень, 1986-1995 - 12,8 млн гривень, 1996-1997 – 16,5 млн гривень, 1998 році понад 800 млн гривень., у 2001 році – близько 300 млн гривень. Повінь у місті Рені Одеської області у липні 2005 р. лише за 1 день завдала збитків на суму близько 45 млн гривень [33].

Попередження та ліквідація наслідків повеней та паводків належить до числа пріоритетних завдань державної політики. Але, незважаючи на наявність ряду програм протиповеневого захисту, сьогодні ще не повністю забезпечена реалізація правового і економічного механізмів захисту населення та територій від шкідливої дії вод та виникнення надзвичайних ситуацій.

Недостатній рівень прогнозованості розвитку повеней, паводків і підтоплення, а також відсутність сучасного, повноцінного та цілісного захисного комплексу в державі призводить до щорічних збитків в аграрному, промисловому та соціальному секторах економіки, що за науково-експертними оцінками перевищують 300–400 млн грн., а в окремі, дуже вологі роки, можуть становити до 1 млрд гривень [33].

Обсяги здійснення заходів щодо захисту населення та територій не відповідають темпам морального та фізичного старіння об'єктів інженерної інфраструктури захисного протипаводкового комплексу. Через те збитки, що завдаються населенню та галузям економіки держави, призводять до необхідності щорічного виділення значних коштів з резервного фонду Державного бюджету України на ліквідацію наслідків надзвичайних ситуацій, не сприяють стабілізації соціально-економічного стану країни та створенню передумов зростання економіки.

Аналіз причин і факторів виникнення паводків у Карпатському регіоні [34; 17], свідчить про три основних чинники впливу:

- гідрометеорологічні чинники – вплив періоду підвищеної водності в міжрегіональному масштабі, гірського рельєфу на атмосферні процеси, що

призводить, у разі випадіння значної кількості опадів до формування високих, часто катастрофічних, паводків;

- геолого-орографічні та гідрогеологічні чинники – високий енергетичний потенціал гірського рельєфу, сейсмічна активність і нестійкість окремих гірських масивів суттєво збільшують вплив паводків на створення надзвичайних ситуацій у Карпатському регіоні і зумовлюють зсуви, селі та інші небезпечні екзогенні геологічні процеси;

- техногенні чинники – порушення вимог до забудови населених пунктів у долинах річок та на гірських схилах, неналежний захист населених пунктів на загрозованих ділянках та недостатність виконання протипаводкових робіт, брак науково обґрунтованої системи видобування гравійно-галечникового та піщаного матеріалів у руслах річок, нераціональна система лісогосподарської діяльності та відсутність узгодженої протипаводкової міжнародної політики в регіоні.

Останні спостереження світової гідрометеорологічної науки свідчать про те, що на земній кулі відбуваються глобальні зміни клімату, а це, зокрема, призводить як до підвищення небезпеки посух, так і розвитку паводкової діяльності на річках [35].

Найбільш характерні зміни – це зростання середньої річної температури повітря. Особливо значним є потепління взимку та на початку весни. Підвищення температури повітря у холодну пору року сприяє тому, що паводконебезпечний період стає все тривалішим і фактично охоплює весь рік. У свою чергу наслідком зниження температури повітря влітку є зменшення випаровування. За цих обставин поверхневий шар ґрунту стає більш насиченим вологою, зростає коефіцієнт стоку, опади майже повністю надходять у річкову мережу. Так, з 1945 року річна кількість злив з кількістю > 20 мм/год (саме вони спричиняють паводки) збільшилася в Карпатах та Передкарпатті з 5 до 7, водночас спостерігається тенденція до зростання кількості добових опадів, а також опадів за окремі зливи [35].

Серед техногенних чинників, які підвищують катастрофічність повеней та паводків в долині р. Дністер, негативний вплив має господарська діяльність, а саме:

- вирубування лісів;
- недостатня забезпеченість водозахисними дамбами в низинних територіях, зважаючи на значну густоту річок;
- недостатня висота гребенів дамб, побудованих в основному на висоту паводків 25% забезпеченості;
- порушення системи забудови населених пунктів у долині р. Дністер;
- будівництво інженерних комунікацій, мостів без відповідного обґрунтування, висновків водогосподарських організацій чи відповідних інших служб;
- брак водорегулювальних споруд;
- захаращеність русел річок, прибережних смуг.

Катастрофічний за своїми наслідками паводок 2008 року підтвердив найгірші прогнози вчених. Так, за даними Українського Гідрометцентру внаслідок малорухомого потужного циклону, центр якого знаходився над Румунією, протягом 22–28 липня 2008 року випадали дуже сильні дощі. За даними спостережень метеостанцій, сума опадів, що випали за цей період, становила: у Львівській області – 60–310 мм, в Івано-Франківській – 38–351 мм, у Тернопільській – 92–107 мм, що становить 110–250 % від місячної норми опадів [36]. У зв'язку з цим на річках Карпат та в басейні р. Дністер (Івано-Франківська, Львівська, Чернівецька, Закарпатська, Тернопільська, Вінницька області) сформувався екстремально високий дощовий паводок, що проходив декількома піками і який за наслідками можна характеризувати як катастрофічний. На більшості річок Закарпатської області сформувався середньої висоти паводок з амплітудами підвищення 1,5–2,6 м; на Тисі – високий, з амплітудами підвищення 2,0–4,0 м. На річках басейну Дністра в межах Львівської, Чернівецької та Івано-Франківської областей – дуже

високий дощовий паводок з амплітудою підйому води на гірських притоках Дністра, на Пруті, Сиреті, 2,5–4,0 м (на окремих річках 4,5–7,2 м), що призвело до пошкодження та руйнування об'єктів господарського призначення та окремих протипаводкових гідротехнічних споруд на водогосподарських системах. На багатьох водпостах рівні води перевищили історичні максимуми на 3–94 см, по гідрологічному посту Чорний Черемош – смт Верховина – на 1,93 м. Більшість річкових заплав було затоплено, перевищення небезпечних відміток підтоплення становило від 0,2 м до 3,8 м [36]. За гідрологічними характеристиками цей паводок був близьким до історично найвищого паводку, який проходив на цій території у червні 1969 року.

Внаслідок шкідливої дії паводкових вод постраждала значна кількість житлових будинків, об'єкти соціальної і транспортної інфраструктури, комунікації, земельні угіддя Закарпатської, Івано-Франківської, Львівської, Тернопільської та Чернівецької областей. Зазнали шкідливої дії вод об'єкти соціальної та виробничої сфери Вінницької області.

За даними обстеження, проведеного спільно територіальними органами МНС, організаціями водного господарства та органами охорони навколишнього природного середовища вищезазначених областей, у зоні стихійного лиха на території прикарпатських областей були підтоплені 41 тис. житлових будинків та 34 тис. га сільськогосподарських угідь, пошкоджено 360 автомобільних мостів та 561 пішохідний, розмито 681 км автомобільних доріг, зруйновано 31 км захисних дамб та 29 км берегоукріплень [37].

Зважаючи на проаналізовані фактори необхідно сформулювати та визначити ступінь природно-техногенного впливу, що проявляється формуванням гідроекологічних небезпек. Автором сформульовано поняття гідроекологічна небезпека – це ймовірність виникнення ризику від сукупності негативних наслідків природно-техногенних чинників в гідроекосистемі. Системний підхід до визначення природно-техногенного впливу передбачає комплексність підходу до проблематики.

Отже, проведення превентивного оцінювання природно-техногенного впливу на гідроекосистему є актуальним завданням.

1.3 Аналіз природно-техногенного впливу на гідроекосистеми Карпатського регіону

Закарпаття. За адміністративно-територіальними ознаками Закарпатська область належить до одного з гірських регіонів України – Українських Карпат, а територія області належить до найбільш паводконебезпечних регіонів Європи. Дощові та тало-дощові паводки, які формуються на річках області внаслідок зливової діяльності, відзначаються частотою, потужністю та охопленням великих площ.

Паводки на річках Закарпаття повторюються 3–8 разів на рік [38]. У листопаді 1998 року паводок спричинив 810 млн гривень збитків Закарпатській області, у квітні 2000 року був зафіксований історичний паводок на угорській частині басейну, у першій декаді березня 2001 року катастрофічно високий паводок охопив басейни річок Тиса та Латориця. Загальні збитки від цього паводку на українській території становили 317 млн гривень [38]. Таке суттєве зменшення збитків пов'язане з тим, що за період 1998–2000 років в Закарпатті вже почали здійснюватися протипаводкові програми. Разом з тим хочемо підкреслити, що, за висновками фахівців, сумарні збитки від паводків у регіоні в післявоєнний період в актуалізованих цінах становлять майже 5 млрд гривень [38].

Паводкова і екологічна ситуація в басейні р. Тиса, у межах Закарпатської області, ускладнюється ще й тим, що на її території помітно відчувається нестача площі орних земель. Так, якщо в 1970 році на одного жителя області припадало 0,15 га, то в 2000 році цей показник становив 0,13 га. Це відбулося внаслідок збільшення кількості населення, яке розміщувалося і освоювало

заплавні території вздовж річок області і яке першим потерпало від паводків [39].

Необхідно зважати на те, що протипаводкові споруди будувалися в різний час і різними державами та розраховувались на різну забезпеченість, тому вони мають різні технічні характеристики і не утворюють цілісного захисного комплексу, який міг би надійно виконувати протипаводковий захист та відповідати чинним нормативно-технічним документам.

Таким чином, проблема захисту населення, господарських об'єктів і сільськогосподарських угідь від затоплення паводковими водами р. Тиса та її притоків була і залишається одною з найбільш гострих для Закарпатської області.

Львівська область. Важливою особливістю Українських Карпат на території Львівської області є те, що саме тут випадають надзвичайно великі опади, річна кількість яких за даними метеостанцій сягає 1500-1650 мм, що втричі більше, ніж на більшій частині рівнинної території.

Річки Львівщини мають яскраво виражений гірський і рівнинний характер. Гірські річки характеризуються паводковим режимом упродовж всього року. Великі похили приток Дністра, особливо у верхів'ї, значна кількість опадів, мала пропускна спроможність русел річок – все це зумовлює раптовість та бурхливий характер проходження паводків. Значний вплив на формування паводків на території України в цілому та, зокрема, на Львівщині зумовлюють кліматичні умови.

Під час проходження паводків і повеней на р. Дністер та його притоках у межах Львівської області систематично зазнають впливу руйнівної дії вод десятки населених пунктів, у яких проживає біля 30 тисяч мешканців. Аналіз гідрологічної обстановки у басейні р. Дністер свідчить, що частота проходження паводків за останні роки значно зросла. Тому розв'язання проблем протипаводкового захисту в заплаві річки Дністер набуває загальнодержавного соціального значення. Значна частина раніше

побудованих захисних споруд призначена для локального захисту окремих населених пунктів і садиб не гарантує їх надійного захисту. Створення безпечних умов проживання населення на території, яка затоплюється, потребує комплексного вирішення. Як показує аналіз, більш ефективними і економічно виправданими заходами є часткова акумуляція паводків у приусллових акумуляційних ємкостях.

Чернівецька область. Кліматичні умови області щорічно спричиняють формування декількох руйнівних паводків з підйомами рівнів води на річках впродовж 1–2 діб на 2–3 і більше метрів над передпаводковими. Такі паводки призводять до розмиву берегів, затоплення площ земельних угідь і населених пунктів. Найвищі (історичні) за періоди спостережень рівні паводкових вод становили на р. Прут – м. Чернівці 7,10 м (1969 р.), р. Сірет – м. Сторожинець 4,9 м (1969 р.), р. Черемош – м. Вижниця 3,9 м (1969 р.) і р. Дністер – м. Заліщики 6,5 м (1941 р.) над передпаводковими, які відповідають 1 % забезпеченості [39]. Вони спричинили затоплення житлових зон населених пунктів, значних площ земельних угідь та господарських об'єктів.

Внаслідок паводкової ситуації під загрозою затоплення і руйнування тільки вздовж основних річок Прута, Черемошу і Сірету перебували 73 населені пункти з можливою площею під водою 20 кв. км, на якій мешкає близько 40 тис. осіб. Через аналогічне становище на малих річках під негативним впливом паводків перебуває 370 кв. км території, на якій розташовані 156 населених пунктів з кількістю жителів 136 тис. осіб [40]. Збитків від шкідливої дії вод зазнають практично всі райони області. Особливо потерпають від паводкових стихій Вижницький, Сторожинецький, Кіцманський, Глибоцький, Новоселецький і Путильський райони.

З метою попередження шкідливої дії паводкових вод у 60–90 роках минулого століття на річках області побудовано систему протипаводкового захисту, яка складається із 70 км захисних дамб і 60 км закріплених ділянок берегів. Вони захищають від затоплення і руйнування 11,6 тис. садиб у 60

населених пунктах, більше 20 тис. га сільськогосподарських земель, 13,5 км інженерних споруд державного кордону, багато інших об'єктів на сотні мільйонів гривень [40; 41].

Основною причиною, яка ускладнює паводкову ситуацію в області і посилює шкідливу дію вод, є господарська діяльність в басейнах річок. До неї відносяться безсистемна вирубка лісів в гірській частині водозборів, несанкціонована вибірка гравійно-піщаної суміші з русел річок, невиконання органами виконавчої влади, місцевого самоврядування, підприємствами і організаціями робіт з підготовки до пропуску повеней та паводків.

Передчасне старіння протипаводкових об'єктів також зменшує їх захисну функцію.

Важливим заходом щодо мінімізації збитків господарству області від шкідливої дії паводкових вод є визначення зон можливого затоплення повенями і паводками різної забезпеченості, що сприяло б регулюванню господарської діяльності на цих територіях. З метою його реалізації облводгосп проводить роботу щодо залучення місцевих грошових ресурсів.

Поліпшення протипаводкової ситуації пов'язано з дотриманням вимог чинного законодавства під час використання земель водного фонду, на що особливу увагу звертають у своїй роботі водогосподарські організації.

Івано-Франківська область. Проблема паводків є однією з найбільш гострих і соціально значущих для області проблем. Найвищий протягом доби зафіксований рівень опадів на Прикарпатті сягав 240-340 мм, зокрема в Івано-Франківській області такі опади зареєстровані у 1955 (340 мм), 1957 (265 мм), 1969 роках (239 мм) [39]. Івано-Франківська область розташовується в зоні розвинутої зливної діяльності і, відповідно, в зоні підвищеного впливу щодо виникнення водних стихій та проявів їх шкідливої дії, що спричиняє різні за масштабами, зокрема й катастрофічні затоплення, підтоплення і перезволоження територій, ураження інженерних інфраструктур та

комунікацій із руйнівними наслідками. Природні фактори та господарська діяльність на водозборах впливають на формування частих високих паводків.

Модуль стоку в Карпатах значно більший, ніж на рівнині. До цього слід додати і швидкоплинність формування паводкового стоку у верхів'ях гірських річок, зростання витрат починається ще упродовж випадання дощу. За 3–4 години рівень води може зрости на 1,5–2,5 м. Значні похили місцевості визначають те, що швидкість течії у річках Карпат часом сягає 3–5 м/сек. За цих умов відбуваються значні переформування русел річок, ерозія берегів річок, пошкодження протиповеневих споруд [43].

Більшість річок області, особливо у передгірській частині (де не проводяться і не проводилися протипаводкові заходи), після проходження паводків останніх років перебувають в аварійному стані і навіть під час невеликих повеней і паводків господарствам і населенню завдається значних збитків. Так, протягом 1998–2008 років збитки, завдані паводками, становили близько 300 млн гривень [44]. На даний час в Івано-Франківській області ще понад 180 населених пунктів, у яких мешкають близько 300 тисяч осіб, є незахищеними від затоплення і підтоплення паводковими водами.

Таким чином, аналіз наведених даних дає можливість підсумувати, що ризик водозабезпечення в Карпатському регіоні є недостатньо вивченим питанням та потребує подальшого дослідження.

1.4 Аналіз території Дністровського протипаводкового полігону як об'єкту, що підлягає вдосконаленій системі моніторингу

Паводкова небезпека на території Прикарпаття – це періодичне повторення паводків на річках Дністер і Прут, що викликається природними кліматичними коливаннями та підсиленими техногенними чинниками. Ризик таких паводків для довкілля і населення зумовлює ймовірність

непередбачуваних затрат на ліквідацію їх катастрофічних наслідків. Тому важливим завданням є своєчасне прогнозування паводків, зниження їхньої активності та забезпечення керованості цими процесами для оптимізації їх природної складової та мінімізації техногенних чинників, що впливають на інтенсивність паводкотворення.

Встановлення причин повені, запобігання її катастрофічним наслідкам у майбутньому є найважливішою задачею природоохоронних органів, місцевої влади, науковців та й населення районів, де можуть відбуватися природні катаклізми. Паводки на річках Карпатського регіону формуються атмосферними опадами, які тривають 165–175 днів на рік, але катастрофічного рівня підйоми води набувають при перевищенні 100 мм опадів на добу. Із літописів та літературних джерел відомо, що паводки на Дністрі фіксувалися з 1146 р., на річці Тиса – з 1491 р., на річці Прут – з 1870 р. [45]. Але інструментальні спостереження на цих річках розпочалися лише з середини ХІХ століття – спочатку епізодично за рівнями підйому води, а потім і за витратами. Систематичні дані документуються з 1895 року. Документально засвідчену інформацію про періодичність паводків слід враховувати для їх прогнозування.

Науковці Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу (ІФНТУНГ) постійно працюють над вирішенням проблеми прогнозування паводків у Карпатському регіоні. В інженерно-екологічному інституті ІФНТУНГ дослідження виконують доктори та кандидати наук, аспіранти та студенти. За ініціативою ректора університету, академіка НАН України Є. І. Крижанівського разом з обласною радою та обласною державною адміністрацією, обласним управлінням охорони навколишнього природного середовища та обласним управлінням водних ресурсів, Галицькою районною державною адміністрацією створений Дністровський інженерно-екологічний науково-навчально-виробничий протипаводковий

полігон (Рис. 1.2) кафедри екології з центром у с. Маріямпіль Галицького району [46; 47].



Рис. 1.2. Космічний знімок території Дністровського протипаводкового полігону [48]

Саме в цій місцевості, в озероподібному розширенні, долини р. Дністер, де розташовані гирла річок Бистриці (з Солотвинською і Надвірнянською її складовими), Лукви, Лімниці, Сівки, Свіржа, Гнилої Липи та інших, під час катастрофічних паводків збирається найбільша маса води, підвищується її рівень до 10–12 метрів і затоплюється багато населених пунктів [49].

З екологічної точки зору паводки привносять до земель кожного населеного пункту опосередковані забруднювальні речовини із промислових вузлів Стебника, Калуша, Бурштина та ін. У сучасних умовах визнано за необхідне методами екологічного територіального аудиту проаналізувати стан природних чинників, постійно проводити екологічний моніторинг для контролю стану гідроекосистеми та запобігання порушення родючості ґрунтів і захисту населення від збудників різних хвороб.

У 2012 р. відповідно до Проекту розвитку місцевого самоврядування Івано-Франківської обласної ради «Створення Дністровського інженерно-екологічного полігону для розробки протипаводкових заходів та підвищення екологічної безпеки території Івано-Франківської області» університет закупив лабораторне та наукове обладнання для проведення фізико-хімічних аналізів; здійснено попередні екологічні дослідження на полігоні. З урахуванням комплексності наукових досліджень планується продовження розпочатих робіт, розширення функціональних можливостей лабораторії та облаштування автоматичних гідрометеорологічних постів спостереження за станом водного басейну р. Дністер у межах Івано-Франківської області. Відпрацьовуються практичні заходи щодо попередження та регулювання катастрофічних водних стихій по всій долині Дністра, басейнів Прута, Тиси, Сірета та інших. Саме на це й спрямовані основні роботи, які пропонують до виконання в рамках «Комплексної регіональної цільової програми комплексного протипаводкового захисту у басейнах річок Дністра, Пруту і Сірета».

За результатами виконання науково-практичних досліджень ІФНТУНГ за темою «Створення інженерно-екологічного науково-навчально-виробничого полігону з центром у с. Маріямпіль» протягом 2013–2019 рр. передбачено:

- створення та обладнання нових гідрометеорологічних постів у Дністровському басейні;
- розроблення та впровадження «Автоматизованої Інформаційно-вимірювальної протипаводкової системи Дністер» (АВІПС-Дністер);
- дооблаштування Маріямпільської екологічної лабораторії [44; 50].

Карпатська частина басейну Дністра являє собою в основному верхню частину водозбору з розвинутою гідрографічною мережею (ріки Стрваж, Верещиця, Стрий, Свіча, Лімниця, Луква та ін.) і є основним осередком формування стоку Дністра. Незважаючи на те, що Карпати та передгір'я

займають 9 %, а Карпатські притоки Дністра лише 17% площі водозбору, тут формується більш ніж половина об'єму стоку басейну. У середньому за рік у гірській та передгірській частинах регіону випадає 800–2000 мм опадів. Підвищена зливова активність на північно-східних схилах Карпатських гір зумовлює надлишкове зволоження цієї території і виникнення численних паводків, що формують характерні риси Дністра як структурної одиниці. Саме тому важливим фактором є дослідження хронології розвитку паводку та дослідження акумулюючих властивостей гідроекосистеми.

Складність вирішення проблеми виникнення природно-техногенного ризику полягає в постановці самої проблематики його формування. Брак єдиного, усталеного поняття гідроекологічного ризику та його визначення породжує відмінність ряду факторів та даних, що впливають на формування системи понять. Це ускладнює побудову функціональної системи моніторингу. Система моніторингу поверхневих вод спрямована на визначення якісного складника як основного критерію стану водного об'єкту та на контроль формування паводкового стоку, які у сукупності є основними небезпеками й формують ризик водозабезпечення. Сукупність природних та антропогенних факторів, що є причиною утворення гідроекологічного ризику, враховуються, зокрема, у різних методиках дослідження стану водних об'єктів. Під час дослідження генезису гідроекологічного ризику важливими є особливості конкретного водного об'єкту та універсальність їх динамічного поєднання в однорідний ланцюг факторів, що являє собою алгоритм розрахунку ступеня імовірної небезпеки в умовах конкретного сценарію.

Характерною особливістю ріки Дністер є паводковий режим. Щороку на ріці спостерігається до п'яти паводків. При цьому рівні води можуть зростати більш ніж на 3–4 м. Максимальні паводкові витрати значно більші, ніж повеневі [46]. Значним підйомам рівня, що формується в Карпатах, сприяє порівняно низька руслова ємність ріки. Береги Дністра здебільшого круті, заплава вузька або ж її зовсім немає. Слід також зазначити, що урегульованість

стоку верхньої течії Дністра досить низька. У межах України в басейні Дністра серед його приток нараховується 14 886 малих рік (загальна довжина яких – 32,3 тис. км), 6 середніх (1 тис. км) (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Характеристика р. Дністер

Головна ріка	Площа басейну км ²	Довжина ріки км	Кількість малих рік		Сумарна довжина малих рік, в км	в. т. ч. <10км	Густота річкової мережі км/км ²
			всього	<10км			
Дністер	72100	1362	14886	14433	32272	21643	0,63

Однією з проблем, що розглядаються в межах даного дослідження, виступає відсутність у визначенні ризику водозабезпечення визначеної ролі ґрунтового покриву в межах гідроекосистеми. Інфільтрація води в ґрунт є важливим фактором, врахування якого є необхідним під час розробки функціональної системи моніторингу. При цьому втрати дощових опадів на інфільтрацію значно перевищують інфільтраційні втрати при сніготаненні і можуть становити до 70-80% від шару опадів. Це становить 0,2–0,3 коефіцієнту стоку, при цьому коефіцієнт стоку весняного водопілля перевищує 0,3–0,5 і часто наближається до одиниці [52]. Це пояснюється різним ступенем зволоження ґрунту при весняному водопіллі і дощових паводках. Як і під час весняного водопілля, частка води, що профільтрувалася, досягає глибоких водоносних шарів та витрачається на зволоження ґрунтів. Інша частина утворює ґрунтовий стік, якщо водозбір має піщані і крупнозернисті ґрунти. Також одним із факторів є чинник добігання. На початку дощу всі атмосферні опади витрачаються на поповнення початкових втрат, а ближче до завершення, коли інтенсивність опадів спадає, на інфільтрацію. Через те тривалість дощу, що утворює водовіддачу, є значно меншою за загальну тривалість опадів. Таким чином, тривалість надходження

води в руслову мережу при зливових паводках значно менша, ніж при весняному водопіллі.

На формування зливових паводків впливають також фізико-географічні чинники: озера, болота, рельєф, ґрунтово-геологічні умови та ін. Вони впливають на формування дощових паводків так само, як і на параметри весняного водопілля, проте із врахуванням деяких особливостей, пов'язаних з короткочасною водовіддачею та відсутністю промерзання і попереднього зволоження ґрунтів.

Свою роль тут відіграють як природні, так і антропогенні фактори. Серед природніх – збільшення частоти випадання великої кількості опадів на значних територіях за короткий період (що можна віднести до одного із наслідкових факторів кліматичних змін), великі ухили русел рік, що зумовлюють високу швидкість стоку води і, як наслідок, стрімке підняття рівня води. Серед антропогенних факторів можна перелічити руйнування первинної структури природних геосистем, зниження водоакумулюючої ємності території, брак системи затримання поверхневого стоку на сільськогосподарських угіддях, зниження повноти видового складу, зміна вікової структури деревостанів, наземне тракторне трелювання деревини в лісах [53].

Сьогодні небувало активізувалася несанкціонована або санкціонована (юридично безпідставно) забудова заплавл. Чинне законодавство відводить в загальне користування смугу суші уздовж берегів водних об'єктів, визнаючи її приналежністю водного об'єкта. Однак будівлі і споруди нерідко зводяться безпосередньо біля урізу води, повністю займаючи прибережну смугу [52].

Для рівнів паводку винятково важливу роль відіграє здатність рослин утримувати воду, верхній шар ґрунту, рельєф поверхні і мережа річкового стоку. Кожне середовище може нагромаджувати певну кількість води і утримувати її протягом певного часу. Якщо обсяги природних накопичувачів води великі, то швидкість підйому рівнів води буде невеликою і паводок буде

відносно незначним; невелика здатність середовища до нагромадження води призводить до швидкого підйому рівнів і високих паводків.

Одна з головних причин катастрофічних паводків – це інтенсивна експлуатація лісів. Збільшення рівня катастрофічності високих паводків пояснюються негативними змінами на водозборах – насамперед, масштабною вирубкою гірських лісів.

Значна кількість опадів, у разі наявності теплого клімату, сприяла формуванню високопродуктивних лісів, які в свою чергу ставали потужним водорегулювальним фактором. Лісові масиви можуть поглинати, утримувати і потроху віддавати велику кількість води, ефективно переводити поверхневий стік у внутрішньо-грунтовий. Екологічно необґрунтоване освоєння територій лісів та нераціональне використання природних ресурсів збільшує негативний вплив господарської діяльності на формування паводків і на розвиток негативних екзогенних геодинамічних процесів. Прикладом того служить неграмотне вирубування лісів і зниження лісистості територій [51].

Усі ці фактори призводять до зниження водорегулювальних здатностей лісів і, як наслідок, їх здатності зменшувати поверхневий стік. Водорегулююча функція лісу – це здатність нейтралізувати негативні явища у разі випадання максимальної кількості опадів, вона полягає у здатності зменшувати максимальні витрати та рівні води у водному об'єкті під час випадання опадів певної тривалості, величини та інтенсивності. Так, наприклад, водоакумулювальна здатність стиглих букових лісів становить 140–160 мм, ялинових – 70–90 мм [54].

Науковці приділяють значну увагу вивченню впливу лісу на формування паводкових явищ, проте цей фактор не знайшов свого місця у системі формування моніторингових мереж гідроекосистем.

Визначальним фактором вологозабезпеченості території є річна сума опадів та їх сезонний розподіл. Проте, зважаючи на ряд наведених фактів, можна спостерігати, що гідроекологічні небезпеки безпосередньо залежать не

лише від кількості опадів та інших кліматичних показників, а й від здатності території басейну реагувати на зміни умов зволоження.

Враховання ролі лісового покриву, як основного із впливових факторів водоаккумуляції ґрунтового покриву в басейні водного об'єкту дозволить більш точно оцінити гідроекологічні небезпеки та дасть можливість спростити механізм передбачення паводкових явищ. Під впливом антропогенної трансформації строкорегулювальна та вбирна здатність може змінюватись, для ефективного ведення моніторингу необхідні постійні спостереження за водонасиченістю ґрунтового покриву. При цьому необхідно поглиблювати дослідження щодо оптимізації водоохоронно-захисних властивостей гірських лісів, що включають регіональні і місцеві диференційовані заходи для басейнів рік, водозборів потоків та однорідних ділянок схилів.

Лісові насадження в Карпатському регіоні виконують спектр водоохоронно-захисних функцій, як-от: водорегулювальних, стокорегулювальних, водоохоронних, ґрунтозахисних. Формування їх водоохоронно-захисної ролі залежить від висотно-лісотипологічних умов гірської системи, кліматичних та метеорологічних факторів, ґрунтово-рельєфних факторів, складу й віку деревостанів, лісистості і площі водозборів, а також термінів відновлення стокорегулювальних властивостей лісових екосистем після господарського втручання [55]. Лісові насадження регулюють вологу у системі вологообміну басейну. Вони здатні затримувати атмосферні опадів, у 1,5 раза знизити снігозапаси та інтенсивність весняного сніготанення, у 2–10 разів посилювати водопроникливість ґрунту, в 1,2 раза зменшувати його вологість та у 3–4 рази уповільнювати процеси виникнення поверхневого стоку води [55].

Гідрорегулювальне значення лісу найчіткіше простежується на гірських водозборах. Найбільш оптимальним водним режимом характеризуються водозбори з лісистістю понад 70 %, менш сприятливим –

басейни із лісистістю 30–65 % і найгіршим – малолісні водозбори із показниками лісистості до 30 % [55].

Наявність лісового покриву відіграє значну паводкорегулювальну роль. Найкраще вона виражена на водозборах гірських потоків. На лісових басейнах схиловий стік паводків у 2–3 рази менший, ніж на польових. Проте ця роль лісу неоднакова при неоднорідному зволоженні й у різних умовах водозборів [55].

Вплив лісу на водний режим може нівелюватися за рахунок метеорологічних умов. Як правило, він більш помітний у сезони невисокого атмосферного зволоження і значно менший – у перезволожені періоди. За метеорологічних обставин, які складаються під час катастрофічних паводків, водозахисна роль лісу послаблюється, оскільки паводкоформуючі опади є більшими за водорегулювальну ємність лісових екосистем. Однак і за таких ситуацій лісовий покрив здатний поглинути 10–25 % атмосферних опадів, що уповільнює швидкість формування паводків та ерозійно-селевих явищ.

Стокорегулювальні властивості лісу визначають його ґрунтозахисну функцію. У Карпатах ліс добре її виконує при добових опадах до 100 мм і слабко – при опадах понад 100–130 мм, особливо у перезволожені періоди року. На стрімких схилах лісових масивів під час екстремальних злив масштаби прояву небезпечних ерозійно-селевих процесів не дуже відрізняються від аналогічних процесів на безлісних угіддях [55].

Досягнення і досвід використання систем прогнозування паводків полягає у таких напрямках, як інтеграція, асиміляція і управління даними в прогнозуванні паводків, моніторинг в режимі on-line, розробка нових програмних продуктів, дистанційне зондування Землі, використання супутникових і радарних знімків в прогностичних моделях, кількісне прогнозування опадів, методи оцінки нестабільності, системи прийняття рішень і найкращі практики в застосуванні моделей прогнозування [56, 57, 127].

Із запровадженням курсу на транскордонне співробітництво водогосподарських організацій все актуальнішою стає необхідність розробки заходів щодо ефективного захисту території України, а особливо Карпатського регіону, як найбільш паводконебезпечного регіону. З такою метою набуває поширення встановлення автоматизованих інформаційно-вимірювальних систем (АІВС).

Основними завданнями таких систем є [57]:

- оперативне прогнозування гідрографів паводків на ріках басейну;
- формування прогнозних даних про стан параметрів паводку і автоматична передача їх відповідним службам;
- сприяння в розробці рекомендацій для формування управлінських рішень щодо безаварійного пропуску паводків.

Автоматизована інформаційно-вимірювальна система призначена для прогнозування паводків і управління водними ресурсами. Система сприяє функціонуванню ряду підсистем, як-от: контроль та прогнозування параметрів тало-дощових та дощових паводків, якості поверхневих вод, формування зон затоплення і можливих збитків від затоплення паводками, розробка оперативних схем протипаводкових заходів.

Так, наприклад, АІВС "Прикарпаття" створене на базі Дністровсько-Прутського БУВР проводить заміри гідрометеорологічних показників, оперативно обробляє та передає первинну інформацію, виконує моделювання гідрологічних процесів на окремих ділянках та по всьому басейну річки (зокрема прогнозування зон затоплення), сприяє розробці оперативних планів протипаводкового захисту, інформування населення [57].

Аналіз роботи АІВС, які раніше були введені в експлуатацію, показав, що при роботі системи в режимі реального часу не забезпечується необхідна завчасність прогнозу і попередження проходження катастрофічного паводку на всьому шляху його формування. Відсутня можливість проведення аналізу ефективності системи управління за всім спектром природно-кліматичних

умов, відповідно ускладнюється обґрунтування необхідності будівництва або реконструкції водопропускних, акумулюючих і регулюючих споруд [58]. До основних недоліків автоматизованої інформаційно-вимірювальної системи відносять, в першу чергу, недостатню кількість встановлених АІВС у зв'язку з обмеженим фінансуванням, а також не врахування ряду вимірюваних параметрів, таких як водно-фізичні властивості ґрунтів та рівень забруднення дощових опадів, що впливають на гідроекологічну ситуацію в межах басейну.

1.5 Проблеми організації ведення моніторингу поверхневих водних ресурсів в межах визначеного басейну в розрізі глобальних кліматичних змін

Розвиток світової економіки призвів до безпрецедентного за масштабом негативного впливу на біосферу. Виникло протиріччя між зростаючими потребами світової спільноти і обмеженими можливостями біосфери щодо їх задоволення. На різних етапах розвитку світового співтовариства панували різні світоглядні парадигми, суть яких можна звести до наступного [59]:

- людина цілком залежить від природи і повинна їй підкорятися;
- людина, озброєна технікою і знаннями, сильніша за природу і може панувати над нею;
- техніка та природа антагоністичні;
- людина і створювані нею технічні засоби можуть діяти в гармонії з навколишнім середовищем.

Гармонійний розвиток природи і техніки можливий тільки внаслідок науково обґрунтованого компромісу між компонентами природного середовища та соціальною та господарською діяльністю людини. На сьогоднішній день єдиний прийнятний варіант прогресивного руху людства – це рух в «рамках сталого розвитку».

Реалізація концепції гармонійного розвитку потребує розробки науково-технічного обґрунтування і створення системи екологічного забезпечення та супроводу господарської діяльності. Під екологічним супроводом слід розуміти систему постійного контролю, аналізу та цілеспрямованого впливу на умови, чинники і характеристики, що впливають на показники природно-техногенного ризику, з метою встановлення, забезпечення і підтримки необхідного рівня екологічної безпеки в процесі проектування, виробництва, експлуатації, утилізації технічних об'єктів. У загальному випадку система екологічного супроводу включає в себе [60]:

- науково-методологічне забезпечення (загальні принципи формування екологічної концепції будівництва та створення технічних систем, планувальних, структурних, функціональних, конструкторських рішень, нормативних регламентів та ін.);

- проектно-конструкторське забезпечення (екологічні принципи формування функціональної, планувальної та технічної структури, розрахункових моделей, підвищення екологічної безпеки проєктованих об'єктів та ін.);

- технологічне забезпечення (способи і засоби екологічно раціональної реалізації конструкторських рішень – технологічні процеси, нормативно-технологічні регламенти та ін.);

- організаційно-методичне забезпечення (оптимальні організаційні структури управління геоекологічною безпекою природно-техногенних систем, програми підвищення екологічної ефективності господарської діяльності, екологічно оптимальні форми організації матеріальних, енергетичних та інформаційних потоків та ін.);

- інформаційне забезпечення (принципи накопичення, передачі, зберігання і використання екологічно значущої інформації та показники її достовірності та ін.);

- аналіз і методологія об'єктивного оцінювання (системний екологічний аналіз і оцінка альтернативних концептуальних, проектно-конструкторських і організаційно-технологічних розробок для прийняття екологічно обґрунтованих рішень з метою мінімізації техногенного негативного впливу на навколишнє середовище);

- комплексний екологічний контроль (контроль стану навколишнього середовища на території будівництва, екологічна експертиза, контроль науково-методичних, проектно-конструкторських і організаційно-технологічних рішень, моніторинг та ін.);

- прогнозування (методологія прогнозування екологічних наслідків і ситуацій у глобальному, регіональному, галузевому, об'єктовому масштабах, багаторівнева ідентифікація та ін.);

- оптимальне управління (загальні принципи оптимального екологічного управління – формування екологічної політики та екологічних програм, планування та забезпечення функціонування для досягнення екологічного результату, коригувальні дії, аналіз управління, постійне вдосконалення);

- методологічні аспекти формування екологічних знань та екологічної відповідальності за прийняття рішень учасників господарської діяльності.

Головними недостатньо вивченими аспектами існуючих досліджень є:

- недостатня реалізація екосистемного підходу до вирішення проблем комплексного визначення та прогнозування природно-техногенного впливу, створення умов гармонійного функціонування гідроекосистеми;

- недослідженість проблеми врахування кліматичних факторів при дослідженні гідроекологічних небезпек;

- природні та техногенні навантаження на гідроекосистему;

- недостатньо ефективна система моніторингу водних об'єктів і, як результат, порушення стану гідроекосистеми та неефективне управління ризиками.

За даними Міжнародного центру досліджень катастроф, за період лише з 1992 по 2001 рр. близько 90% усіх стихійних лих були гідрометеорологічного походження, при цьому від них загинуло 622 000 осіб і постраждало близько двох мільярдів [61]. Всесвітня метеорологічна організація зауважила, що Україна вперше стає одним зі світових лідерів за кількістю жертв від стихійних явищ. Згідно з рейтингом Міжнародного Центру дослідження катастроф (CRED), на восьме місце в цьому списку в 2006 р. країну вивела зима, коли від сильних морозів загинуло 803 людини і постраждало близько 60 000, і на дев'яте в 2008 р. – паводок, коли постраждало близько 225 000 і загинуло 38 людей [62; 63].

За даними Міжнародного центру досліджень катастроф, тривалість, локалізація, повторюваність та інтенсивність екстремальних метеорологічних і кліматичних явищ найімовірніше зміниться і ці зміни зумовлять негативні наслідки для біологічних систем. Амплітуда і частота екстремальних опадів, найімовірніше, зростуть у багатьох районах, при цьому прогнозується зменшення інтервалу часу між повторними екстремальними опадами [62, 99].

Проте, за загальними підрахунками, витрати на прогнозування негативних гідрометеорологічних явищ та їх наслідків значно менші, ніж витрати на ліквідацію наслідків таких явищ.

За оцінкою міжнародних експертів Всесвітньої Метеорологічної Організації, одним із головних проявів регіональних кліматичних змін на тлі глобальних процесів потепління є істотне підвищення температури повітря, зміна термічного режиму та структури опадів, збільшення кількості стихійних метеорологічних явищ і екстремальних погодних умов, збитків, які вони завдають різним галузям економіки та населенню країни [63, 99]. Тому актуальними є дослідження параметрів на локальному рівні, з метою прогнозування природно-техногенних впливів, що і стало завданням наших дисертаційних досліджень.

Майже по всій земній кулі паводки викликають тривалі, інтенсивні дощі і зливи внаслідок проходження циклонів. Україна також часто потерпає від таких стихій, як повені та паводки. Повені на річках України відбуваються також у зв'язку із швидким таненням снігу, зажорами, заторами льоду. Локальні протипаводкові заходи, які не враховують всієї ситуації проходження паводку в басейні річки, можуть не тільки не дати економічного ефекту, але й істотно погіршити ситуацію в цілому і призвести в результаті до ще більших збитків від повені. Такий необхідний захід, як прогнозування повеней, який дозволяє забезпечити завчасне оповіщення про повені населення і таким чином уникнути жертв і майнових втрат, зараз найбільше потребує дослідження та вдосконалення. У Європі, як і в ряді інших частин світу, ситуація з повенями ускладнюється транскордонним характером водних ресурсів. Через це катастрофічні паводки часто охоплюють відразу кілька сусідніх країн. Після катастрофічних паводків в Європі 2002 року транскордонна співпраця у сфері управління ризиками повеней стала необхідністю. Завчасне оповіщення з боку країн-сусідів, які розташовані у верхів'ях, може врятувати багато життів та суттєво знизити економічні втрати. Важливою перевагою міжнародної співпраці є нагромадження знань та досвіду, а також формування інформаційної бази, розширення набору доступних стратегій розвитку басейнового моніторингу. Боротьба зі стихійними лихами значною мірою залежить від динаміки надходження досліджуваної інформації на комп'ютеризовану точку доступу для якнайшвидшого отримання та аналізу інформації, що стосується басейну річки та дає можливість детального аналізу та прогнозування паводкової ситуації. У зв'язку з цим удосконалення комп'ютерної системи прогнозу паводків стало одним із завдань дисертаційної роботи.

Висновки до розділу 1

1. У першому розділі проведено детальний аналіз літературних джерел, що стосуються обраної тематики, та досліджено проблеми оцінки екологічної безпеки, взаємозв'язок кліматичних факторів та коливання рівнів водних об'єктів, формування природно-техногенного впливу в умовах виникнення природно-техногенних небезпек та формалізовано причини виникнення природно-техногенних ризиків водозабезпечення. Аналіз попередніх досліджень показує, що роботи, котрі проводились у цій сфері, як правило, не охоплювали всього спектру необхідних компонентів та їх взаємозв'язку. Головним не досконало вивченим аспектом існуючих досліджень є недостатня реалізація екосистемного підходу до вирішення проблем комплексного визначення та прогнозування природно-техногенного впливу, створення умов гармонійного функціонування гідроекосистеми.

2. У дисертаційній роботі вирішується актуальне науково-прикладне завдання підвищення рівня екологічної безпеки в межах басейнових гідроекосистем шляхом дослідження закономірності кліматичних змін та їх взаємозв'язку з факторами формування стоку, розроблення наукових методів дослідження комплексної оцінки та визначення ступеня природно-техногенного впливу, удосконалення системи екологічного моніторингу поверхневих водних об'єктів Карпатського регіону.

3. Метою даної роботи є підвищення рівня екологічної безпеки водних екосистем шляхом наукового обґрунтування комплексного підходу до визначення природно-техногенного впливу, удосконалення системи екологічного моніторингу поверхневих водозборів.

4. Відповідно до поставленої мети, в роботі вирішуються завдання:

- проаналізувати методи оцінки природно-техногенного впливу на гідроекосистему з метою удосконалення системи гідроекологічного моніторингу та технічних засобів контролю за станом навколишнього середовища;

- дослідити та обґрунтувати функціональні закономірності зміни стоку від кліматичних факторів для верхньої течії Дністра;

- розробити метод комплексної оцінки природно-техногенного впливу на басейнову гідроекосистему для подальшого обґрунтування заходів з підвищення рівня екологічної безпеки водних екосистем;

- удосконалити процес роботи автоматизованої інформаційно-виміральної системи на водних об'єктах з урахуванням комплексного басейнового підходу для прогнозування гідроекологічної небезпеки;

- розробити пристрої для удосконалення технічних засобів контролю за станом навколишнього середовища;

- удосконалити систему екологічного моніторингу поверхневих водозборів та апробувати її для малих ГЕС Карпатського регіону.

Кацала Софія Віталіївна

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН ТА НАСЛІДКІВ ЇХ ВПЛИВУ НА ФОРМУВАННЯ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЇ НЕБЕЗПЕКИ В МЕЖАХ ВЕРХНЬОЇ ТЕЧІЇ БАСЕЙНУ ДНІСТРА УКРАЇНИ

2.1 Алгоритм визначення природно-техногенної небезпеки

Моніторинг стану басейну водного об'єкту передбачає включення в ланцюг досліджень всіх факторів, які так чи інакше впливають на формування стоку. Взаємозв'язок ряду функціональних факторів, що формують динаміку поведінки водного об'єкту, і становить основний суб'єкт виникнення гідроекологічної небезпеки. Такі фактори та процеси, як погодні умови, коефіцієнт зволоження, географічні особливості та умови функціонування не лише водного об'єкту, а й цілої гідроекосистеми, формують предмет дослідження гідроекологічної небезпеки. У зв'язку з цим запорукою оптимальної системи моніторингу є поєднання таких факторів в один функціональний ланцюг, що формуватиме алгоритм визначення природно-техногенної небезпеки (рис. 2.1). Ми розробили оптимальну схему етапів оцінки природно-техногенного впливу в гідроекосистемі, яка включає в себе сукупність етапів аналізу, визначення, оцінки ймовірності, масштабів та прийнятності ризиків у гідроекосистемі і, як наслідок, заходів щодо їх зменшення.

Робота за такою схемою виключає проблему співпраці між відомствами, оскільки вже на першому етапі можна визначити, під чію юрисдикцію підпадає та чи інша надзвичайна ситуація, а при дослідженні сценаріїв розвитку можна визначити додаткові структури, які потрібно буде задіяти в тій чи іншій ситуації.

Основні проблеми, які повинна вирішити пропонована система моніторингу, полягають у вдосконаленні координаційної схеми ведення

моніторингу між різними відомствами, оптимізації мережі пунктів спостереження, розширенні переліку показників та середовищ.

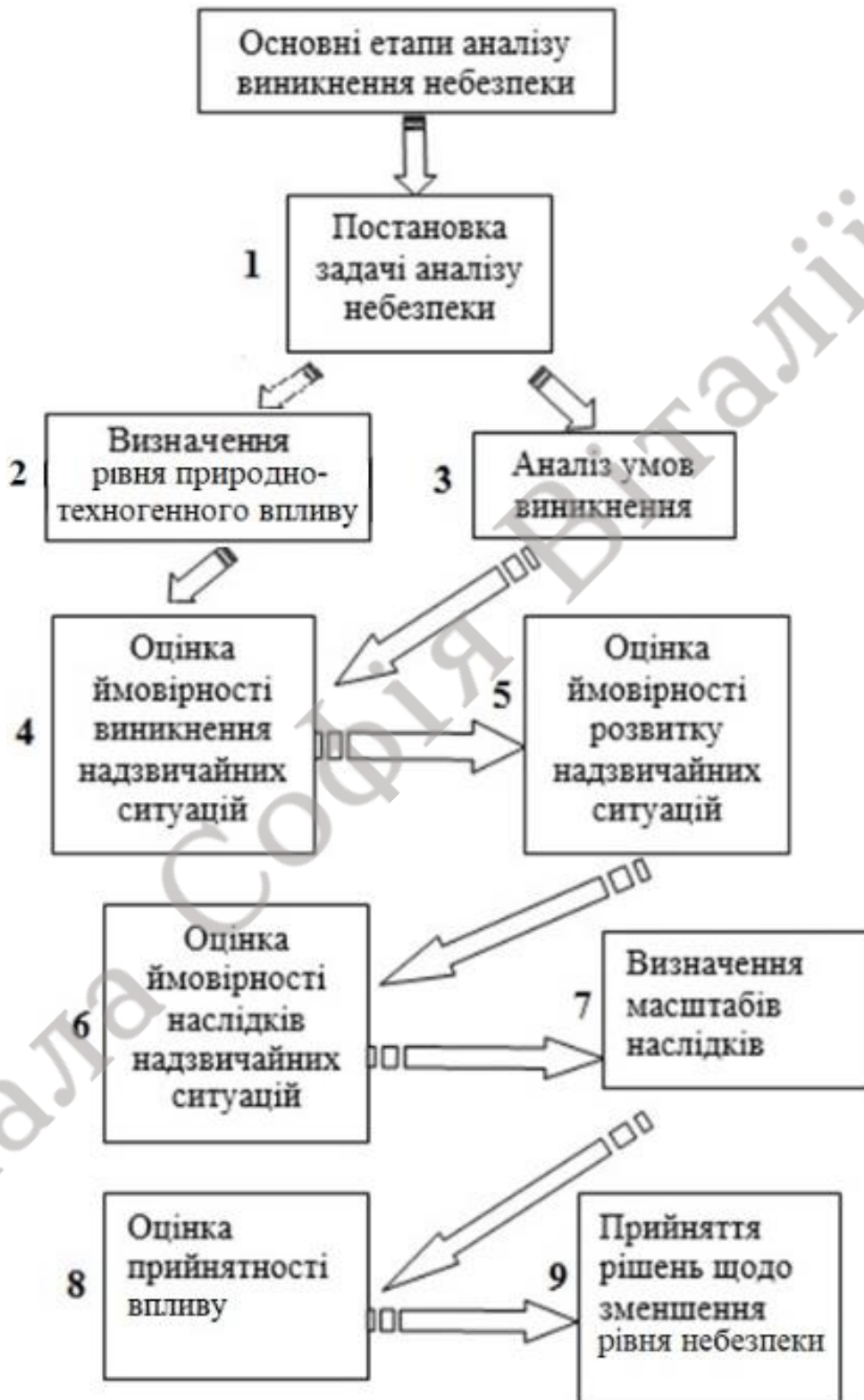


Рис. 2.1. Алгоритм оцінки природно-техногенної небезпеки в гідроекосистемі

Отже, за такою схемою для модельної ситуації явища впливу – «Паводок» складаємо модельну схему:

- 1 – визначення масштабу проходження паводку (проводиться відповідними відомствами, в даному випадку держводагентство, гідрометеорологічний центр);
- 2 – ризик затоплення території паводком (проводиться відповідними відомствами, в даному випадку держводагентство);
- 3 – населений пункт (органи місцевого самоврядування, залежно від оцінки масштабу: село, селище, місто, область);
- 4 – оцінка масштабів ситуації відповідно до зон затоплення територій (проводиться відповідними відомствами, в даному випадку держводагентство);
- 5 – оцінка сценарію розвитку, масштаби пошкодження (проводиться відповідними відомствами, в даному випадку держводагентство, Управління екології та природних ресурсів, органи місцевого самоврядування);
- 6 – оцінка можливих пошкоджень (пошкодження сільськогосподарських угідь, державного та приватного майна, людські втрати);
- 7 – визначення зон пошкоджень, локалізація збитків;
- 8 – оцінка наслідків та визначення їх прийнятності, пошук засобів та шляхів мінімізації лиха чи наслідків (прийняття оперативної звітності задіяних відомств);
- 9 – аналіз отриманих пропозицій формування плану дій, розподіл заходів по відповідних організаціях згідно з інструкціями щодо дій при надзвичайних ситуаціях.

Для вирішення поставлених завдань ми створили оптимізовану схему етапів оцінки природно-техногенного впливу в гідроекосистемі, що адаптується як до компонентів середовища, так і до явищ та діяльності

всередині системи. Система повинна включати необхідні дані та схеми для ефективного визначення та прогнозування природно-техногенного впливу. Таким чином, процес оцінки впливу відбувається за конкретним алгоритмом, дотримуючись якого без зайвих кроків можна прийти до логічного вирішення проблеми чи прийняття заходів для її локалізації. Запропонована схема дозволяє визначити проблематику та відомства, які можуть формувати необхідні заходи.

Проте слабка матеріально-технічна база, відсутність ефективної системи забезпечення якості моніторингу, низький рівень інформаційного менеджменту та обміну даними, а також невідповідний рівень обробки даних значно ускладнює функціонування системи моніторингу та її вдосконалення.

Для вдосконалення системи моніторингу, яка включатиме всі необхідні для ефективного прогнозування природно-техногенного впливу дані та схеми, було запропоновано кілька основних рішень. У межах даного дослідження проведено аналіз кліматичних змін, їх кореляцію з параметрами поверхневих водних об'єктів та згруповано основні категорії наслідків таких змін. Таким чином, при виборі об'єкту моніторингу повинна враховуватися тенденція розвитку кліматичних явищ, притаманних досліджуваній території.

Внаслідок таких змін кліматичних факторів змінюються і гідрологічні параметри, які є одними з основних досліджуваних величин природно-техногенного впливу зі сторони кількісних показників. Прогноз кліматичних змін відіграє важливу роль під час формування заходів, які розробляються для запобігання та подолання наслідків природно-техногенних впливів різної етіології.

Наступним, раніше не досліджуваним з точки зору басейнового підходу фактором, що впливає на визначення природно-техногенної небезпеки є зволоження території басейну. Основну роль у формуванні стоку відіграють опади; частину рідких опадів поглинає територія суші, решта потрапляє до водотоку. Проте важливим є не лише фактор кількості поглинутих вод, а й

фактор якісного їх показника. Лісовий покрив здатен увібрати вагому частину дощових вод, до того ж під час випадання кислотних опадів, його якісний стан може суттєво погіршитись, що призведе до деградації рослинного покриву та завдасть значної шкоди гідроекосистемі. Порушення лісового покриву прибережної території гірських річок може завдати значної шкоди населенню, адже території протікання гірських річок є особливо паводконебезпечними зонами. Таким чином, під час визначення ризику утворення паводкових явищ важливим аспектом для довгострокових досліджень є дослідження зволоження території водозбору та контроль стану кислотності дощових вод. Розширення контрольованих параметрів дозволить уникнути ряду небезпек та непередбачуваних ситуацій та, дозволить суттєво підвищити достовірність прогнозу висоти паводку. Такі заходи дадуть можливість вчасно вжити заходів для попередження та уникнення певних наслідків стихії.

Розглядаючи гідроекологічну небезпеку як ризик, який може виникнути при сукупності природно-техногенних чинників, варто звернути увагу на необхідність комплексного підходу [64]. Адже загроза, яку несе паводок, полягає не лише у кількості води, яка проходить певною територією та завдає матеріальних збитків, а й у впливі паводку на якісний стан водного об'єкту. Для комплексності підходу оцінки природно-техногенного впливу необхідно розглянути всі аспекти надзвичайної ситуації, що досліджується. Аналіз небезпеки та імовірності виникнення надзвичайних ситуацій включає такі основні етапи: постановка завдання аналізу небезпеки та оцінки впливу; аналіз небезпеки та умов виникнення природно-техногенних небезпек; оцінка (ймовірності) виникнення надзвичайних ситуацій; аналіз умов і оцінка ймовірності розвитку надзвичайних ситуацій; визначення масштабів наслідків; оцінка ймовірності наслідків надзвичайних ситуацій; оцінка прийнятності природно-техногенного впливу та прийняття рішень щодо зменшення впливу [65].

Завданнями дослідження природно-техногенного впливу є встановлення рівня ризику та управління ризиком шляхом зіставлення його рівня з прийнятним та вибір рішень щодо його зниження.

Першочерговим питанням є визначення загрози для людини, для цього необхідно виділити місця проживання, підприємства й організації, що потрапляють у зону ураження. З урахуванням особливостей географічного розташування, рельєфу і кліматичних умов місцевості тощо місцеві ради можуть встановлювати прийнятний вплив для інших об'єктів, яким загрожує вплив (крім людини). Слід розглядати також й інші об'єкти, які перебувають під загрозою впливу, це соціально важливі об'єкти, елементи екосистеми, майно юридичних і фізичних осіб [66; 67].

Як соціально важливі об'єкти слід розглядати місця великого скупчення людей (стадіони, кінотеатри, лікарні тощо); природоохоронні об'єкти (заповідники, парки тощо); зони відпочинку (рекреаційні зони); об'єкти культури (музеї, палаци, пам'ятники архітектури тощо); об'єкти життєзабезпечення (станції водопідготовки, об'єкти енергопостачання, об'єкти комунального господарства, транспортні магістралі тощо); місця розташування органів місцевого самоврядування, державної адміністрації й інших органів управління життєдіяльністю.

Як елементи екосистеми, де можливий негативний вплив, слід розглядати: флору і фауну; водне середовище (ріки, водойми, морська акваторія); ґрунтовий, включаючи ґрунтові води; інші об'єкти впливу.

Як майно юридичних і фізичних осіб можуть розглядатися житлові та господарські будівлі; транспортні засоби; дачні та садові ділянки; кладовища; будівлі, споруди та устаткування підприємств; майно промислових підприємств, організацій та установ; орні землі, домашня худоба й інші сільськогосподарські об'єкти; сировина та продукти виробництва, зокрема посіви та врожай; інше рухоме та нерухоме майно [68].

Крім цього, необхідно виділити інші об'єкти, що потрапляють у зону небезпечного впливу аварії. Сьогодні існує декілька методів визначення ризику: статистичний, ймовірнісний, експертний [69]. Використання статистичних моделей для прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій вимагає обробки великого обсягу інформації. Ймовірнісний метод не дозволяє дати об'єктивну оцінку наслідків порівняно рідкісних надзвичайних ситуацій, ризик для населення від яких визначається математичним очікуванням наслідків за певний час після їх виникнення. Експертний метод досить складно застосувати для оцінки безпеки окремого об'єкту.

Тому, окрім цих методів оцінки ризику, слід звернути увагу на індексний метод, який має ряд переваг порівняно з перерахованими методами. Використання індексного підходу дозволяє оцінювати внесок того чи іншого фактору в небезпечний вплив на навколишнє середовище в цілому чи за окремими компонентами природного навколишнього середовища. Сьогодні оцінка впливу певних ризиків здійснюється за індексами щодо кожного компонента навколишнього середовища. Необхідним є встановлення зв'язку показників із рівнем екологічного ризику, який формується [70].

Автором [71] було проведено аналіз та систематизація існуючих методів оцінювання ступеня екологічної небезпеки. Таким чином у роботі [72] детально проаналізовано конкретні чинники (хімічні, фізичні, біологічні та трансформації ландшафтів) техногенної небезпеки регіону. Введено індекс техногенної небезпеки (Т). Зважаючи на брак деяких даних (значень коефіцієнтів приведення, не встановлених ГДК для деяких речовин, локальні особливості територій, тощо), автор запропонував вираховувати Т за такою загальною формулою:

$$T_x = K_T K_p (K_r \sum_i K_i M_{ia} + K_b \sum L_i M_{ic} + K_v K_z \sum N_i M_{io}) \quad (2.1)$$

де K_p – коефіцієнт, що залежить від кількості осіб, які потрапляють під вплив техногенних чинників; K_i – басейновий коефіцієнт, який враховує

особливості територій та еколого-економічні умови функціонування водойми; L_i , N_i – показники, що враховують вплив на людину та навколишнє середовище одиниці маси i -того шкідливого компонента відповідно. Основними факторами, що впливають на екологічну безпеку об'єкта (підприємства, регіону) вважаються: кількість шкідливих компонентів у викидних газах, що надходять до атмосфери, об'єми забруднених стічних вод, що містять шкідливі компоненти з концентрацією більше допустимих і забруднюють гідросферу, і тверді відходи (золашлаки, полімерна тара, шлами). Автор [73] пропонує оцінювати ступінь екологічної небезпеки шляхом розроблення теоретико-експериментального обґрунтування прогнозних стохастичних закономірностей зміни векторного поля концентрацій забруднювальних речовин, що викидаються точковим джерелом. У праці [74] запропоновано методи вирішення завдань оцінки якості поверхневих вод та вдосконалення системи їх моніторингу. У дослідженнях [75] пропонується методика визначення кількісного впливу основних чинників на загальну величину інтегрального показника екологічної безпеки об'єкта (ШЕБО), який дає змогу кількісно оцінити екологічний стан об'єкта та його вплив на регіональну екологічну безпеку. Такий показник змінюється в часі та залежить від ступеня впровадження природоохоронних заходів на окремих об'єктах чи територіях, природних і техногенних факторів. Це дозволяє порівнювати об'єкти за рівнем їх екологічної безпеки. Вплив вищевказаних чинників пропонується кількісно оцінити за 100 бальною шкалою, а кількість балів на окремий чинник залежатиме від обсягів забруднень, що надходять до довкілля. Значення ШЕБО об'єкта пропонується визначати за такою формулою:

$$ШЕБО = \left[\frac{K_a + K_s + K_{ш} + K_p}{K_{п}} - \frac{K_z}{K_{п}} \right] \times 100 \quad (2.2)$$

де K_a , K_b , $K_{ш}$, K_p – коефіцієнти забруднення (атмосфери, гідросфери, техносфери та внесок ризиків), які визначаються як $K_i = M_i/L_i$, де M_i – кількість забруднювальних речовин, т/рік; L_i – ліміт забруднювальних речовин, т/рік; а $K_3 = E_3/ТП$ коефіцієнт екологічних затрат; ТП – вартість товарної продукції, тис. грн/рік; E_3 – загальні витрати на природоохоронні заходи, тис. грн/рік. Крім цього, визначають коефіцієнт забруднення загальної площі: $K_{П} = П_0/П_c$, де $П_0$ – площа території об’єкта, $П_c$ – загальна площа об’єкта із санітарно-захисною зоною, га. Внаслідок розрахунку тотожних показників одержують коефіцієнти забруднення (K_i), які підсумовують, що дає змогу розрахувати загальний показник забруднення довкілля від різних чинників. Еколого-гігієнічну діагностику умов відтворення водних ресурсів, водотоків або водойм автори [76] пропонують проводити шляхом визначення рівнів порушення умов відтворення водних ресурсів за екологічними та гігієнічними показниками з подальшим узагальненням оцінок за окремими блоками, що включають органолептичні, токсикологічні та мікробіологічні показники, з подальшим проведенням узагальненої оцінки з визначенням інтегральних значень. Автор [21] для оцінки стану поверхневих вод пропонує розраховувати комплексний індекс потенціалу якості (КПЯ). У ньому враховуються коефіцієнти запасу органолептичних, фізичних, хімічних, біологічних, токсикологічних та ін. показників (відносна величина резервної потужності), які є перевищенням допустимих значень над фактичними, та коефіцієнти дефіциту запасу показників (відносна величина нестачі резерву), які розраховуються як перевищення допустимих концентрацій. Значна кількість дослідників пов’язує екологічну безпеку з поняттям «ризик». У монографії [77] автори розглядають основні види ризиків – індивідуальний, техногенний, екологічний, соціальний, економічний, а в [78] охарактеризовано методи оцінки ризиків, що ґрунтуються, в основному, на визначенні відмов обладнання та помилок операторів. Автори [79] вводять поняття «ризик-аналіз», яке використовують для природних чинників – стихійних лих, що

впливають на стан екологічної безпеки. У публікації [80] досліджено основні причини, що створюють ризики – природні або техногенні катастрофи, промислове виробництво і життєдіяльність людини тощо, які впливають на стан екологічної безпеки. Процеси корозії технологічних апаратів, трубопроводів, конструкцій, що призводять до техногенних аварій, створюють технічний ризик [81; 71].

Також однією з основних характеристик гідрологічного режиму річок є рівні води. При передбаченні стану водних об'єктів прогнозна продукція має високу інформативність, коли рівні води подаються в зіставленні до їхніх багаторічних значень в ті чи інші сезони року – середніх, максимальних, мінімальних або певної ймовірності перевищення. У той же час нерідко існують відмінності в однорідності багаторічних послідовностей витрат і рівнів води. Якщо стокові дані у переважній більшості доречно розглядати як однорідні послідовності (за винятком зарегульованих річок), то по відношенню до рівнів води такий підхід не завжди виправданий внаслідок змін в умовах переміщення водних мас. Ці зміни пов'язані з процесами руслових деформацій або внаслідок побудови споруд для захисту прирічкових територій від затоплення чи випрямлення русел [82; 83; 8; 84].

Для кожного об'єкта аналізу оцінюється можливість впливу зовнішніх факторів, виходячи з особливостей місця його розташування. Зовнішні впливи та їх імовірність не залежать від умов функціонування об'єкта. Тому визначається достатність заходів для забезпечення стійкості об'єкта до зовнішніх впливів і зменшення негативних наслідків. Кількісна оцінка ризику при цьому не виконується. Складається перелік можливих зовнішніх впливів. Визначення масштабів наслідків природно-техногенних небезпек включає аналіз можливих впливів на людей, майно і довкілля. Для оцінки можливих наслідків і наступної оцінки ризику необхідно моделювати надзвичайні ситуації для кожного можливого її результату, визначеного під час виконання аналізу розвитку ситуацій. Усі припущення під час оцінки масштабів, у

випадку виникнення невизначеностей у процесі оцінки ризику, повинні орієнтуватися на найгірші наслідки: якщо виникає невизначеність у можливих значеннях параметрів процесу, то для визначення умов виникнення надзвичайних ситуацій приймаються найгірші з можливих; щодо ймовірності погодних і кліматичних умов, то для оцінок ризику повинні вибиратися найбільш несприятливі; у разі здійснення статистичних оцінок вибирається найнесприятливіше відхилення від середньостатистичного значення при довірчій ймовірності, що дорівнює більше 0,95; якщо є інші невизначеності, то приймаються інші найгірші припущення, за яких можливі найгірші наслідки з найбільшою ймовірністю. Для моделювання надзвичайних ситуацій, аналізу небезпеки й оцінки ризику рекомендується застосовувати комп'ютерні програми та програмні засоби [85]. Методи розрахунку й оцінок небезпек, наслідків і ризику, що застосовуються в комп'ютерних програмах і програмних засобах, повинні бути обґрунтовані відповідно до вимог обраної для розгляду методики.

Встановлено, що виникнення руйнівних паводків і повеней у досліджуваному регіоні зумовлено рядом природних та антропогенних чинників (рис. 2.2), основним серед яких є надмірна кількість атмосферних опадів (до 100–300 мм за добу) на фоні попередніх паводків, мерзлих ґрунтів, бурхливого сніготанення, вирубок лісів, відбирання піщано-гравійної суміші тощо. До інших вагомих природних чинників віднесено значну крутизну схилів, низьку водопроникність високогірних субальпійських луків (полонин), стан рослинного та ґрунтового покриву. Серед техногенних чинників домінантними є слабка зарегульованість стоку, брак протипаводкових водосховищ, недосконала лісогосподарська діяльність, надмірна розораність, безсистемна забудова, захаращеність русел деревиною, засміченість тощо.

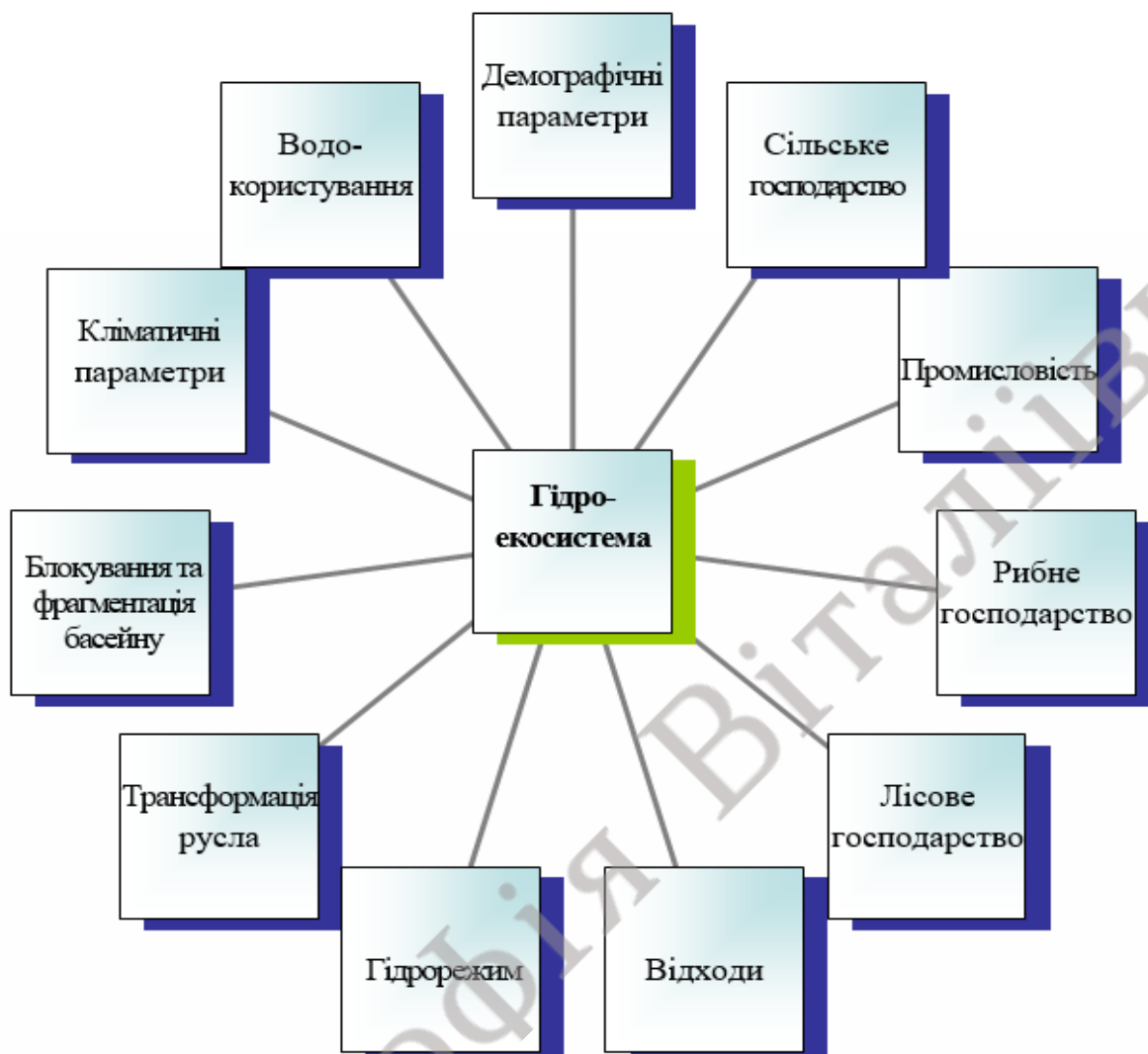


Рис. 2.2. Систематизація впливів на гідроекосистему верхньої течії Дністра

Проте порушення стану гідроекосистеми та виведення її зі стану гомеостазу може бути спричинено не лише руйнівними повенями та паводками.

Отже, дослідження природно-техногенних впливів, пов'язаних із водозабезпеченням, потребують подальшого розвитку, вдосконалення та розгляду можливостей прогнозування. Застосування комп'ютерних технологій значно полегшить управління у сфері екології та розширить можливості екологічного аудиту території.

Поняття екологічного ризику дозволяє дати кількісний опис екологічних небезпек для широкого класу явищ і процесів. Саме кількісний опис і становить

інтерес для прогнозування природно-техногенного впливу. Отже, простежуються конкретні залежності та тенденції, які дають підстави для вдосконалення та поглиблення можливостей комплексного прогнозування природно-техногенного впливу, враховуючи не лише кількісний, але й якісний показник впливу. Адже при виникненні повеневих та паводкових явищ ми отримуємо не лише зовнішню шкоду, якої завдає руйнівна сила води, а й погіршення якісних показників. А беручи до уваги те, що значна частина населення Карпатського регіону для водоспоживання використовує поверхневі води, це теж передбачає додаткові ризики водоспоживання, які безпосередньо залежать від гідрологічних явищ. Це ще раз підводить нас до того, що до питання природно-техногенного впливу потрібно підходити як до комплексного показника. Запропонований алгоритм дозволяє спростити підхід до вирішення проблеми природно-техногенного впливу. Використовуючи схему етапів оцінки впливу в гідроекосистемі можна суттєво скоротити період між визначенням впливу та заходами щодо його ліквідації чи локалізації. На сьогоднішній день поняття природно-техногенного впливу трапляється досить часто, проте, як правило, використовується як один із компонентів іншого показника, наприклад, геологічного, радіологічного, ризику виникнення аварій чи будь-якого іншого ризику. Проте доречним може бути врахування природно-техногенного впливу не як одного із показників, а як самостійного, що дасть змогу оцінити загрози, які можуть виникнути, та наслідки, які вони можуть нести.

Створення просторових динамічних моделей з врахуванням всіх факторів впливу спростить вибір та удосконалення руслорегулюючих та протипаводкових заходів. Застосування комп'ютерних технологій значно полегшить управління у сфері екології та розширить можливості екологічного аудиту території [86].

Таким чином, нами сформовано методологічну схему етапів оцінки впливу на гідроекосистему (Рис.2.3). Дана схема передбачає покрокове

дослідження гідроекосистеми та впливів які формують виникнення ризику водозабезпечення. З врахуванням можливих впливів (Рис. 2.2) проводиться визначення стану гідроекосистеми та аналіз умов при яких він буде порушений. На наступному етапі проводиться оцінка виникнення порушень та прогноз подальшої зміни стану гідроекосистеми.



Рис. 2.3. Методологічна схема етапів оцінки впливу на гідроекосистему

Виконання таких етапів забезпечує вибір ефективних моніторингових досліджень, удосконалює процес прийняття управлінських та технічних рішень та дозволяє спроектувати оптимальну мережу моніторингу.

2.2 Вплив засушливих періодів на водність річок і підземних водних горизонтів на Прикарпатті

Поверхневі водні ресурси, що формуються в межах Івано-Франківської області в середній по водності рік становлять 4544,4 млн м³, на рік 75 %

забезпеченості – 3317,6 млн м³ і в рік 95% забезпеченості – 2182,3 млн м³. Сумарні водні запаси (з водами сусідніх областей) становлять відповідно 9050,8 млн м³, 6562,6 млн м³, 4299,3 млн м³. Використовується для потреб населення і виробництва 80–90 млн м³ [87].

Прогнозні запаси підземних вод в області становлять 720 млн м³ на рік, а затверджений ДКЗ – 100 млн м³ на рік. В області нараховується 22 родовища прісних підземних вод, які занесені до Державного балансу запасів корисних копалин України, з них 9 питного призначення, а саме, Шевченківське (поблизу м. Тлумач), Городенківське, Підмихайлівське (Калуський район), Коломийське, Надвірнянське, Снятинське, Черніївське (Тисменицький район), Воронівське (Рогатинський район). Використовується для потреб населення і виробництва 6–7 % [87].

Попри те, що регіон є багатим на водні ресурси, останнім часом ситуацію із питною водою деколи можна назвати критичною, у зв'язку зі змілінням рік та пересиханням криниць. Величина опадів залежить від активності Сонця і змінюється через кожні одинадцять років. За статистичними даними від 2010 року не зафіксовано жодного паводку державного значення. Рівень води у відкритих водоймах знизився на півтора-два метри, а деякі притоки (3–4 порядків) пересохли [88]. Річковий стік формується залежно від кількості опадів, відповідно, за відсутності дощу починають пересихати найменші притоки, а в більших річках вода доходить до меженого рівня. Неглибокі криниці порожніють, глибокі міліють. Отже, розподіл кількості атмосферних опадів має свої особливості, відрізняється за мінімальними показниками, за амплітудою коливань, за зміною у межах календарних сезонів [88].

За даними Івано-Франківського гідрометцентру по п'ятьох метеостанціях, що перебувають у підпорядкуванні Івано-Франківського ЦГМ (Авіаційна метеорологічна станція цивільна, Метеостанція Долина, Сніголавинна станція Пожижевська, Метеостанція Коломия, Карпатська

Селестокова станція), за період з 2011 по 2015 рік зменшилася середньорічна кількість опадів до 10 %. Середньорічна температура повітря за ці ж роки теж збільшилася від 0,9 до 1,4 °С, а в 2016 році – на 2,7 °С (табл. 2.1, 2.2).

Таблиця 2.1

Середньорічна кількість опадів за період 2011-2016 рр. (по п'ятьох метеостанціях Івано-Франківського ЦГМ) (Додаток А)

Рік	Кліматична норма опадів за базовий період 1981-2010 рр., мм	Середня сума опадів за даними п'ятьох метеостанцій, мм	Різниця між середньорічними опадами та опадами за базовий період, мм	Відсоток від середньорічної кількості опадів за базовий період, %
2011	932,6	772,6	160 ↓	83
2012		843,6	89 ↓	90
2013		876,0	56,6 ↓	94
2014		937,2	4,6 ↑	100
2015		844,2	88,4 ↓	91
2016 по 10.09.16р.		663,6	269 ↓	71

Таблиця 2.2

Середня річна температура повітря за період 2011-2016 рр. (по п'ятьох метеостанціях Івано-Франківського ЦГМ) (Додаток А)

Рік	Кліматична норма температури за базовий період 1981-2010 рр., мм	Середня річна температура повітря за даними п'ятьох метеостанцій, мм	Різниця між середньорічною температурою повітря та температурою за базовий період, °С
2011	+6,8	+7,7	0,9↑
2012		+7,4	0,6↑
2013		+7,7	0,9↑
2014		+8,2	1,4↑
2015		+8,5	1,7↑
2016 (по 31.08.16р.)		+9,5	2,7↑

Таким чином, зараз триває маловодний період, який наближається до піку посушливості, що продовжуватиметься ще кілька років, а наступні одинадцять років будуть повноводними. За цей час оптимальний баланс зазвичай встигає відновитись. У даних широтах посуху спричиняє брак опадів у літній період і відсутність снігу взимку. Коли сніг тоне, то збагачуються запаси підземних вод, якщо ж взимку опадів практично немає, то відповідно верхні водоносні горизонти нагромаджують недостатню кількість води. Оскільки зміни клімату невідворотні, виходом може бути цивілізований підхід до забезпечення водою населених пунктів. Це передбачає, зокрема, перехід сіл на централізоване водопостачання, відновлення й облаштування джерел і витоків річок, інвентаризацію наявних артезіанських свердловин [89].

Аналіз середнього арифметичного відхилення показника сумарних річних опадів від норми середньобогаторічного значення за період 2011–2015 рр. (табл. 2.1), за даними п'яти метеостанцій, що перебувають у підпорядкуванні Івано-Франківського ЦГМ, демонструє його зменшення $\downarrow 77,8$ мм.

При цьому аналіз середнього арифметичного відхилення показника сумарних річних опадів від за період 1981–2016 рр. (рис. 2.4), за даними по м. Івано-Франківськ, демонструє протилежний показник – збільшення відхилення кількості опадів, становлячи $\uparrow 14,09$ мм.

Таким чином, можна підтвердити явище перерозподілу кількості опадів, із збільшенням амплітуди відхилень та тривалістю екстремальних періодів, що є наслідком глобальних кліматичних змін.

Аналіз середнього арифметичного відхилення температури за період 2011-2015 рр. (табл. 2.2), за даними п'яти метеостанцій, що перебувають у підпорядкуванні Івано-Франківського ЦГМ, демонструє його підвищення $\uparrow 1,1$ °C.

Аналіз середнього арифметичного відхилення температури за період 1981-2016 рр. (рис. 2.5), за даними по м. Івано-Франківську, демонструє, збільшення відхилення $\uparrow 0,17\text{ }^{\circ}\text{C}$.

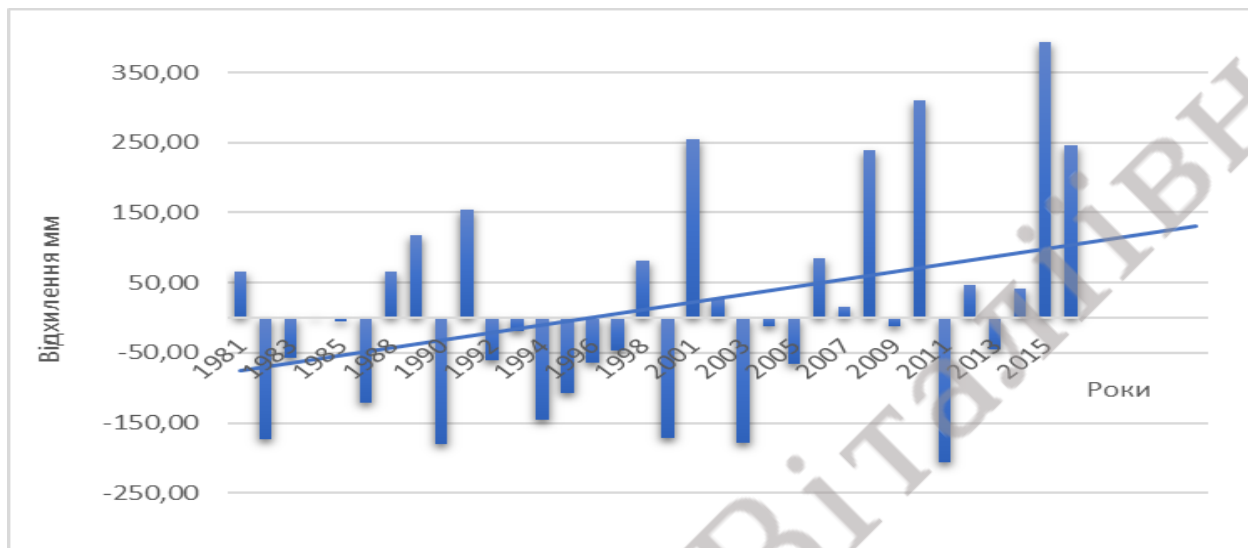


Рис. 2.4 Середнє арифметичне відхилення показника сумарних річних опадів від норми за період 1981-2016 рр. по м. Івано-Франківськ

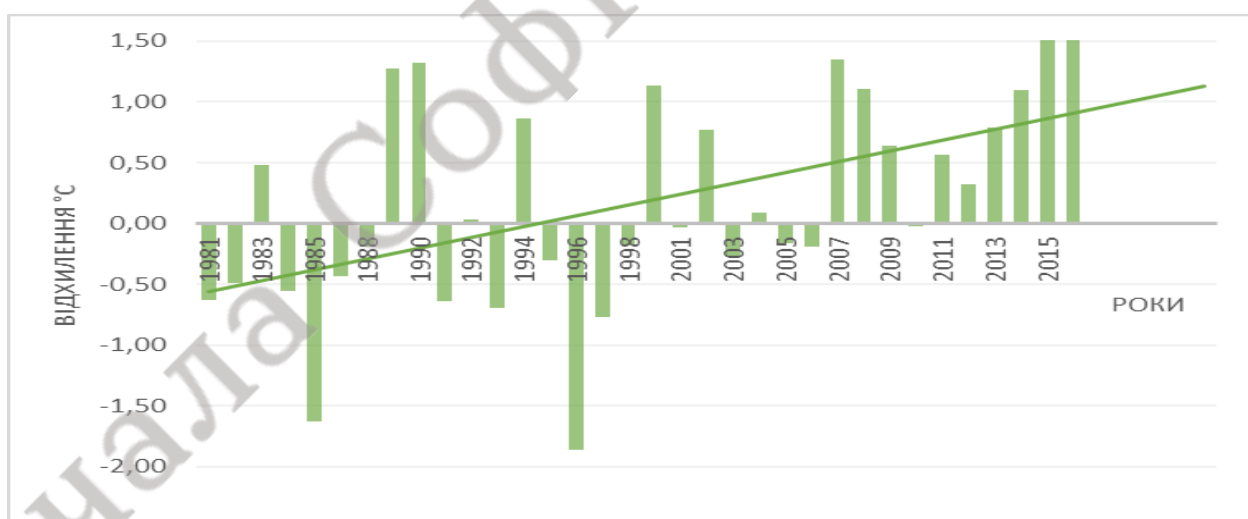


Рис. 2.5. Відхилення сумарної середньорічної температури від норми середньобаторічного значення по м. Івано-Франківськ

Таким чином, спостерігається зростання температури, що підтверджує досліджувані тенденції потепління, як наслідок впливу глобальних кліматичних змін.

2.3 Прогноз гідрологічних параметрів водних об'єктів методом сингулярного спектрального аналізу

Посезонні графіки коливання температурних значень по території, на якій у 2012 році був створений Дністровський протипаводковий полігон, за період з 1981 по 2016 демонструють незначну тенденцію до їх підвищення, що може вважатись підставою для подальшого вивчення цього питання, оскільки період дослідження становить більш ніж три десятиліття та є підтвердженням загальної тенденції глобальної зміни клімату (рис. 2.6, 2.7).

Досліджуючи динаміку зміни температури повітря, ми провели аналіз статистичних змін з 1981 по 2014 роки. Підґрунтям для вибору саме чотирирічних циклів стала наявність високосних років у періоді дослідження. Таким чином, кожен умовний чотирирічний етап включає в себе повний цикл зміни років і містить однакову кількість днів. Таким чином, для підвищення наочності ми розділили середньорічні ряди даних на середні чотирирічні значення та представили у формі графіка багаторічних спостережень. Спостерігаємо тенденцію зміни температурних показників у бік їх підвищення і спираючись на прогнозну частину тренду, можемо констатувати подальший рівень зростання температури. Таким чином, аналітичні криві демонструють подальше загострення погодних аномалій та підтверджують прогнозовані зміни клімату на досліджуваній території.

Різні гідрометеорологічні явища мають різноманітну спрямованість, проте домінантною в останні роки є позитивна тенденція на фоні глобального потепління, за якого збільшилась кількість стихійних метеорологічних явищ, кількість в середньому збільшується майже на 4 випадки за рік, про це свідчать проведені дослідження [90]. Таке збільшення кількості несприятливих метеорологічних явищ зумовлено глобальними змінами великомасштабної циркуляції атмосфери, баричні центри якої активно проявляється над

територією України. Зміна циркуляції атмосфери над територією України і прилеглих регіонів спричинена деяким зміщенням баричних центрів на схід.

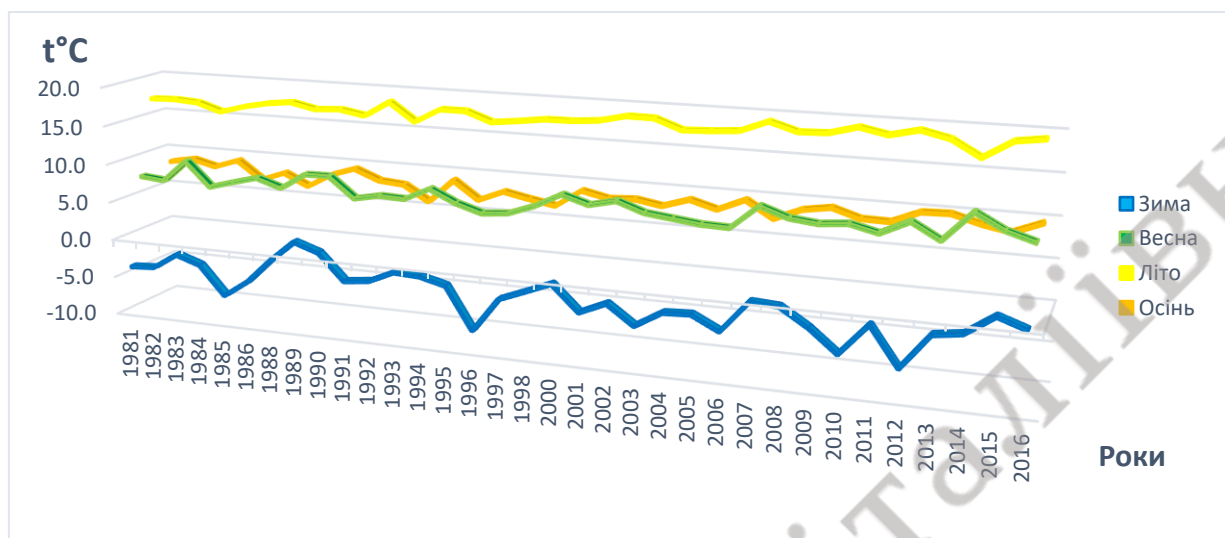


Рис. 2.6. Посезонний графік коливання температури повітря 1981-2016 рр. (Дністровський протипаводковий полігон)

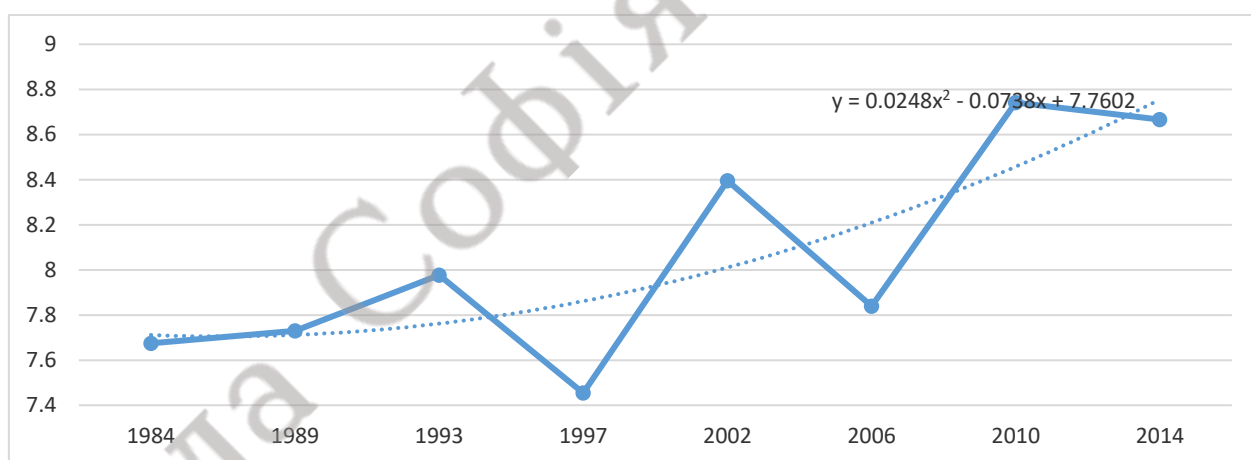


Рис. 2.7. Динаміка середніх чотирирічних значень температури повітря за період 1984-2014 рр. (Дністровський протипаводковий полігон)

Атмосферний тиск із висотою знижується, оскільки з висотою зменшується густина повітря. Відстань у метрах, на яку необхідно піднятися або опуститися, щоб атмосферний тиск змінився на 1 гПа, називається баричним ступенем. Баричний ступінь збільшується з висотою у зв'язку зі зменшенням густини повітря. Крім того, величина баричного ступеня залежить від

температури. З підвищенням температури на 1°C вона збільшується на 0,4 %. У теплому повітрі баричний ступінь більший, ніж у холодному. Через те теплі області атмосфери у високих шарах мають вищий тиск, ніж холодні [91].

Оскільки величина баричного ступеня прямо пропорційна температурі та обернено пропорційна атмосферному тиску, у теплому повітрі баричний ступінь більший, ніж у холодному. Тому теплі області у високих шарах атмосфери стають областями високого тиску, а холодні – областями низького тиску. Так в Європі середній тиск на рівні моря 1014 гПа, на висоті 5 км – 538 гПа, 10 км – 262 гПа, 15 км – 120 гПа, 20 км – 56 гПа, 30 км – 10 гПа, 50 км – 1,3 гПа. На висоті 5 км тиск майже вдвічі нижчий, ніж на рівні моря, на 15 км – майже у 8 разів, а на висоті 20 км – у 18 разів нижчий, ніж на рівні моря [91]. Тиск повітря на земну поверхню є однією з найважливіших характеристик стану атмосфери, і його розподіл тісно пов'язаний з температурою. Ним визначається швидкість і напрям вітру, утворення хмар і опадів.

Для підтвердження позитивної динаміки температури повітря, як загальної закономірності, зумовленої особливостями зміни клімату, ми визначили закономірності зміни баричної температури (рис. 2.8–2.12).

Одержані графіки демонструють підвищення температури на різних баричних висотах, чим підтверджують актуальне на сьогодні дослідження кліматичних змін та потребу вивчення проблеми гідрометеорологічного ризику, імовірність впливу якого на людство значно підвищується внаслідок глобальних змін клімату [90; 92].

Світовий досвід показує, що для оптимізації дослідження залежності між кількісними показниками водою та кліматичними змінами необхідно створювати регіональні мережі спостереження. Карпатський регіон в цілому перебуває під постійним спостереженням. Тут проводять контроль якості води, спостереження за водним режимом рік, а також контролюють кліматичні показники. Ця інформація формує базу основних гідрокліматичних характеристик регіону для прогнозних тенденцій.

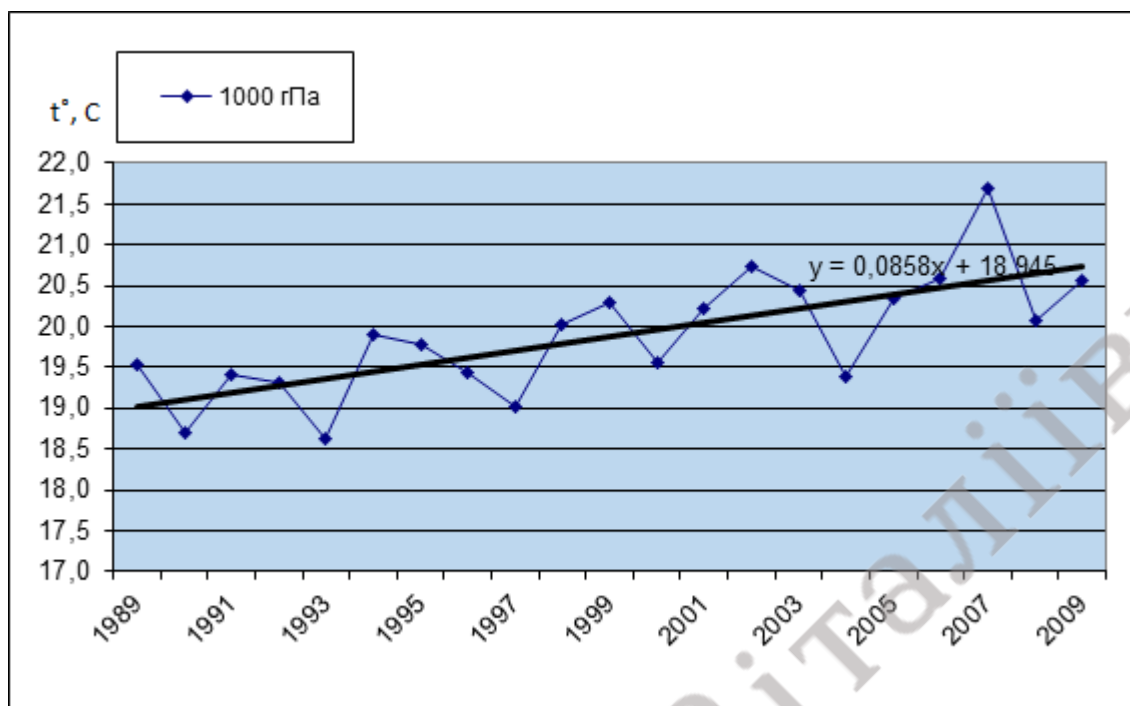


Рис. 2.8. Динаміка змін середньорічних температур на висоті 1000 гПа

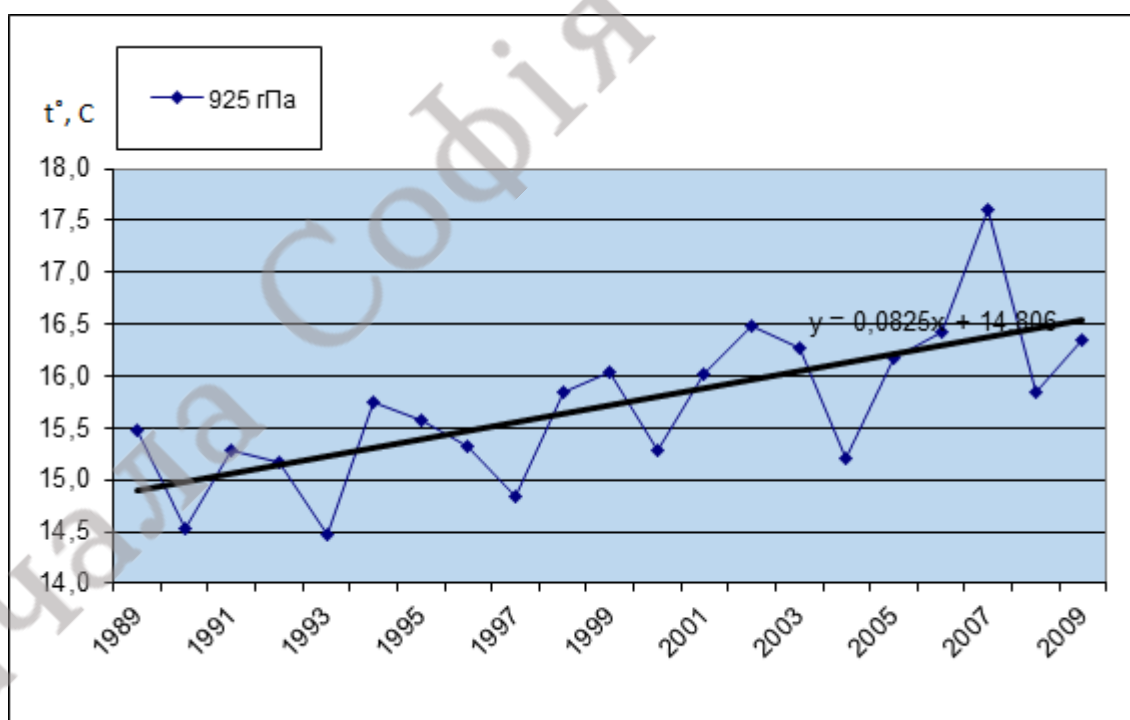


Рис. 2.9. Динаміка змін середньорічних температур на висоті 925 гПа

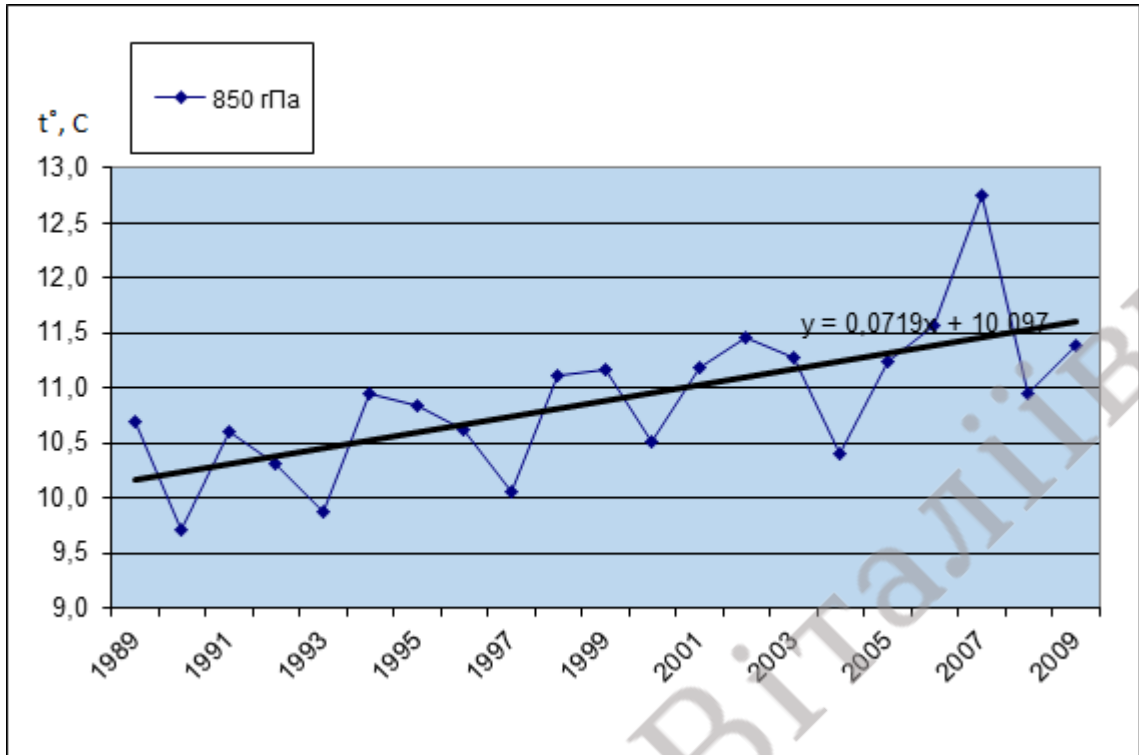


Рис. 2.10. Динаміка змін середньорічних температур на висоті 850 гПа

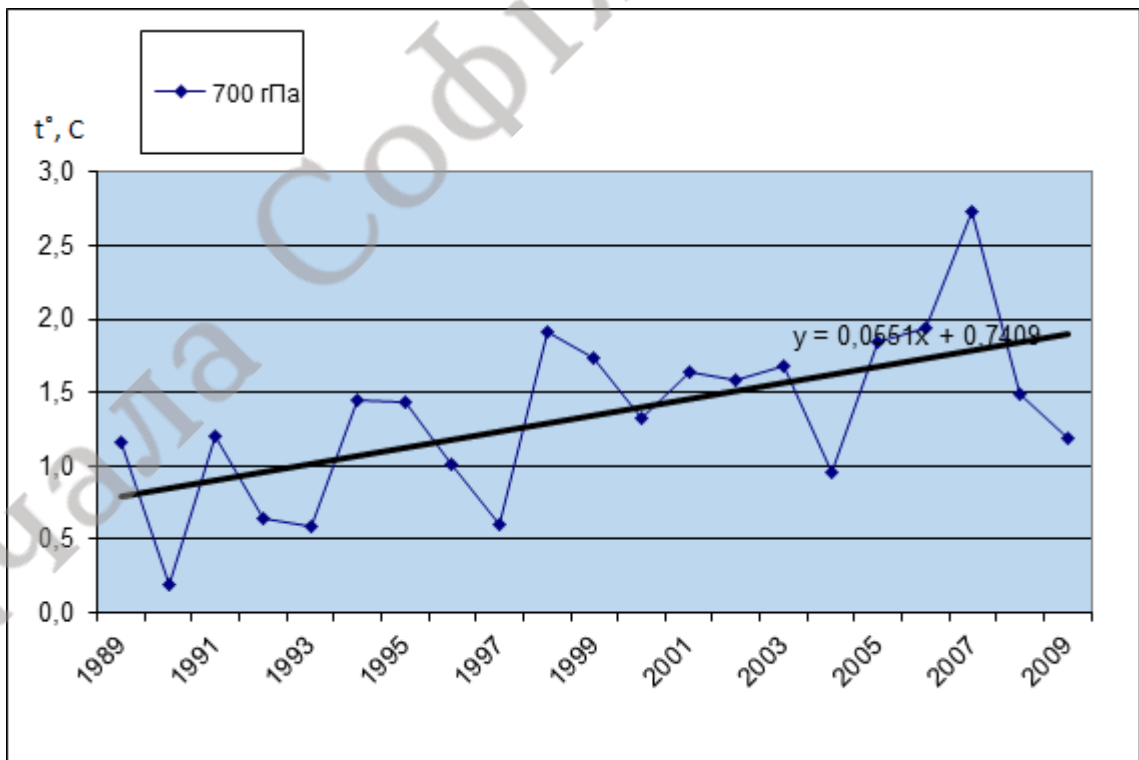


Рис. 2.11. Динаміка змін середньорічних температур на висоті 700 гПа

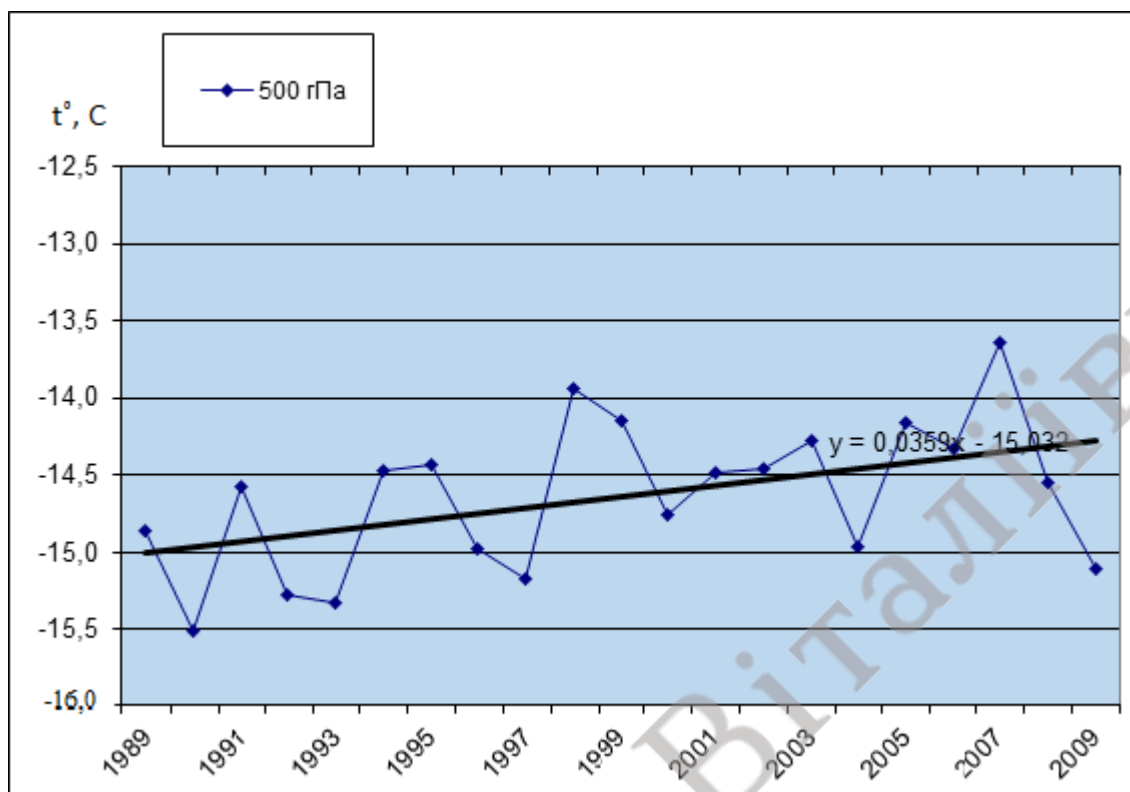


Рис. 2.12. Динаміка змін середньорічних температур на висоті 500 гПа

Питання кліматичних змін так гостро постало лише в останні десятиліття. Здавалось би, при наявності постів регулярних спостережень за основними показниками, які дають змогу розглянути залежності кліматичних показників, кількісних і якісних параметрів водойм, оцінити залежності можна було б одразу, лише сформувавши демонстраційні криві та прослідкувавши динаміку і тенденцію змін. Але на етапі зіставлення даних виникають нові труднощі. За час спостережень через ті чи інші умови місце розташування створів, на яких велися спостереження за гідрологічними характеристиками водойм регіону, часто змінювались. Якість води вимірювалась в одних створах, гідрологічні параметри – в других, метеокліматичні величини – в третіх. Тривалість рядів спостережень сильно різниться. У зв'язку з цим виникають труднощі з порівнянням даних у кожному локальному басейні.

Для подолання цих труднощів, простеження динаміки та взаємозв'язку параметрів гідроекологічної небезпеки, різних факторів впливу, розширення

можливостей прогнозування паводкових явищ, у проведених дослідженнях був застосований метод сингулярного спектрального аналізу.

Методом сингулярного спектрального аналізу Singular spectrum analysis (SSA) було проаналізовано ряди даних та побудовано криві розвитку ситуації до 2028 року. Цей підхід ґрунтується на дослідженні тимчасового ряду методом головних компонент і не вимагає попередньої стабілізації ряду. SSA дозволяє досліджувати структуру часового ряду, виділяти деякі його складники та прогнозувати як сам ряд, так і тенденції розвитку його складових. Метод сингулярного спектрального аналізу – це метод аналізу часових рядів, заснований на перетворенні одновимірного часового ряду на багатовимірний ряд і подальшого застосування до отриманого ряду методу головних компонент. Спосіб перетворення одновимірного ряду в багатовимірний представляє собою «згортку» тимчасового в матрицю, що містить фрагменти тимчасового ряду, отримані з деяким зрушенням. Загальний вигляд процедури нагадує «гусеницю», тому сам метод нерідко так і називають – «Гусениця»: довжина фрагмента називається довжиною «гусениці», а величина зсуву одного фрагмента щодо іншого – кроком «гусениці».

Метод поєднує в собі елементи класичного аналізу часових рядів, багатовимірної статистики, багатовимірної геометрії, динамічних систем та обробки сигналів. До джерел походження SSA можна віднести Метод головних компонент і класичну теорему Карунена-Лоева для спектрального розкладання тимчасових рядів і цифрових зображень. Цей метод широко застосовують для сфери дослідження та прогнозування гідрологічних часових рядів [93; 94].

У межах дисертаційного дослідження за допомогою програмного продукту Caterpillar SSA 3.40 даний метод був апробований для верхньої частини басейну р. Дністер, модельної території Дністровського протипаводкового полігону, із замикаючим створом в м. Галич, який

характеризується найтривалішим періодом спостережень у регіоні. Збіг створів спостережень за кількісними і якісними показниками дає можливість проаналізувати дані та змодельовати залежності на локальному рівні [95].

Для аналізу зроблено вибірку рядів даних по створу р. Дністер – м. Галич, що охоплюють тривалий період часу та є основними характеристиками гідроекологічної небезпеки. Було проаналізовано кількість паводків з 1956 р. (рис. 2.13). Розроблено моделі прогнозного стану характеристик водного об'єкту та кліматичних факторів, які найточніше відображають кліматичні зміни (рис. 2.14–2.18). З метою синхронізації прогнозних рядів даних, для прогнозу кількості паводків державного значення ми опрацювали ряд даних, починаючи з 1972-го року. Проаналізувавши багаторічні гідрокліматичні спостереження, розробили базу даних та на її основі створили прогнозні криві, що стверджують прояви кліматичних змін в межах глобального потепління клімату, прогнозованого більшістю вчених-кліматологів.

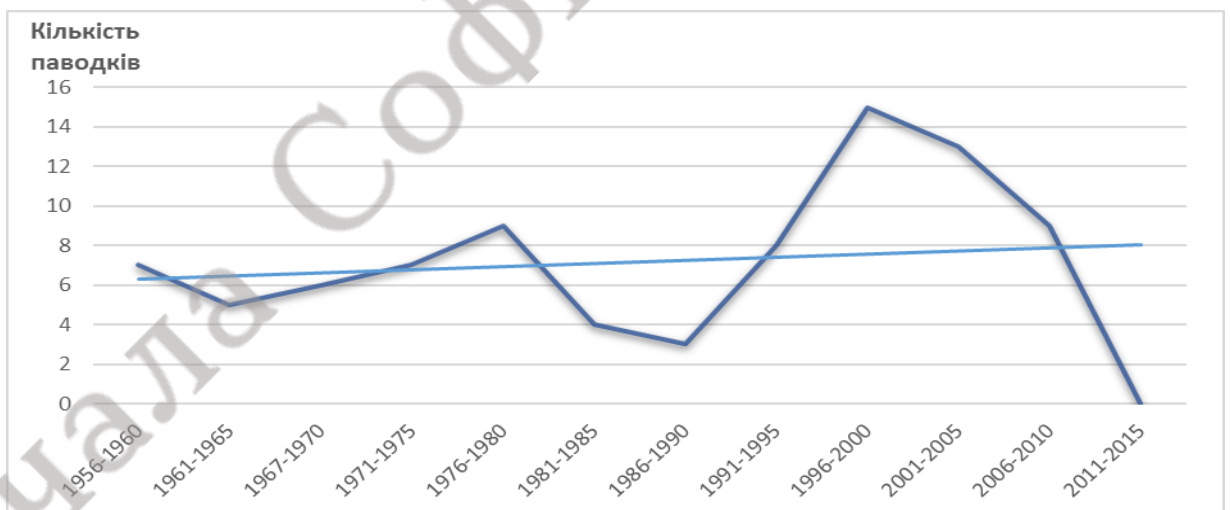


Рис. 2.13. Коливання кількості паводків державного значення з 1956 року

Опрацювавши ряд фактичного матеріалу, що стосується кількості паводків державного значення, які відбулись у верхній течії р. Дністер, за досліджуваний період, була створена кількісна прогнозна модель частоти паводкових явищ державного значення. Було використано метод

сингулярного спектрального аналізу, що дав можливість спрогнозувати ряд даних до 2028 року (рис. 2.14). Результати моделювання дозволяють стверджувати, що тенденція демонструє незначне збільшення кількості паводкових явищ, при цьому зберігається перемінне зростання, що в свою чергу підтверджує коливальний характер кліматичних змін.

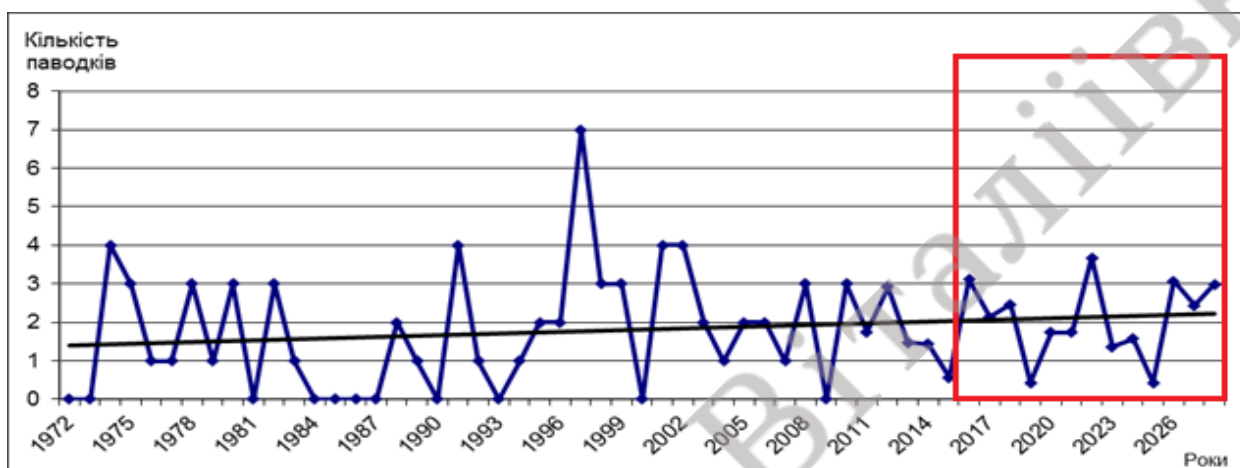


Рис. 2.14. Прогнозна модель кількості паводків державного значення до 2028 р. на основі спостережень 1982–2014 рр. в межах верхньої течії р.

Дністер

Дотримуючись того ж принципу, за допомогою методу сингулярного спектрального аналізу ми побудували прогнозну модель, яка описує зміну середньорічної витрати води в м³/с, за період спостережень та прогнозний період у створі в м. Галич р. Дністер до 2028 року (рис. 2.15).

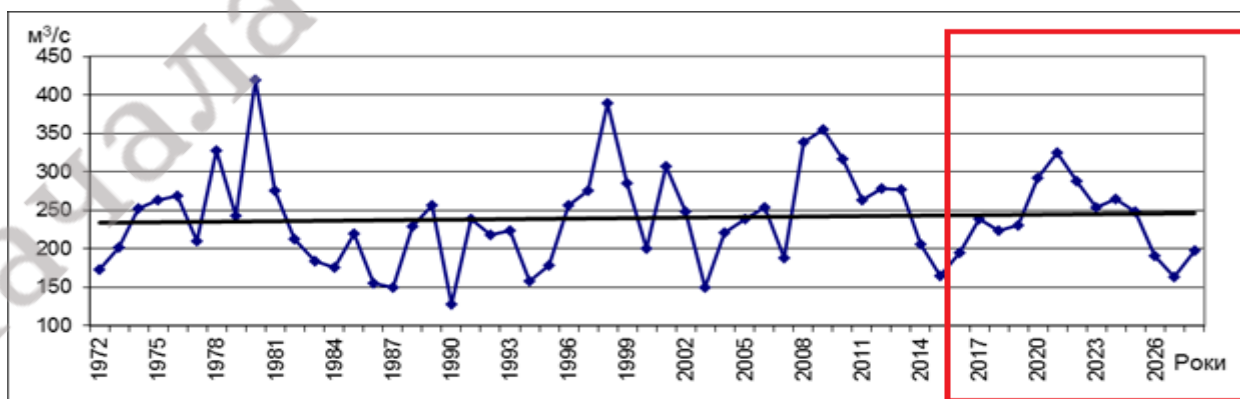


Рис. 2.15. Прогнозна модель динаміки середньорічної витрати води в м³/с до 2028 р., за даними гідрологічної станції за 1982–2014 рр. у створі р.

Дністер – м. Галич

На рисунку 2.16 зображено прогнозну модель, що відображає зміну дійсного та прогнозованого об'єму стоку в м³/рік протягом досліджуваного періоду до 2028р. Таким чином, можна спостерігати циклічність змін показників об'єму стоку та виділити скорочення часового розриву між їх максимальними значеннями.

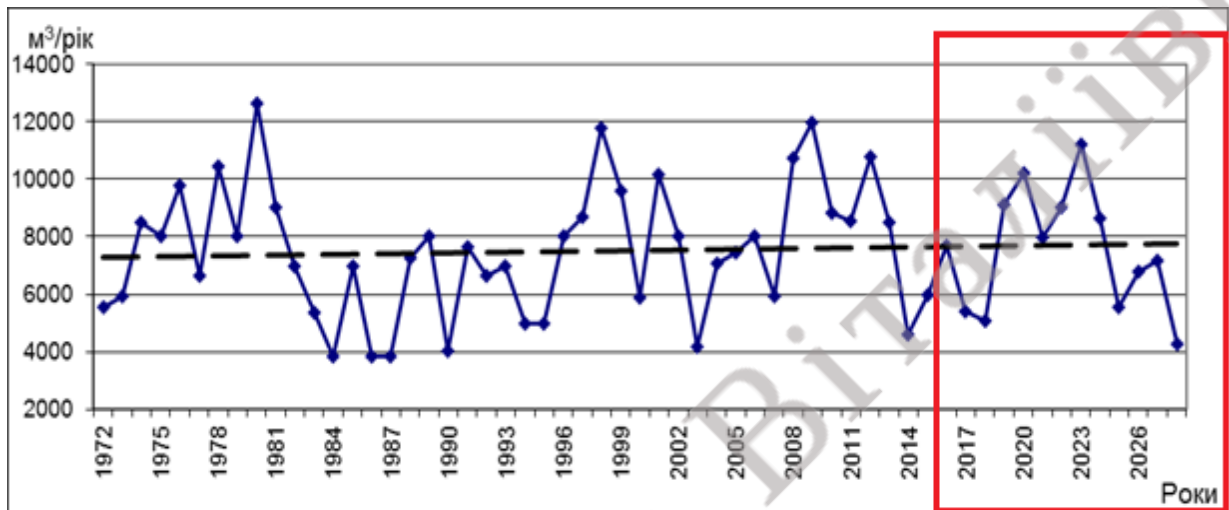


Рис. 2.16. Прогнозна модель об'єму стоку м³/рік за період спостереження та прогнозний період до 2028р. у створі р. Дністер – м. Галич

Для аналізу середньорічної зміни температури побудовано наступну модель (рис. 2.17). Для побудови цієї моделі було використано дані гідрометеорологічної служби України. У процесі їх опрацювання ми отримали прогнозну модель, що охоплює період спостережень та прогнозний період і свідчить про кліматичні коливання, які можна спостерігати вже зараз. Як видно з наведеної моделі, середньорічна температура повітря має тенденцію до зростання. Враховуючи нетривалий для кліматичних умов період спостережень, можемо стверджувати, що тенденція не є яскраво вираженою, проте значущою. Таким чином, можна спостерігати прояв кліматичних змін підвищенням середньорічної температури, при відсутності періодів її зниження, що підтверджується зменшенням амплітуди температурних коливань.

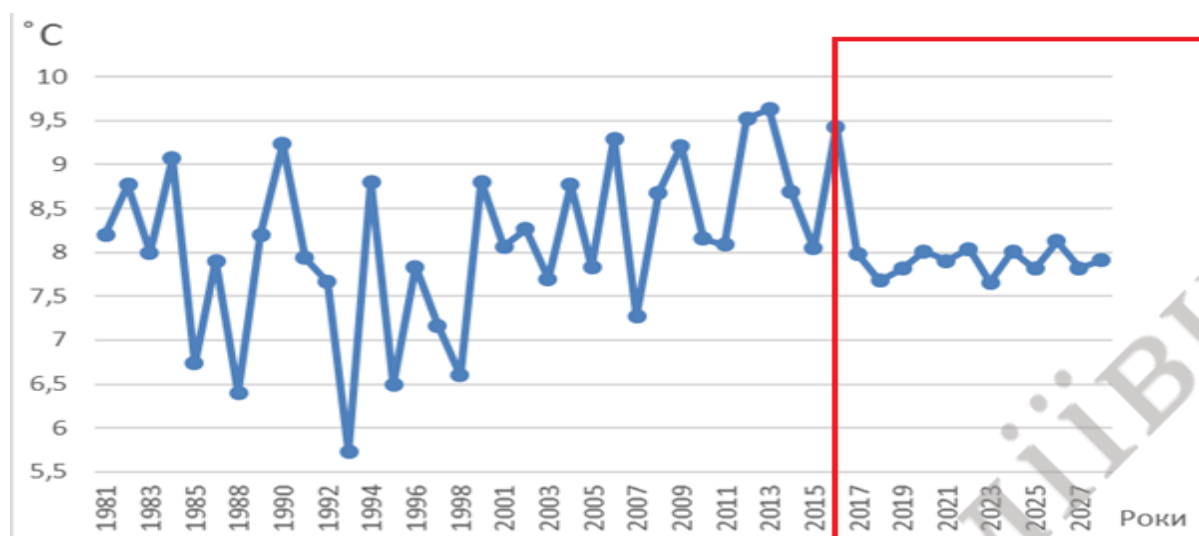


Рис. 2.17. Прогнозна модель середньорічної температури °C для періоду спостереження та прогнозного періоду для верхньої течії Дністра

Аналіз тенденції багаторічних змін середнього річкового стоку р. Дністер – м. Галич унаочнює циклічність його змін та демонструє амплітуду коливань (рис. 2.18). Таким чином, розглядаючи наведені моделі та аналізуючи тенденції можна простежити чіткий взаємозв'язок прогнозних кліматичних й гідрологічних характеристик та підтвердити прояви глобальних кліматичних змін [95].

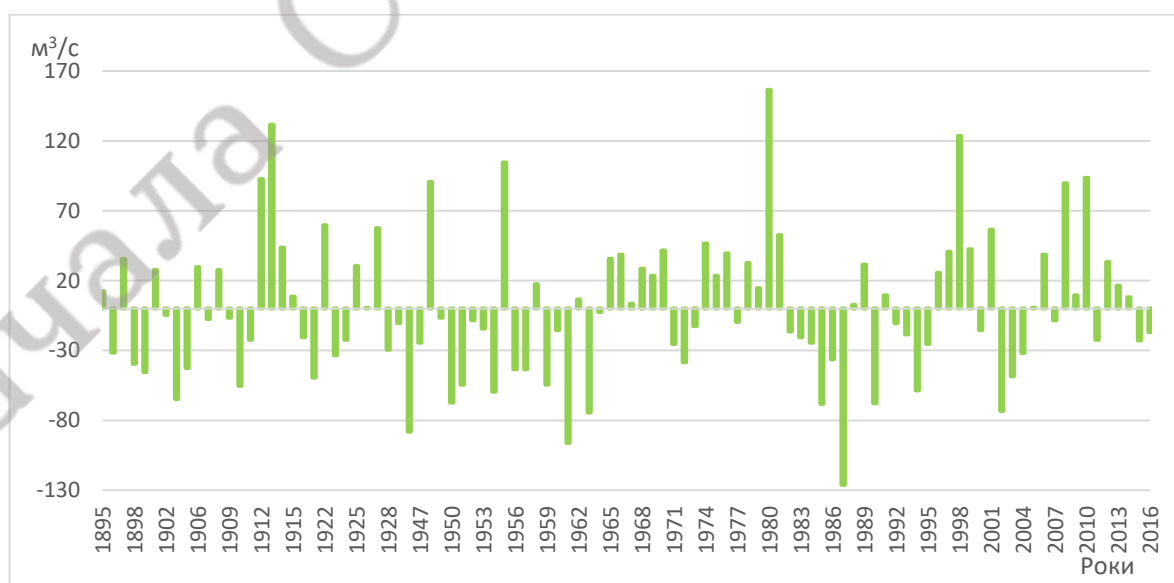


Рис. 2.18. Відхилення від норми середнього річкового стоку р. Дністер – м. Галич (м³/с)

Прогнозна модель динаміки відхилення від норми сумарної річної кількості опадів, за даними гідрологічних спостережень до 2028 рр (рис. 2.19), демонструє тенденцію до підвищення кількості опадів і амплітуди відхилень, що підтверджує вплив кліматичних змін.

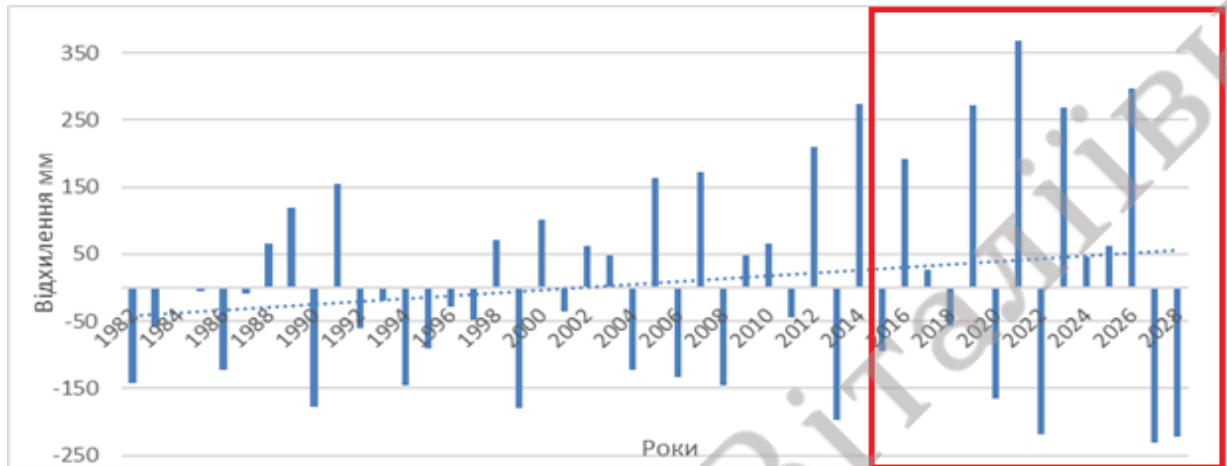


Рис. 2.19 Прогнозна модель динаміки відхилення від норми сумарної річної кількості опадів до 2028 р., за даними метеостанції Івано-Франківськ за 1982–2014 рр.

Отже, на всіх отриманих моделях спостерігається чітка позитивна тенденція змін у кількісному вираженні протягом останніх сорока років кліматичних факторів (температури повітря, кількості опадів, нерівномірності їх розподілу) та гідрологічних параметрів (витрат води, об'ємів стоку у водних об'єктах, збільшення нерівномірності внутрішньорічного розподілу стоку), що викликає збільшення кількості катастрофічних паводків державного масштабу, які можуть призвести як до небезпечних екологічних так і небезпечних техногенних ситуацій.

2.4 Дослідження сценарних подібностей гідроекологічних небезпек

Повторюваність паводків є циклічним явищем, тобто повторюваність і розвиток сценарію має певні риси. Дослідженням циклічності коливань стоку

річок України займалося багато вчених М. М. Ворончук, М. М. Сусідко, О. І. Лук'янець, Б. В. Кіндюк, Т. В. Гассій та ін. [96; 97; 13].

Проводячи порівняльний аналіз різноманітних явищ та визначаючи окремі параметри події, ми визначили тенденції та подібність сценаріїв процесу проходження паводків. Зважаючи на специфіку річного розподілу опадів у досліджуваному регіоні, можна спостерігати, що найбільша кількість опадів випадає у літній період – 39,5 % (рис. 2.20). Через такі кліматичні особливості найбільші паводки припадають саме на літній сезон. З метою дослідження сценарію подібності розвитку катастрофічних паводків ми провели порівняльну характеристику гідрометеорологічних компонентів катастрофічних дощових паводків за червень 1969 року та за липень 2008 року (за даними спостережень Гідрологічної станції Чортків).

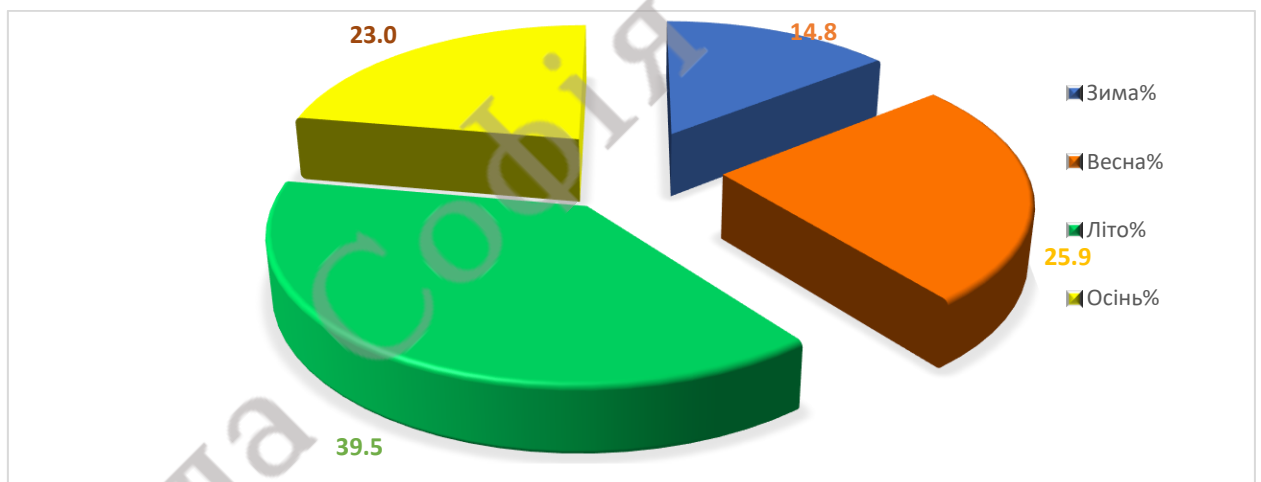


Рис. 2.20. Річний розподіл опадів за період 1981-2016 рр. (за даними метеостанції Івано-Франківськ, аеропорт) [94]

Для встановлення залежностей були взяті дані про кількість та інтенсивність опадів за даними гідрологічних станцій верхньої течії Дністра (табл. 2.3). Таким чином були побудовані графіки кількості опадів у пунктах спостережень за період проходження паводку 1969 року та паводку 2008 року (рис. 2.21).

Таблиця 2.3

Порівняльна характеристика випадання опадів 1969 та 2008 років

№	Ріка-пост	Випадання опадів загальна кількість, мм	
		1969	2008
1	р. Дністер – м. Галич	94,9	121,5
2	р. Дністер – с. Нижнів	138,1	130
3	р. Дністер – м. Заліщики		117,2
4	р. Свірж – смт. Букачівці	73,1	41,8
5	р. Лімниця – с. Осмолода	282,9	293,9
6	р. Лімниця – с. Перевозець	114,6	142,9
7	р. Чечва – с. Спас	222,1	290,3
8	р. Луква – с. Боднарів	155,3	144
9	р. Гнила Липа – сmt. Більшівці	104,9	114
10	р. Бистриця Надвірнянська – с. Пасічна	380,9	320,5
11	р. Бистриця Надвірнянська – с. Черніїв		108,7
12	р. Ворона – м. Тисмениця	103,6	116,9
13	р. Бистриця Солотвинська – с. Гута	390,8	394,6
14	р. Бистриця Соолотвинська – м. Івано-Франківськ	171,7	

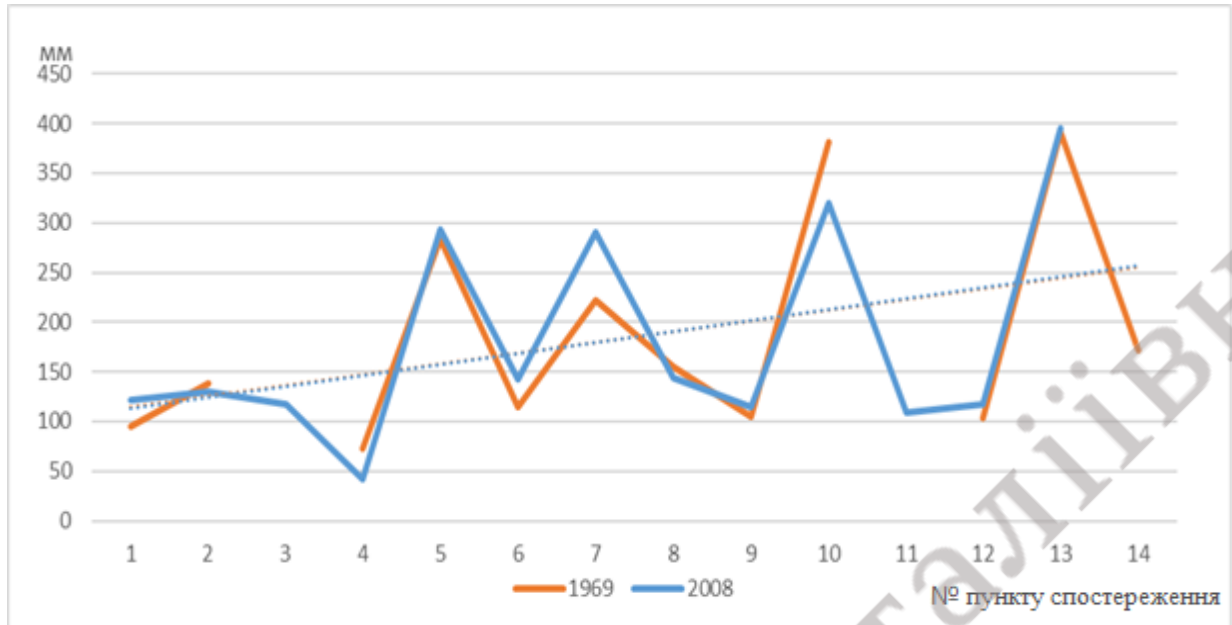


Рис. 2.21. Аналіз сценарної подібності кількості випадання опадів під час паводків 1969 та 2008 років у верхній течії Дністра

Дана функціональна залежність демонструє подібність, розвитку сценаріїв, найбільш катастрофічних паводків ХХ століття у верхній течії Дністра.

Подібність сценаріїв та дослідження хронології розвитку паводків дозволяє визначити наслідки та зробити припущення щодо масштабів досліджуваного явища. Вперше отримано функціональну залежність подібності випадання опадів у верхній течії р. Дністер, яка виражається наступним рівнянням (рис. 2.22):

$$h_y = -194,49 + 29,85h_x^{0,5} \quad (2.3)$$

де h_x – кількість опадів під час катастрофічного паводку 1969 р. у пунктах спостереження, мм;

h_y – кількість опадів під час катастрофічного паводку 2008 р. у пунктах спостереження, мм.

Коефіцієнт детермінації з поправкою на ступені вільності $D=r^2=0,94$ показує, що зв'язок між ознаками не випадковий (суттєвий). Перевірка

суттєвості зв'язку здійснюється за допомогою F-критерія Фішера. Табличне значення $F=2,97$ при рівні значимості 0,05 менше від знайденого $F=164,48$.

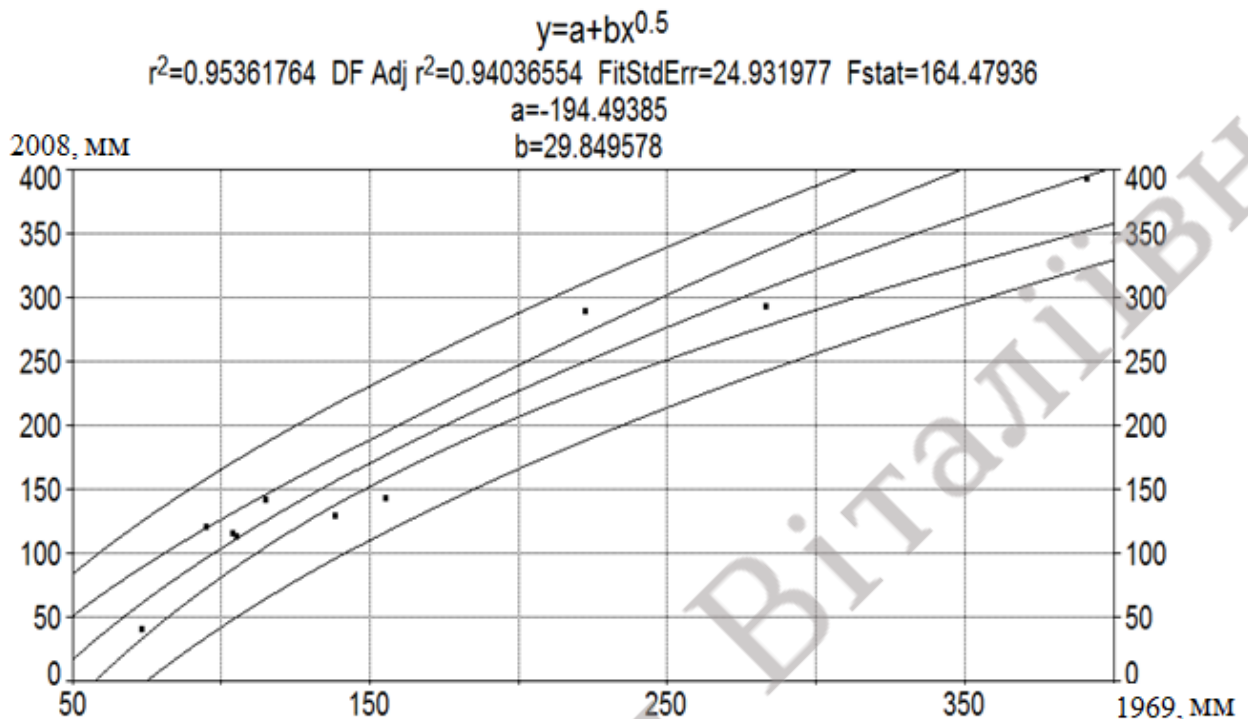


Рис. 2.22. Функціональна залежність кількості паводкоутворюючих опадів під час паводків 1969 та 2008 років (для басейну верхнього Дністра)

Подібність спостерігається не лише під час аналізу кількості випадання опадів протягом всього явища паводку, а й під час дослідження найбільшої добової кількості опадів. Залежність максимальної добової кількості опадів під час паводків 1969 та 2008 років та синхронність кількості і тривалості у досліджуваних роки відображає чітку сценарійну подібність (рис. 2.23).

Подібність показників максимальної витрати води під час паводків 1969 та 2008 років виражається наступним рівнянням (рис. 2.23):

$$Q_y = -612.92 + 9.12Q_x^{0.5} \ln Q_x \quad (2.4)$$

Q_x – максимальна витрата протягом паводкового явища 1969 року у пунктах спостереження, $\text{м}^3/\text{с}$;

Q_y – максимальна витрата протягом паводкового явища 2008 року у пунктах спостереження, $\text{м}^3/\text{с}$.

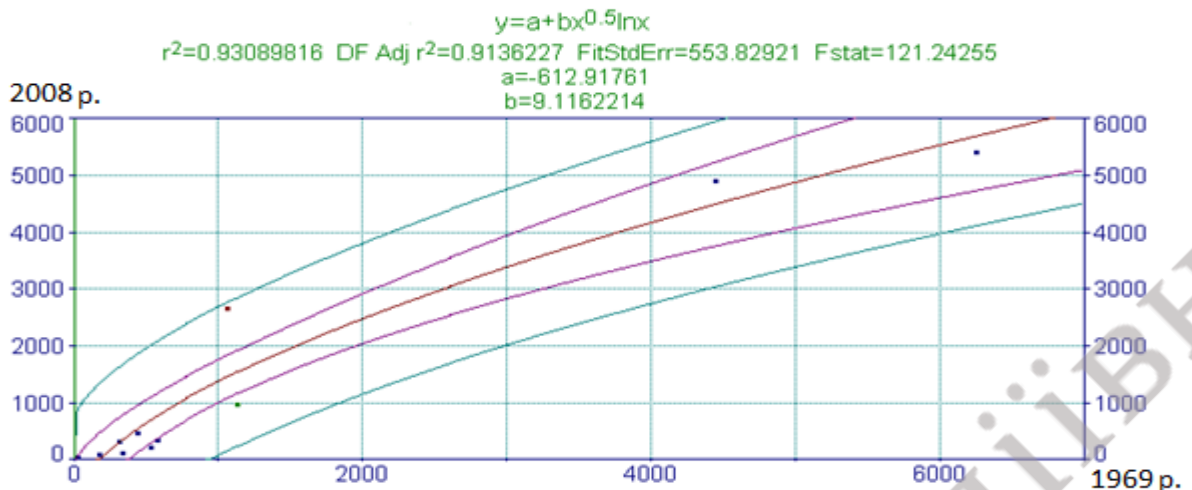


Рис. 2.23. Функціональна залежність подібності показників максимальної витрати води ($\text{м}^3/\text{с}$) під час паводків 1969 та 2008 років

Коефіцієнт детермінації з поправкою на ступені вільності $D = r^2 = 0,913$ показує, що зв'язок між ознаками не випадковий (суттєвий). Перевірка суттєвості зв'язку здійснюється за допомогою F-критерія Фішера. Табличне значення $F = 2,69$ при рівні значимості $0,05$ менше від знайденого $F = 121,24$.

Отже, нами було доведено, що існує залежність між сценаріями розвитку циклічних явищ. Виходячи з цього, при використанні таких залежностей можна виділити підстави для проведення прогнозуючих обчислень та визначення ризику розвитку гідрометеорологічних явищ [99].

Таким чином доведено що, повторюваність паводків є циклічним явищем, тобто повторюваність і розвиток сценарію має певні подібні риси. У зв'язку з цим аналіз даних дає змогу дослідити коливання всередині часового ряду і таким чином простежити динаміку розвитку сценарію паводку.

2.5 Аналіз прогнозованих змін клімату та перспективи розвитку ситуації в межах басейну р. Дністер

Кількість днів з сильними опадами в басейні Дністра в холодний період року в цілому збільшиться за рахунок своєрідного перерозподілу опадів у

сторону більш інтенсивних, що в сукупності зі зменшенням твердих опадів слід розглядати як негативну тенденцію [100]. Снігово-дощові паводки та селі, що стануть наслідком збільшення температури та інтенсивності опадів, призведуть до зміни режиму живлення рік і зменшення його снігової складової. На фоні загального річного перерозподілу опадів, добова кількість опадів може зрости, проте часова зона дефіциту води для забезпечення населення, сільського господарства та промисловості суттєво розшириться у зв'язку з нерівномірним розподілом опадів протягом року (рис. 2.24) [100]. Це також призведе до значного скорочення кількості малих річок, які пересихатимуть внаслідок збільшення максимумів температур та зменшення опадів у літній період. Аналізуючи графік кількості паводкових явищ державного значення, можна спостерігати, що кількість паводків з роками збільшується, така тенденція пояснюється загальним ходом кліматичних змін, при цьому ризик формування нищівних катастрофічних паводків також збільшуватиметься згідно з наведеними в роботі аналітичним даними та експериментальними прогнозними моделями.

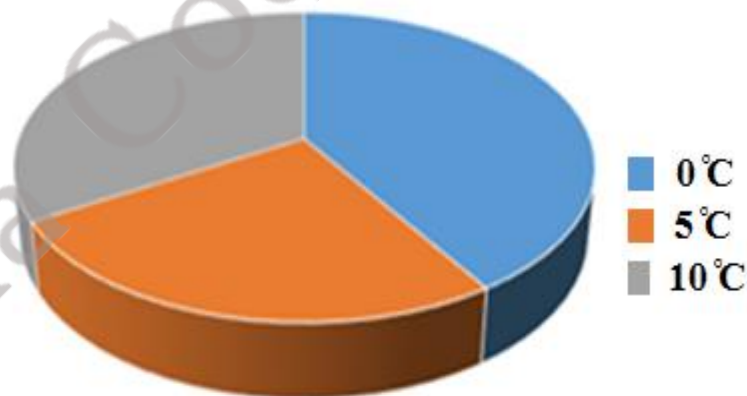


Рис. 2.24. Тривалість періодів температурних переходів через проекцію зміни показників теплозабезпечення в басейні р. Дністер прогнозом на 2021-2050 рр. [90]

У проведеному аналізі кліматичних змін зацентровано увагу на умовах зволоження, що є чинником, який найкраще характеризує взаємодію режиму

температури повітря та опадів, а також на збільшенні кількості жарких днів і зміни деяких кліматичних характеристик, що становлять інтерес для функціонування гідроекосистеми. Коефіцієнт зволоження є важливим кліматичним показником, саме він характеризує повною мірою умови зволоження території, зумовлює закономірну зміну природних зон, розвиток сільського господарства тощо. Слід враховувати, що при розрахунках береться потенційна випаровуваність, а не реальна, оскільки частина опадів зазвичай не випаровується, а просочується під землю, стікає ріками тощо.

Як показник умов зволоження був взятий коефіцієнт зволоження (КЗ) повітря [90], що розраховується як функція середньомісячної температури повітря та опадів. Як видно на наведеній моделі (рис. 2.25), і аналітична, і прогнозна крива демонструють коефіцієнт зволоження наближений до 1, що є типовим показником для території дослідження. Показник умов зволоження також свідчить про стабільно високий рівень випаровування та означає, що ризик виникнення паводку на прогнозний період не знизиться [100].

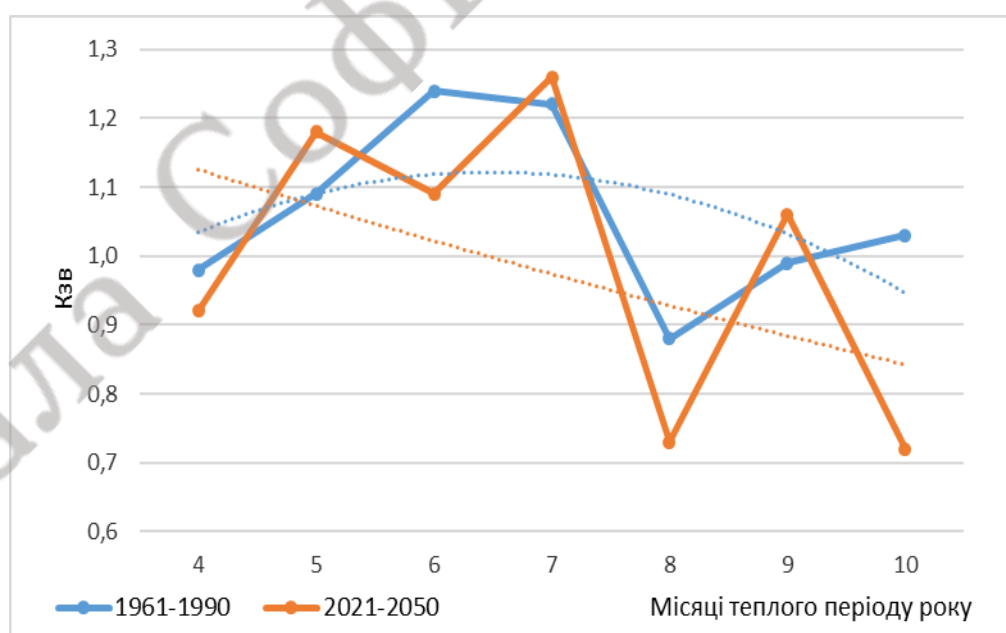


Рис. 2.25. Аналітична і прогнозна крива показника умов зволоження для верхньої течії Дністра [100]

У дисертаційній роботі досліджено поведінку кліматотворчих факторів і показано закономірності їх зміни, а також їх вплив на стан водних об'єктів та формування стоку річок регіону. Проведено порівняльний аналіз проходження катастрофічних паводків при врахуванні розвитку сценаріїв розвитку ситуації. Виходячи з проаналізованих досліджень [100], можна підсумувати, що загальні зрушення та кліматичні зміни можуть спричинити вже до середини XXI століття збільшення теплого періоду року ($T \geq 0^{\circ}\text{C}$), майже на два тижні порівняно з XIX століттям. Таким чином, перехід температури повітря через позначку 0°C зміститься в часі на 8-12 днів навесні та близько тижня восени, що спричинить зміщення та подовження теплого періоду року. Збільшиться також і теплозабезпеченість цих періодів. Внаслідок підвищення як максимальної, так і мінімальної температури повітря в басейні Дністра до середини XXI століття можна очікувати зменшення кількості днів із сильними морозами, коли $T \leq -25^{\circ}\text{C}$, і збільшення кількості жарких днів на 2-3, коли $T \geq 35^{\circ}\text{C}$. Також у басейні Дністра зміниться і режим зволоження. У межах верхньої течії Дністра, яку охоплює Дністровський протипаводковий полігон, збільшується імовірність збільшення кількості дощових днів на 3-5, а це більш ніж 1 мм опадів за добу [100]. На противагу цьому, у нижній течії Дністра, навпаки, можливе збільшення кількості сухих днів. Також сукупність факторів змінних передбачає збільшення середньої та максимальної кількості опадів. Суттєво збільшиться і екстремальність опадів через підвищення їх інтенсивності, що можна спостерігати останніми десятиліттями. Зміна термічного режиму, підвищення рівня опадів можуть призвести до суттєвого підвищення інтенсивності паводків та їх частоти. Найбільші зміни в межах Дністровського протипаводкового полігону будуть припадати на осінній період. У межах верхньої течії Дністра, екстремуми досягають граничних значень, що спричиняється особливістю фізико-географічного положення [100].

2. 6 Чинники формування гідроекологічної небезпеки

Сучасні світові тенденції протипаводкового захисту спрямовані на користь управління паводковим стоком. У боротьбі з паводками найбільш раціональним є комплексний підхід: регулювання паводкового стоку з використанням спеціальних протипаводкових польдерів, що уповільнюють швидкість руху води на основних притоках річок, в поєднанні з регулюванням русел, посиленням системи протипаводкових дамб, проведенням лісозахисних, протиерозійних і протиселевих заходів у гірській частині [101].

Позаяк інтенсивне випадання дощів є основною причиною формування паводків у Карпатському регіоні, тому слід зазначити важливість дослідження даного процесу. Паводок як явище, яке важко передбачити може залежати від ряду факторів. У зв'язку із глобальними змінами клімату, які є особливо актуальними в сучасних умовах, зростає і ризик виникнення паводкових явищ, оскільки існує безпосередня залежність між цими факторами. Дослідженням динаміки кліматичних змін та їх впливу на навколишнє природне середовище присвячено чимало наукових досліджень [102; 19]. Таким чином, і формування річкового стоку, особливо гірських річок, суттєво залежить від кліматичних коливань, а зв'язок кількості опадів з річковим стоком є закономірним явищем (рис. 2.26). Паводкові явища, так само як і кліматичні, мають циклічний характер, що дає підстави для простеження та дослідження їх взаємозв'язку. У межах даного дослідження ми провели аналіз ряду спостережень за даними метеостанції м. Івано-Франківськ (табл. 2.3, 2.4). Спираючись на дані метеоспостережень, ми отримали кореляційну залежність між динамікою зміни кількості опадів та температурними коливаннями (рис. 2.27). Отримано модель зв'язку середньомісячних опадів та температури за багаторічний період (1981–2014 рр.).

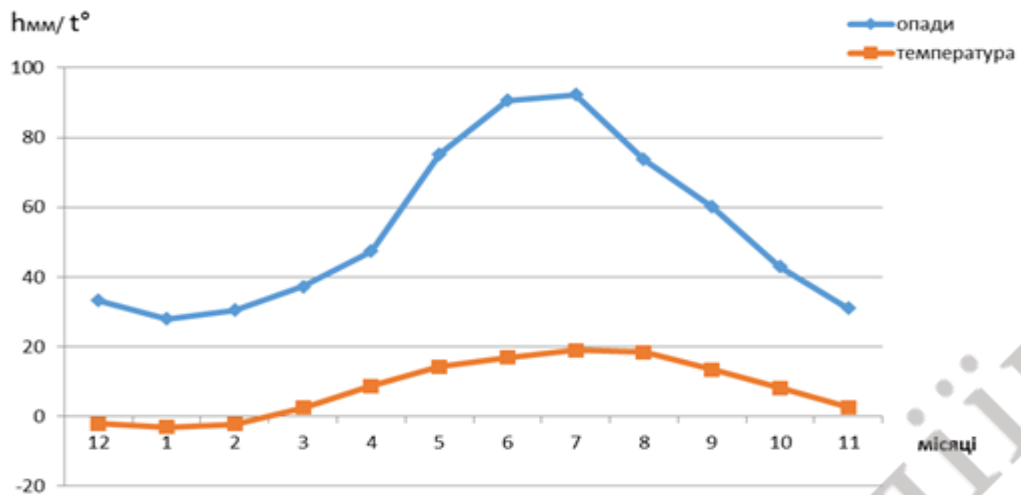


Рис. 2.26. Річний хід середньобагаторічних помісячних показників температури та опадів

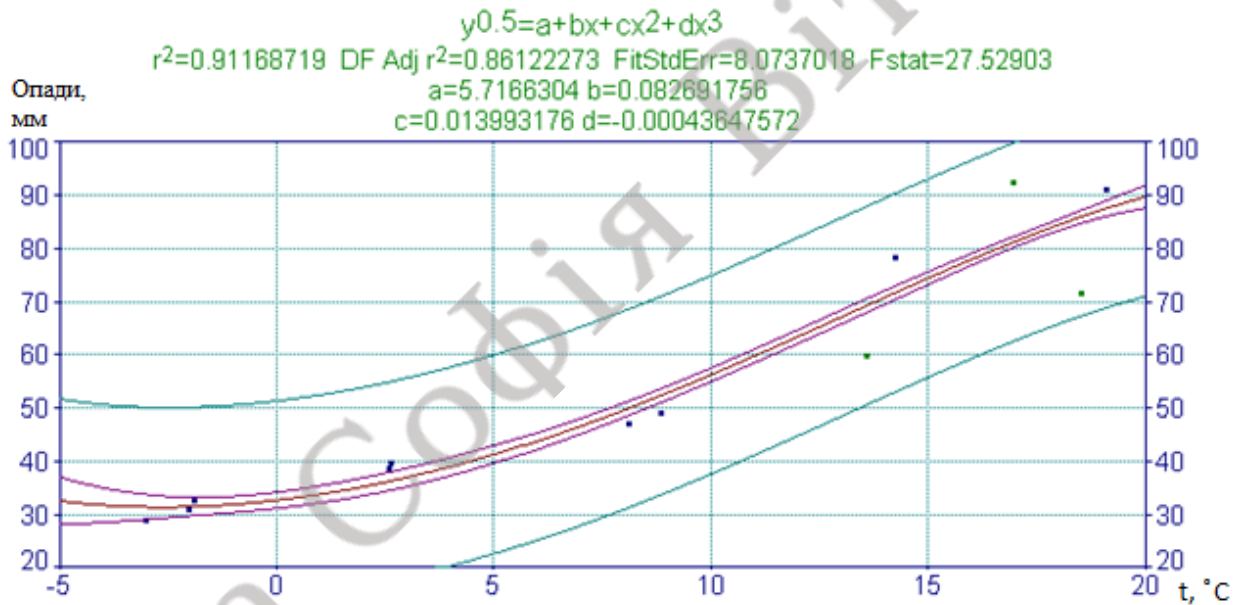


Рис. 2.27. Функціональна залежність середньобагаторічних помісячних показників температури та помісячних сум опадів за період 1981–2016 рр. для верхнього Дністра

Отже, отримано функціональну залежність середньобагаторічних місячних показників температури та місячних опадів (рис. 2.27), що виражається рівнянням:

$$h^{0.5} = 5,72 + 0,083t + 0,014t^2 - 0,0004t^3 \quad (2.5)$$

де t – температура повітря, °C;

h – кількість опадів, мм.

Коефіцієнт детермінації з поправкою на ступені вільності $D=r^2=0,86$ показує, що зв'язок між ознаками не випадковий (суттєвий). Перевірка суттєвості зв'язку здійснюється за допомогою F-критерія Фішера. Табличне значення $F=2,69$ при рівні значимості 0,05 менше від знайденого $F=27,53$.

Тобто, згідно отриманої залежності підвищення середньомісячної температури сприятиме збільшенню сумарної місячної кількості опадів, а отже – потенційної гідроекологічної небезпеки.

Аналіз досліджень за проблематикою «Сонце – погода – клімат» дозволяє зробити висновок про те, що зміни рівня сонячної активності призводять до змін величин основних метеорологічних елементів: температури, тиску, числа гроз, опадів і пов'язаних з ними гідрологічних і дендрохронологічних змін. Сьогодні експериментально підтверджено, що формування погоди визначається космічними факторами [103–105].

З екологічної точки зору важливим є питання про циклічність посух, їх зв'язку з динамікою сонячної активності. Узагальнення відомостей про повторюваності посух і неврожаїв, здійснено Т. В. Покровською [106], свідчать про зв'язок їх із сонячною і магнітною активністю. При цьому, як вказує автор, різкі зміни стану атмосфери відбувалися і в епохи мінімумів, і в епохи максимумів сонячних циклів або мали 5–6-річну повторюваність. Вторинні зміни на інших ділянках 11-річної хвилі сонячної активності приводили до виникнення двох чотирирічних проміжних «циклів» неврожайності сільськогосподарських культур. Таким чином, з метою унаочнення ми розглянули спрощену модель чотирирічного циклу та визначили залежність між середніми чотирирічними показниками опадів та температури (рис. 2.28). У результаті досліджень ми встановили залежність між кількістю опадів та температурними показниками для досліджуваної території, беручи до уваги не лише середньобагаторічну динаміку, а й періодичні спостереження, а також враховуючи наявність високосного року в

чотирирічному циклі. Коефіцієнти кореляції та детермінації в даному випадку наближені до 0,8, що дає підстави вважати таку залежність значимою.

Також важливим аспектом у дослідженні даних явищ є річна синхронність коливань середньобогаторічних температурних та опадових показників. Таким чином, простежується кількісний і якісний взаємозв'язок досліджуваних явищ, які діють на формування гідроекологічних небезпек верхньої течії Дністра, через призму природних факторів (рис. 2.28).

Отже, отримано функціональну залежність посезонних сумарних чотирирічних опадів та посезонних середніх температур 1981–2014 рр. для території верхнього Дністра (рис. 2.29), що виражається рівнянням:

$$h=103,56+4,64t+0,008t^3+2,6e-07t^4 \quad (2.6)$$

де h – сумарна чотирирічна кількість опадів за сезон;

t – середня чотирирічна температура повітря за сезон.

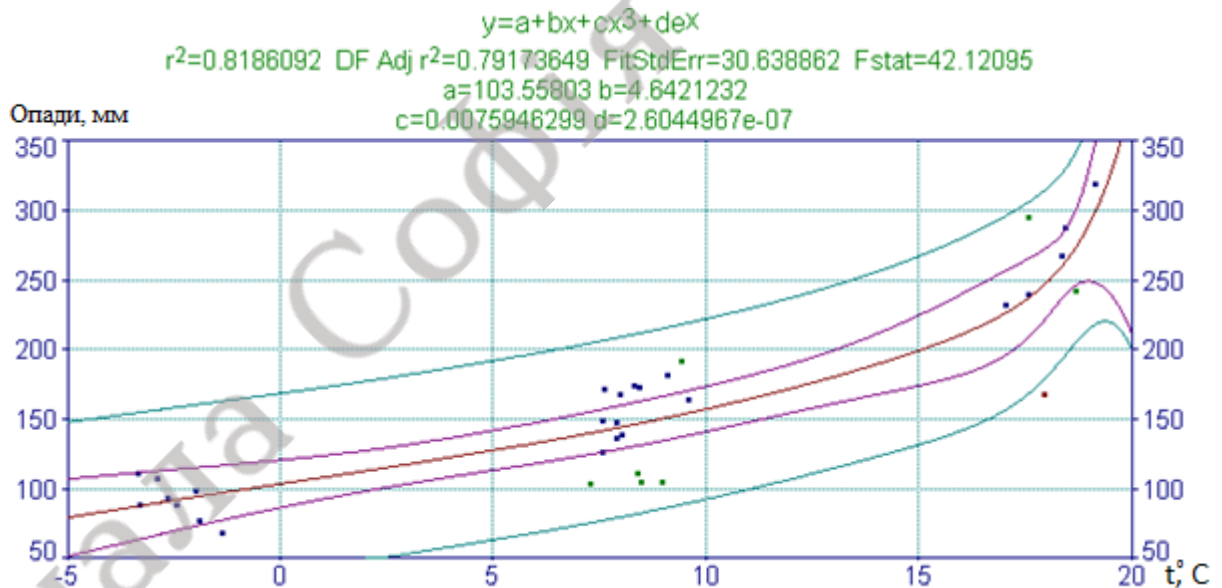


Рис. 2.28. Функціональна залежність посезонних сумарних чотирирічних опадів та посезонних середніх температур 1981–2014 рр.

Коефіцієнт детермінації з поправкою на ступені вільності $D=r^2=0,79$ показує, що зв'язок між ознаками не випадковий (суттєвий). Перевірка

суттєвості зв'язку здійснюється за допомогою F-критерія Фішера. Табличне значення $F=1,82$ при рівні значимості $0,05$ менше від знайденого $F=42,12$.

Коефіцієнт достовірності апроксимації r^2 (або коефіцієнт детермінованості, рівень надійності) показує, тісноту зв'язку з моделлю, тобто чи є різниця між фактичним і оцінним значеннями. Значення коефіцієнта достовірності апроксимації змінюється від 0 до 1 . Якщо він дорівнює 1 , то існує повне співпадіння з моделлю, тобто немає різниці між фактичним і оцінними значеннями. Тобто такий коефіцієнт використовується для встановлення щільності зв'язку між факторною та результативною ознаками. За значень показника, близьких до 1 , можна говорити про тісний зв'язок між факторною та результативною ознаками. Значення показника, близьке до 0 , свідчить про відсутність зв'язку. Коефіцієнт регресії, як і коефіцієнт достовірності апроксимації, є універсальним і може використовуватися за будь-якої форми зв'язку [107].

Таблиця 2.4
Помісячна температура повітря 1981-2016 рр.

Температура/С°	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1981	-2,80	-6,50	-2,00	3,70	5,90	13,20	17,80	17,50	16,70	13,60	8,90	2,10
1982	1,50	-6,30	-5,90	2,00	5,70	14,20	16,50	17,90	17,90	16,00	8,40	1,90
1983	-3,90	1,80	-2,50	4,30	10,40	15,70	16,30	18,30	17,10	14,20	8,40	1,40
1984	-2,60	-1,20	-4,00	-1,00	8,10	13,80	15,20	16,50	17,00	14,70	10,80	1,70
1985	0,90	-10,40	-9,50	-0,50	9,00	15,10	15,10	17,70	18,50	12,70	7,30	0,20
1986	-2,50	-2,60	-7,30	0,70	10,00	15,30	16,90	17,60	18,70	13,20	7,40	3,10
1988	-0,20	-1,50	-1,30	2,00	7,10	13,80	16,40	20,00	17,90	13,90	6,80	-1,50
1989	1,70	0,90	2,60	5,30	10,10	13,60	15,80	18,20	18,20	13,50	9,70	1,40
1990	-1,80	0,60	3,10	6,60	8,90	13,60	16,80	17,90	18,10	11,90	8,50	7,30
1991	-3,00	-0,70	-4,50	3,30	7,10	10,90	14,30	19,20	17,60	13,50	7,10	3,20
1992	-3,00	-3,30	-0,80	3,20	7,90	12,10	17,10	18,90	21,00	12,00	7,30	3,70
1993	0,90	-1,40	-2,30	0,10	7,50	15,20	16,20	17,10	16,80	11,90	9,20	-3,90
1994	-1,60	1,20	-2,90	4,70	9,60	13,20	16,10	20,50	18,80	16,90	7,20	2,30
1995	-5,60	-2,70	2,50	2,90	7,40	12,60	17,20	20,20	18,00	12,90	8,90	-2,30
1996	-6,80	-7,50	-7,60	-3,80	7,50	16,20	17,60	16,90	17,40	10,30	8,00	5,20
1997	-2,10	-7,20	0,40	2,30	4,00	14,50	17,10	18,10	17,80	12,70	6,00	2,80
1998	-5,70	-1,60	2,30	1,10	10,50	12,80	18,10	18,70	17,50	13,00	7,90	-1,10
2000	0,80	-3,60	1,80	3,00	11,50	15,00	17,30	17,90	19,20	11,90	9,10	5,40
2001	-6,40	-2,40	-1,80	3,50	8,80	14,20	15,50	20,50	19,20	12,50	10,30	1,40
2002	-7,80	-2,10	3,70	4,70	8,20	15,90	17,60	21,10	18,80	12,90	7,60	4,30

Продовження таблиці 2.4

2003	-1,70	-3,40	-8,30	0,90	7,10	17,30	17,90	19,70	19,80	13,30	5,70	4,10
2004	-0,20	-6,40	-0,80	2,90	8,60	12,60	16,90	18,90	18,00	12,90	9,30	4,10
2005	-0,60	-0,90	-5,40	0,20	8,90	13,80	16,40	19,80	18,00	14,40	8,30	0,80
2006	0,67	-8,54	-4,17	-0,31	9,59	13,29	16,92	19,85	18,19	14,46	9,14	4,29
2007	-2,84	3,00	-0,29	6,38	8,99	15,92	18,76	20,51	19,66	12,83	8,23	0,77
2008	0,04	-2,60	1,78	4,31	9,47	13,99	17,94	18,62	19,36	12,93	9,26	3,85
2009	-2,21	-3,63	-1,38	2,06	10,75	13,88	17,31	20,03	18,91	15,06	7,84	4,74
2010	-4,27	-7,99	-3,46	2,92	9,51	15,20	18,04	20,84	20,12	12,49	5,15	6,83
2011	1,35	-2,39	-2,91	1,70	9,42	14,08	18,19	19,64	19,13	15,80	7,12	1,35
2012	-5,63	-3,57	-9,32	4,55	10,22	15,40	18,96	21,29	19,11	15,14	9,12	4,33
2013	-0,55	-4,15	-0,58	-0,98	9,79	15,68	18,83	19,37	18,82	12,63	9,72	6,54
2014	-0,09	-2,64	-1,06	6,51	14,34	14,34	12,90	19,76	18,69	14,42	8,46	3,18
2015	2,48	-2,86	3,75	4,81	10,81	14,10	19,08	20,03	18,60	16,26	6,68	1,20
2016	-0,27	-0,04	0,06	3,95	8,56	14,13	17,64	20,29	21,22	15,65	7,51	5,14

Таблиця 2.5

Помісячні опади 1981-2016 рр.

Опади/мм	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1981	39,10	39,60	47,10	48,30	27,60	87,90	70,50	141,30	26,90	50,50	87,70	43,90
1982		35,10	35,80	19,00	81,00	29,90	67,90	86,70	75,30	19,40	15,40	7,10
1983	7,00	27,60	12,70	40,90	71,40	69,90	107,10	56,20	119,40	27,90	33,90	13,40
1984	40,10	34,30	81,60	45,70	11,60	136,70	63,60	92,80	21,30	71,80	22,20	25,20
1985	56,10	24,00	58,40	15,10	70,60	92,20	102,50	28,50	84,50	38,00	18,30	52,40
1986	28,30	19,20	21,10	9,10	61,20	25,90	100,40	120,00	86,70	5,40	24,70	21,70
1988	44,00	48,70	19,60	56,80	55,30	90,50	136,10	84,30	69,40	63,90	12,00	31,40
1989	22,60	7,30	5,10	13,80	72,00	130,60	159,10	45,90	163,10	49,20	52,20	42,80
1990	62,40	7,40	18,50	27,10	43,80	50,60	36,00	51,30	51,90	47,70	13,20	55,90
1991	21,50	17,10	15,20	11,30	57,60	115,20	106,70	142,80	102,90	80,60	107,30	21,50
1992	13,90	18,50	16,20	21,50	53,10	45,70	120,10	52,00	56,50	80,30	59,70	47,10
1993	33,70	18,70	27,80	46,30	41,90	41,10	58,40	136,00	46,60	131,50	24,00	20,00
1994	44,70	16,00	33,10	24,20	21,00	68,20	67,30	6,60	75,60	76,00	41,50	25,50
1995	69,40	25,90	32,80	40,70	39,60	37,80	61,30	17,00	64,30	92,20	9,70	48,00
1996	71,40	38,20	27,50	21,40	66,00	56,20	39,30	49,10	56,90	104,90	27,00	23,80
1997	51,80	16,90	19,30	12,60	55,90	60,20	60,20	124,70	47,10	58,50	45,40	45,20
1998	16,80	21,60	30,10	31,50	44,00	88,20	195,70	109,90	46,00	30,70	45,80	66,40
2000	28,90	25,20	19,30	62,20	41,20	60,80	63,30	101,00	22,60	43,30	2,70	2,60
2001	25,30	29,70	30,40	96,70	46,10	62,20	231,50	134,80	55,70	97,20	26,00	65,20
2002	28,90	17,30	33,30	59,80	35,40	97,10	62,40	74,80	52,50	124,70	59,20	25,90

Продовження таблиці 2.5

2003	23,70	30,60	33,70	23,10	11,90	35,10	40,10	85,10	24,20	55,00	86,40	18,60
2004	19,70	34,70	39,70	21,80	15,50	60,90	45,90	131,00	138,30	52,80	32,80	40,50
2005	24,50	39,70	40,60	17,00	56,00	49,50	54,30	79,00	140,60	17,60	39,60	21,90
2006	7,00	23,00	38,00	81,00	42,00	134,00	108,00	68,00	153,00	14,00	28,00	35,00
2007	10,00	32,00	37,00	35,00	33,00	56,00	75,00	80,00	75,00	101,00	75,00	52,00
2008	34,00	26,00	10,00	48,00	101,00	89,00	79,00	257,00	51,00	103,00	75,00	11,00
2009	49,00	44,00	26,00	44,00	28,00	80,00	106,00	39,00	46,00	24,00	108,00	40,00
2010	39,00	48,00	40,00	41,00	51,00	160,00	170,00	205,00	92,00	65,00	34,00	11,00
2011	20,00	30,00	33,00	20,00	33,00	42,00	79,00	80,00	61,00	15,00	24,00	2,50
2012	53,00	34,00	38,00	17,00	42,00	77,00	94,00	103,00	85,00	66,00	57,00	27,00
2013	8,90	37,00	32,00	99,00	62,00	67,00	87,00	36,00	55,00	76,00	10,00	31,00
2014	31,00	34,00	25,00	46,00	41,00	110,00	40,00	133,00	118,00	29,00	74,00	6,00
2015	12,50	46,40	38,70	52,00	104,90	144,40	163,10	90,20	61,40	56,10	184,10	85,40
2016	36,30	39,30	34,50	70,50	48,80	113,20	94,00	50,00	13,60	66,40	48,10	277,10

Висновки до розділу 2

1. Проведено систематизацію негативних впливів на гідроекосистему верхньої течії Дністра, запропоновано схему етапів оцінки впливу в гідроекосистемі. Систематизовано основні причини паводків, недоліки системи моніторингу поверхневих водозборів. Виконано аналіз основних гідрологічних параметрів водних об'єктів на підставі багаторічних спостережень.

2. Апробовано метод сингулярного спектрального аналізу для верхньої частини басейну р. Дністер, модельної території Дністровського протипаводкового полігону із замикаючим створом в м. Галич, для якого існує найтриваліший період гідрологічних спостережень в регіоні. Збіг створів спостережень за кількісними показниками стоку та опадів дало можливість проаналізувати дані та змодельовати залежності на локальному рівні. Аналіз та обробка гідрокліматичних баз даних дозволила підтвердити тенденцію до зміни клімату на території Карпатського регіону на прикладі верхньої течії Дністра, що виражається підвищенням показників температури та опадів порівняно з нормою, збільшення кількості екстремумів і їх тривалості як в середині року, так і в багаторічному розрізі. Використання Singular spectrum analysis (методу сингулярного спектрального аналізу) для обробки неповних часових баз даних гідроекологічних параметрів дали позитивні результати.

3. Встановлено багаторічні тенденції і закономірності часового розподілу кількісної складової гідроекологічних небезпек верхньої течії р. Дністер в межах Карпатського регіону. Витрата води та об'єм стоку стало демонструють тенденцію до збільшення. Кількість катастрофічних паводків державного масштабу збільшується за період спостережень. Побудовані лінійні тренди мають чітке спрямування на збільшення показника на прогностну перспективу.

4. Досліджено сценарні подібності гідроекологічних небезпек, що аналізують паводки 1969 та 2008 років. Подібність спостерігається не лише під

час аналізу кількості випадання опадів протягом всього явища паводку, а й під час дослідження найбільшої добової кількості опадів. Залежність максимальної добової кількості опадів під час паводків 1969 та 2008 років та синхронність кількості і тривалості у досліджувані роки відображає чітку сценарійну подібність. Коефіцієнт детермінації з поправкою на ступені вільності $D=r^2=0,913$ показує, що зв'язок між показниками максимальної добової кількості опадів за двома паводковими явищами 1969 та 2008 років та коефіцієнт детермінації з поправкою на ступені вільності $D=r^2=0,94$ для подібності кількості випадання опадів під час паводків 1969 та 2008 років не випадковий (суттєвий). При порівнянні найбільшої добової кількості двох паводкових явищ спостерігається збіг подібності кривих, що демонструють тривалість та кількість випадання опадів у пунктах спостереження досліджуваної території. Отже, можемо стверджувати, що повторюваність паводків є циклічним явищем, тобто розвиток сценарію проходження катастрофічних паводків має подібні риси у верхній течії Дністра.

5. Розглянуто поняття гідроекологічного природно-техногенного впливу, визначено основні причини та принципи його формування. Проаналізовано складники гідроекологічного природно-техногенного впливу та їх взаємозалежності. Проаналізовано залежність формування річкового стоку гірських річок від коливань кліматичних параметрів. Отримано функціональну залежність середньобогаторічних помісячних показників температури та опадів за період 1981–2016 рр. для території верхньої течії Дністра. Проаналізовано спостереження та отримано залежність між динамікою зміни кількості опадів та температурними коливаннями. Отримано модель зв'язку середньомісячних опадів та температури за багаторічний період. Встановлено залежність між кількістю опадів та температурними показниками не лише через призму середньобогаторічної динаміки, а й із погляду періодичних спостережень, з врахуванням наявності високосного

року в чотирирічному циклі, коефіцієнти кореляції та детермінації наближені до 0,8, що дає підстави вважати отриману залежність значущою.

Качала Софія Віталіївна

РОЗДІЛ 3

ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОГО ВПЛИВУ В БАСЕЙНОВИХ СИСТЕМАХ

3.1 Метод визначення ступеня природно-техногенного впливу

Автором дисертаційної роботи було запропоновано комплексний метод визначення природно-техногенного впливу. Метод належить до природно-техногенної безпеки, комплексної оцінки природно-техногенного впливу в межах басейну водного об'єкту, який включає вплив гідрорежиму, ступінь трансформації водної екосистеми, блокування басейну, фрагментацію, екологічний стан басейну та якісний стан водних ресурсів, функціонування водних екосистем. Даний метод визначення ступеня природно-техногенного впливу може бути використаний для оцінки функціонування водної гідроекосистеми в природних умовах та для прогнозування зміни стану водного об'єкту за умови зміни сценарію [108].

Такий метод оцінки природно-техногенного впливу може знайти застосування в екологічному нормуванні, екологічній експертизі, екологічному аудиті при оцінці небезпеки та прогнозуванні показника впливу та різних його складників, розробці водоохоронних заходів, плануванні освоєння басейнів річкових систем та під час прогнозування природно-техногенних впливів різного генезису.

Згідно із ключовим законом природокористування – законом внутрішньої динамічної рівноваги – речовина, енергія, інформація і динамічні якості (гомеостаз, стійкість, надійність) окремих природних систем тісно пов'язані і будь-яка зміна цих складників призводить до розвитку природних ланцюгових реакцій у напрямку нейтралізації змін або формування нових систем. При цьому навіть слабка зміна одного з екологічних компонентів може викликати незворотні зміни всієї природної системи в цілому. У зв'язку з цим

для раціонального управління природними ресурсами у процесі природокористування виникає необхідність в інтегральному підході до використання того чи іншого ресурсу і обов'язковому екологічному нормуванню обсягів та інтенсивності його використання. За умов порушення функціонування компонентів гідроекосистеми постає завдання пошуку критичного поля впливу, що призводить до виведення гідроекосистеми із стану рівноваги (гомеостазу) [109].

На сьогоднішній день відомий метод визначення ступеня природно-техногенного впливу через визначення коефіцієнту екологічної збалансованості [24], який полягає в басейновому підході до визначення гідроекологічної збалансованості території і включає врахування таких показників, як показник лісистості, відсоток лісових угідь та відсоток водних угідь у розрахунку коефіцієнта екологічної збалансованості. Проте метод не забезпечує оцінки ступеня природно-техногенного впливу через обмеженість показників для визначення екологічної цілісності території за басейновим підходом, а саме: показник якості поверхневих вод, показник трансформації водних екосистем, а також недостатньо тісно пов'язаний саме з водним об'єктом як ключовим елементом басейну.

Також ми розглянули метод оцінки природно-техногенного впливу водокористування з річкових екосистем [110], який включає вимірювання об'єму й інтенсивності використання водних ресурсів річкової екосистеми, об'єму незворотного водокористування, об'єму скидів стічних вод, показників якості води, зміну кількісних і якісних показників річкової екосистеми від прояву небезпечних подій природного та техногенного навантаження за певний час, кількість водокористувачів, що потрапляють під вплив небезпечних подій, та загальна кількість населення в межах басейнової гідроекосистеми, значення коефіцієнту потенціалу якості гідроекосистеми і показник сталого, збалансованого водокористування. На підставі отриманих показників розраховують значення комплексного показника природно-

техногенного впливу водокористування та оцінюють за його значенням ступінь природно-техногенної безпеки гідроекосистеми для водокористування за розробленою шкалою. Такий метод призначений для визначення безпечного рівня техногенного навантаження на річкові екосистем. Проте обмеженість у визначенні показників не забезпечує у повному обсязі визначення ступеня природно-техногенного впливу, що настає внаслідок порушення компонентів гідроекосистеми і виведення гідроекосистеми зі стану рівноваги.

З іншого боку, метод захисту від повені шляхом регулювання річкового стоку, що охоплює формування ємності, яка акумулює шляхом спорудження греблі у місці створення водоймищ [111], також доповнює досліджуваний природно-техногенний вплив. Наприклад, до спорудження греблі визначають гранично допустиму витрату води, яка не викликає паводку в руслі головної ріки, а також витрати води, які не викликають паводку в руслах жодної з її приток, після чого на кожній притоці встановлюють не менше, ніж 2 греблі, де кожна гребля має шлюз, розмір якого розрахований з умов забезпечення пропускання води, витрата якої не перевищує вищезгаданої гранично припустимої витрати для кожної притоки. Такий метод забезпечує надходження з кожної притоки тільки розрахункової кількості води і затримування перед греблями в тимчасових водоймищах води, що перевищує розрахункову витрату. Це підвищує ефективність захисту від повені навіть за несприятливих метеорологічних умов, але це забезпечує тільки технічні заходи регулювання русла і не враховує екологічні показники, які б дозволили раціонально використовувати територію та визначити майбутні впливи. Тому цей підхід було враховано під час введення показника трансформації водних екосистем, адже будь-яка технічна діяльність впливає на руслові процеси басейну.

Для вдосконалення розробленого нами методу визначення природно-техногенного впливу було також враховано дослідження 2010 року із

прогнозування коефіцієнта дружності весняної повені [112]. Згідно з таким методом, залежно від модуля стоку та шару стоку, визначають суму факторів, як-от: площі водозбору, відносної болотності, відносної лісистості, відносної розораності, за якими розраховують коефіцієнт дружності весняної повені. З урахуванням наведених фізико-географічних характеристик, такий метод дозволяє розрахувати параметри максимального стоку, проте не враховує багато чинників, які впливають на ступінь ризику, який може виникнути в умовах природної та техногенної небезпеки. Оскільки у наш час тиск на водні об'єкти та гідроекосистеми зумовлено різними факторами, то визначення кожного з них є нераціональним, а оцінення ступеня природно-техногенного впливу без врахування комплексу факторів є недостовірним. Саме тому, зважаючи на проаналізовані дослідження [24; 110–112], в дисертаційному дослідженні поставлено завдання розроблення методу визначення ступеня природно-техногенного впливу шляхом визначення інтегрального показника комплексного природно-техногенного впливу та оцінки за його значенням ступеня природно-техногенного впливу за сукупністю природних та техногенних факторів. Це дозволить більш повно оцінити стан басейнової гідроекосистеми, достовірно визначити імовірність її порушення і, відповідно, більш предметно застосувати комплекс заходів щодо зниження впливу негативних наслідків на гідроекосистему.

Охорона і раціональне водокористування становить особливий інтерес для комплексного оцінення екологічного стану поверхневих вод, а також параметрів, під впливом яких формується цей стан. Розроблення та впровадження превентивних природоохоронних заходів, які базуються на вірогідній екологічній інформації, дозволять значно покращити екологічну ситуацію в Україні. У зв'язку із цим важливою частиною заходів щодо покращення якості поверхневих вод є впровадження в водоохоронну практику комплексної системи оцінення екологічного стану водних екосистем, що містить базові параметри, регулювання стоку, показники стоку, показники

ступеня фрагментації та блокування басейну, а також основні умови функціонування водного об'єкта.

Запропонований розрахунковий показник R_{he} є відносною величиною, що залежить від рівня антропогенного навантаження та природних процесів і явищ, що відбуваються в межах басейнової гідроекосистеми. Запропоновано ступінь природно-техногенного впливу оцінювати за такою шкалою:

$R_{he} < 0,2$ – еталонний стан – діапазон найсприятливіших для функціонування гідроекосистеми значень факторів середовища;

$0,2 < R_{he} < 0,4$ – зона оптимуму – діапазон з низьким рівнем ушкодженості, що не викликає порушень гідроекосистеми;

$0,4 < R_{he} < 0,6$ – зона песимуму – діапазон несприятливих для функціонування гідроекосистеми значень факторів середовища;

$0,6 < R_{he} < 0,8$ – кризова зона – діапазон з високим рівнем ушкодженості гідроекосистеми, стан екосистеми небезпечний;

$R_{he} > 0,8$ – зона екологічного лиха – діапазон з дуже високим рівнем ушкодженості гідроекосистеми, стан екосистеми критичний.

Отриманий ступінь впливу для певної басейнової одиниці, за динамічності всіх складників, можна використовувати для оцінки ступеня екологічного впливу об'єктів-аналогів. Введення спеціально розробленої шкали для оцінки природно-техногенного впливу дасть можливість використання простого методу встановлення пріоритетів, де певні райони чи ділянки гідроекосистеми, які відповідають визначеним стандартам якості навколишнього середовища, без подальшого втручання, можна вважати еталонними, а інші ділянки гідроекосистем можна ранжувати і оцінювати залежно від ступеня природно-техногенного впливу.

Під час здійснення цього методу визначають показники вимірювання гідрорежиму, показники трансформації водних екосистем, показники блокування басейну, показники фрагментації, коефіцієнт екологічного дисбалансу, коефіцієнт якості води.

Показники вимірювання гідрорежиму охоплюють корисний об'єм водосховищ, для чого використовують дані з технічних характеристик водосховищ, розраховують сумарний корисний об'єм всіх водосховищ вище від створу, з постів спостережень і гідроекологічних довідників, використовують дані середнього п'ятирічного стоку, розраховують ступінь регулювання стоку на ділянці, з даних топокарт, дешифрування космічних знімків визначають площу заплави на ділянці, обчислюють зміну заплавної екосистем на ділянці, і на підставі отриманих даних розраховують показник IMPflood як зміну заплавної екосистем у сценарії.

Показник трансформації водних екосистем внаслідок затоплення (IMPres) визначають так: з технічних характеристик водосховища використовують дані для визначення максимальної площі водосховища, далі розраховують сумарну площу всіх водосховищ вище від розрахункового створу у певному сценарії, використовуючи дані топокарт і ГІС-розрахунки, профілі поперечного перерізу.

На підставі отриманих даних обчислюють показник трансформації водних екосистем (IMPres) як відношення площі водосховища (або водосховищ) до площі всіх водних екосистем вище від створу.

Показник блокування басейну (IMPblock) визначають на підставі обчислення, використовуючи ГІС-моделювання, площу ділянок басейну річки вище від певного створу, заблокованих вище побудованих за сценарієм (n) гребель та площу басейну вище від даного створу. Показник (IMPblock) розраховують як відсоток водозабору, заблокований греблями вище від створу.

Для визначення показника фрагментації (IMPfrgm) використовують дані ГІС-моделювання і обчислення площі частин басейну ріки, на які фрагментовано греблями басейн в сценарії, та загальної площі басейну головної ріки.

Для визначення коефіцієнта екологічного дисбалансу Kedb використовують дані ГІС-моделювання, і обчислень відсотка орних земель,

відсотка лісових угідь, відсотка водних угідь, відсотка заболоченості територій, а також дані прогнозного коефіцієнта дружності весняної повені.

Коефіцієнт відповідності якості води (FCQ) визначають на підставі розрахунків комплексного індексу потенціалу якості [21]. У розрахунках КІПЯ підсумовують так звані коефіцієнти запасу показників (відносна величина резервної потужності), що розраховують як перевищення допустимих значень над фактичними (концентраціями, одиницями, балами, кількістю та ін.) та віднімають коефіцієнти дефіциту запасу показників (відносна величина нестачі резерву), що розраховують як перевищення концентрацій (або інших вимірів) над допустимими значеннями (в тих самих одиницях). Результат ділять на кількість використаних показників:

$$КІПЯ = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i; \quad x_i = \begin{cases} \frac{НЯ_i}{C_i}, \text{ якщо } \frac{НЯ_i}{C_i} > 1 \\ -\frac{C_i}{НЯ_i}, \text{ якщо } \frac{НЯ_i}{C_i} < 1 \end{cases} \quad (3.1)$$

НЯ_і – норматив якості води для конкретного показника, тобто допустимі (граничні величини) показників фізико-хімічного і біологічного стану вод та їх властивостей, що відповідають вимогам рибогосподарських водойм; С_і – фактичне значення якості води для і-го показника; n – кількість показників.

Результат ділять на кількість використаних показників і згодом знаходять його співвідношення із показниками оптимуму, що визначає частку відхилення від норми.

Інтегральний показник комплексного природно-техногенного впливу (Rhe) розраховують на підставі розробленої автором дисертаційної роботи формули:

$$Rhe = \sqrt[6]{IMP_{flood} \times IMP_{res} \times IMP_{block} \times IMP_{figm} \times Kedb \times FCQ} \quad (3.2),$$

IMP_{flood} – зміна гідрологічного режиму і екосистеми заплави в нижніх б'єфах гребель, аж до гирла;

IMP_{res} – трансформація водних екосистем внаслідок затоплення;

IMR_{block} – блокування річкового басейну, зокрема перетин шляхів міграції біологічних видів;

IMR_{frgm} – фрагментація басейну, ступінь розчленування басейну на окремі ділянки греблями, виражені як відсоток втрачених шляхів пересування по річковій мережі;

K_{edb} – коефіцієнт екологічного дисбалансу басейну ріки чи його ділянки;

FCQ – коефіцієнт відповідності якості води.

Вирішення поставленого завдання ґрунтувалось на математичному обробленні масиву статистичних даних результатів аналізів поверхневих вод, паспортних даних басейну ріки та визначенні параметрів із застосуванням ГІС-технологій. Таким чином, після статистичного оброблення даних басейну ріки та проведення порівняльних аналізів для басейну ріки отримані результати згруповано та внесено в зведену базу даних (табл. 3.1), на основі якої отримано комплексний показник природно-техногенного впливу R_{he} . Розроблений метод дозволяє оцінити ситуацію стану басейну. При цьому гідроекологічною нормою вважаємо мінімальне оптимальне значення, яке не виходить за межі реакцій пристосування для підтримання гомеостазу.

Таблиця 3.1

Параметри для визначення комплексного показника природно-техногенного впливу R_{he}

Показник	Індекс, код показника	Одиниці вимірювання	Формула для сценарію, чи джерела	Вихідні дані
1	2	3	4	5
1. Показник вимірювання гідрорежиму				
Корисний об'єм водосховищ (регульована ємність водосховища)	LV	млн м ³	-	Технічні характеристики водосховищ, ГІС моделювання

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5
Сумарний корисний об'єм всіх водосховищ вище від створу (в сценарії)	LV_{acc_n}	млн м ³	ΣLV	Розрахунок
Середній стік на ділянці за 5 останніх років спостереження	W_{x5}	млн м ³	-	3 постів спостережень гідрологічні довідники
Ступінь регулювання (зміни) стоку на ділянці (x)	Alt x	умовн. %	$\frac{LV}{W_{x5}} \times 100\%$	Розрахунок
Площа заповнення на ділянці (x)	S_{flx}	кв. км.	-	Топокарти, дешифрування КЗ
Зміна заповнення екосистем на ділянці (x)	IF_X		$\frac{Sfi \times LV_{acc}}{W_{x5}}$	Розрахунок
Зміна заповнення екосистем у сценарії (n)-сума значень всіх змінених ділянок заповнення	IMP_flood	%	$\frac{(\Sigma IF)_{xn}}{\Sigma S_{flx}} / 100$	Розрахунок
2. Показник трансформації водних екосистем				
Максимальна площа водосховища	R_A	кв. км.	-	Технічні характеристики водосховищ, ГІС
Сума площі всіх водосховищ вище від створу в даному сценарії (n)	SWO	кв. км.	-	Розрахунок в ГІС, карти і КЗ

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5
Площа всіх водних об'єктів річкового басейну вище від розрахункового створу (х) разом з водосховищам и в сценарії (п).	SWR_{xn}	кв. км.	-	Топокарти, розрахунок ГІС
Відношення площі водосховищ (а) до площі всіх водних екосистем вище від створу (в сценарії)	$IMP_{res_{xn}}$	%	$\frac{R_{A_{acc_{xn}}}}{SWR_{xn}} \times 100$	Розрахунок
3. Показник блокування басейну				
Площа ділянок басейну річки вище даного створу (х), заблокованих вище побудованих за сценарієм (п) гребель	$SB_{dam_{up_x}}$ <i>n</i>	кв. км.	-	ГІС моделювання і розрахунок
Площа басейну вище даного створу (х)	SB_{up_x}	кв. км.	-	ГІС моделювання і розрахунок
Блокування річкового басейну, зокрема перетин шляхів міграції біологічних видів	IMP_{block_n}	кв. км	$\frac{SB_{dam_{up_{xn}}}}{SB_{up_x}}$	Розрахунок

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5
4. Показник фрагментації				
Площа частин басейну річки, на які фрагментовано греблями басейн в сценарії	I, II, ... (в сценарії- n)	кв. км.	-	ГІС моделювання і розрахунок
Загальна площа басейну головної ріки	SB	кв. км.	-	ГІС моделювання і розрахунок
Фрагментація басейну	IMP_frgm	%	$\left(1 - \frac{\sqrt{I^2 + II^2 n}}{SB_{upx}}\right) / 100$	Розрахунок
5 Коефіцієнт екологічного дисбалансу				
Відсоток орних земель	Sal	%	-	ГІС моделювання і розрахунок
Відсоток лісових угідь	Sf	%	-	ГІС моделювання і розрахунок
Відсоток водних угідь	Sw	%	-	ГІС моделювання і розрахунок
Відсоток заболоченості території	Ss	%	-	ГІС моделювання і розрахунок
Коефіцієнт екологічного дисбалансу	Kedb	%	$Kedb = Sal / Sf + Sw + Ss$	Розрахунок
6 Коефіцієнт якості води				
Комплексний індекс потенціалу якості	КІПЯ		$КІПЯ = \begin{cases} \sum \frac{НЯi}{Ci}, \text{ якщо } > 1, \\ \text{якщо } < 1, \\ \text{тоді } \sum - \frac{Ci}{НЯi} \end{cases} / n$	-
Коефіцієнт відповідності якості води	FCQ	%	4/КІПЯ	4 показник оптимуму
R_{he} - комплексний показник природно-техногенного впливу				

Опираючись на взаємозв'язок причин та наслідків виникнення природно-техногенного впливів, запропонований підхід містить структурні показники, що дозволяють в повному обсязі оцінити можливий вплив та шляхом замінення показників визначати динаміку зміни поведінки гідроекосистеми.

Чільним фундаментальним завданням в рамках окресленого дослідження є обґрунтування і розвиток методики експрес-оцінення сценаріїв освоєння гідрологічного потенціалу басейнів річок, що охоплює порівняльний аналіз різних сценаріїв розвитку діяльності визначення сприятливих показників та значень, які мінімізують екологічні збитки від діяльності. Пропонований метод особливо актуальний в басейні ріки Дністер, який має високий неосвоєний гідроекологічний потенціал і потребує збереження екосистем і біоти річок [113].

Характеристика та аналіз всіх потенційних заходів у великих річкових басейнах дозволить науковим, екологічним, громадським організаціям і експертному співтовариству формулювати більш обґрунтовані пропозиції для складання та коригування стратегій регіонального розвитку, схем охорони та використання водних ресурсів, схем розміщення об'єктів енергетики, корпоративних і відомчих планів, інвестиційних програм. Перспектива розвитку та розширення поняття природно-техногенного впливу полягає у можливості залучення більшої кількості досліджуваних показників, що дасть змогу адаптувати даний метод до особливостей кожного водотоку. Так, наприклад, в описуваному методі використовуємо показник вимірювання гідрорежиму, що враховує наявні на річці водосховища, під час дослідження водного об'єкту враховують особливості, що притаманні обраній структурній одиниці і не можуть ігноруватись при проведенні господарської діяльності.

Технічні протипаводкові споруди є частиною господарської інфраструктури так само, як і дороги та телекомунікації. Намагаючись побудувати нові протипаводкові споруди чи водосховища, не можна

недооцінювати кінцеві ефекти і необхідність підтримання в нормальному стані існуючих споруд. Тільки виконання комплексу заходів, який охоплює природну затримку води, технічні споруди, превентивні заходи щодо зменшення ризиків, визначення небезпеки залишкових впливів та індивідуальні превентивні заходи, можуть привести до поліпшення протипаводкового захисту. Тому потрібно порівнювати готовність до змін з тим, наскільки можна досягти поставлених цілей [114].

Водосховища в басейні річки безумовно, є важливим складником гідроекосистеми, тому басейновий підхід під час використання пропонованого методу є визначальним важелем для всебічного та обґрунтованого оцінення природно-техногенного впливу в межах обраного басейну. Даний елемент басейну вводять у формулу за допомогою співвідношення, що визначає зміну заплавної екосистем на досліджуваній ділянці. Поняття екологічного впливу дозволяє дати кількісний опис для широкого класу явищ і процесів, пов'язаних з екологічними небезпеками. Саме цей рівень оцінки впливу і становить інтерес для визначення та прогнозування природно-техногенного впливу. Широке застосування методів передбачення впливу може стати запорукою сталого розвитку регіону, тому що завдяки вчасному попередженню небажаного техногенного впливу можна вжити необхідних заходів для локалізації проблеми чи зменшення її наслідків.

3.2 Визначення ступеня природно-техногенного впливу для водних об'єктів верхньої течії басейну Дністра

Поставлене в дослідженні завдання визначення ступеня природно-техногенного впливу можна вирішити завдяки тому, що у даному методі, який містить визначення характеристик стоку з урахуванням таких показників, як шар стоку, модуль стоку, площа водозбору, відносна болотність, відносна лісистість, відносна розораність, за якими розраховують коефіцієнт дружності

весняної повені, а також визначають з використанням ГІС-технологій просторові та гідрологічні параметри, як-от: зміну гідрологічного режиму і екосистеми, запливи в нижніх б'єфах гребель аж до гирла (IMPflood), трансформацію водних екосистем внаслідок затоплення (IMPres), блокування річкового басейну, зокрема перетин шляхів міграції біологічних видів (IMPblock), фрагментацію басейну (IMPfrgm), розраховують коефіцієнти екологічного дисбалансу басейну ріки (Kedb), що передбачає прогнозний коефіцієнт дружності весняної повені, а також розраховують коефіцієнт якості води (FCQ). Введення у метод для визначення інтегрального показника комплексного природно-техногенного впливу додаткових показників, а саме: гідроекологічних, якісних (органолептичних, фізичних, хімічних, біологічних, токсикологічних, санітарного стану) – дозволить з більшою імовірністю визначити ступінь природно-техногенного впливу. На підставі отриманих даних визначають інтегральний показник комплексного природно-техногенного впливу (Rhe).

Показник вимірювання гідрорежиму визначають з урахуванням корисного об'єму водосховищ, середнього за останні 5 років стоку, на основі яких визначають зміну заплавної екосистем.

Розраховуючи показник трансформації водних екосистем, враховують максимальну площу водосховищ, яку отримують за допомогою ГІС та паспортів водних об'єктів, а також площу самого водотоку, що визначають розрахунковим методом. Нижче для р. Дністер проведено відповідний аналіз та розрахунки.

Загальна довжина р. Дністер – 1352 км. На ділянці біля водного посту Стрілки (першого на річці) – це вже значний потік шириною 10-15 м та глибиною 0,5 м.

Нижче від м. Старий Самбір Дністер виходить з району гір та набуває риси напівгірської річки. Ширина русла збільшується до 30 м.

Перед впаданням р. Стрий, найбільш повноводної притоки, ширина Дністра становить 60-65 м.

Окрім правобережних приток, що витікають з Карпат, в річку впадає ще кілька приток з лівого берега. Найбільші серед них – Гнила Липа та Золота Липа. Ширина водного перерізу (В) на цій ділянці досягає 100 м.

Дністер – в/п Стрілки – В=15м

Дністер – с. Старий Самбір – В=30м

Дністер – с. Молотов – В=63м

Дністер – с. Дубівці – В=100м

Дністер – с. Брага – В=250м

Дністер – с. Яськи – В=100м

Вср=93м

Фв. дз. =93м×1352000=125736000 м²=125,7360 км²

SWR хп=125,73+254,29=380,02 км²

Показник блокування басейну визначають з урахуванням наявності гребель на водному об'єкті.

Показник ступеня фрагментації басейну відображають з урахуванням ділянок водного об'єкта, на які фрагментовано басейн, даний показник отримують шляхом розрахування та моделювання за допомогою ГІС.

Коефіцієнт екологічного дисбалансу – це визначення екологічної збалансованості території шляхом аналізування співвідношення показників розораності, лісистості, заболоченості та водних угідь в межах басейнової гідроекосистеми.

Коефіцієнт якості води визначають шляхом розрахування на основі даних моніторингових спостережень за якісним станом поверхневих вод.

Кожен із вказаних показників – невід'ємний компонент аналізу поведінки гідроекосистеми. Застосовуючи даний метод визначення природно-техногенного впливу, отримують комплексну оцінку, тобто системний аналіз за басейновим підходом.

Визначаючи коефіцієнт екологічної збалансованості [24], метод дослідження гідоекологічного впливу передбачає басейновий підхід до визначення проблеми. Це є важливим акцентом, оскільки багато методик дослідження впливів, пов'язаних з гідросферою, означають лише централізований підхід до конкретного водного об'єкта. Застосовуючи цей метод для річок різної величини та різного стану басейну, можна провести порівняльний аналіз відмінних басейнів за єдиним принципом.

Для апробації методу проведено розрахунки для річок Дністер (як приклад визначення природно-техногенного впливу в межах басейнів великих річок, як головна ріка для досліджуваної території), Гнила Липа (вона є останньою лівою притокою перед Дністровським протипаводковим полігоном) та Лімниця (як найчистіша річка), отримано показник природно-техногенного впливу (табл. 3.2).

Таблиця 3. 2

Визначення ступеня природно-техногенного впливу

Показник	Лімниця	Гнила Липа	Дністер
1	2	3	4
1. Показник вимірювання гідрорежиму IMPflood			
Корисний об'єм водосховищ	7,5	6,3	298,8
Сумарний об'єм всіх водосховищ вище від створу (в сценарії)	12,1	49,9	298,8
Середній стік на ділянці за 5 останніх років спостереження	715	150	8400
Ступінь зміни стоку на ділянці (x)	1,06	33,20	3,55
Площа заплави на ділянці (x)	470	433	21792
Зміна заплавних екосистем на ділянці (x)	7,94	144,08	775,17
Зміна гідрологічного режиму і екосистеми заплави в нижніх б'єфах гребель, аж до гирла	0,0001	0,0033	0,0003
2. Показник трансформації водних екосистем IMP_res			

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4
Максимальна площа водосховища	2,28	12,60	254,29
Сума площі всіх водосховищ вище від створу в даному сценарії (n)	2,28	12,60	254,29
Площа всіх водних об'єктів річкового басейну вище від розрахункового створу (x) разом з водосховищами в сценарії (n).	31,2	21,4	380,0
Трансформація водних екосистем внаслідок затоплення	7,3	58,9	66,9
3. Показники блокування басейну IMP_block			
Площа ділянок басейну річки вище від даного створу (x), заблокованих вище від побудованих за сценарієм (n) гребель	655,7	954,5	40500,0
Площа басейну вище від даного створу (x)	1580	1320	53490
Блокування річкового басейну, зокрема перетин шляхів міграції біологічних видів	0,42	0,72	0,75
4. Показники фрагментації IMP_frgm			
Площа частин басейну річки, на які фрагментований греблями басейн в сценарії	632; 948	344; 976	12990; 40500
Загальна площа басейну головної ріки	68 627	68 627	68 627
Фрагментація басейну	0,0098	0,0021	0,0042
5 Коефіцієнт екологічного дисбалансу Kedb			
Відсоток орних земель	16,25	61,3	36,0
Відсоток лісових угідь	70,0	29,8	13,2
Відсоток водних угідь	11,05	5,66	0,50
Відсоток заболоченості території	2,7	3,2	1,5

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4
Коефіцієнт екологічного дисбалансу	0,19	1,58	2,30
6 Коефіцієнт якості води FCQ			
Комплексний індекс потенціалу якості	2,40	0,58	0,98
Коефіцієнт відповідності якості води	1,60	6,91	4,08
Rhe – комплексний показник природно-техногенного впливу	0,212	0,386	0,266

За проведеними розрахунками в межах басейну ріки Лімниця комплексний показник природно-техногенного впливу *Rhe* становить 0,212, що є наближеним до так званого еталонного значення та не вимагає радикальних дій. На такій території немає застережень для проведення та розширення діяльності. При цьому для прогнозування природно-техногенного впливу в межах досліджуваного басейну ми можемо визначити, чим загрожуватиме гідроекосистемі зміна одного або кількох параметрів навколишнього середовища. Припустімо, планована діяльність, що чинить прямий вплив на один або кілька параметрів формування впливу водозабезпечення, має орієнтовні об'єми, які визначають тиск на гідроекосистему, у такий спосіб, враховуючи потужності діяльності, підставляємо орієнтовні показники у формулу для визначення природно-техногенного впливу і отримуємо значення так званого потенційного впливу для басейну ріки або його ділянки [115].

Для річки Гнила Липа показник *Rhe* становить 0,386, він перебуває на верхній межі зони оптимуму та не виходить за межі допустимих норм. При цьому, зважаючи на те що він майже досягає межі переходу, басейн ріки потребує постійного контролю з метою уникнення погіршення стану гідроекосистеми. Для річки Дністер показник *Rhe* становить 0,266, що теж не

виходить за межі зони оптимуму та підлягає контролю, для уникнення погіршення стану гідроекосистеми.

Такий метод можна застосовувати для визначення чи прогнозування ступеня природно-техногенного впливу в межах басейнової гідроекосистеми. Конкретним фундаментальним завданням в рамках даного дослідження є обґрунтування та розвиток методики експрес-оцінки сценаріїв освоєння гідроекологічного потенціалу рік, зокрема порівняльний аналіз різних сценаріїв розвитку ситуації. Так можна спрогнозувати зміну ступеня природно-техногенного впливу в межах басейнової гідроекосистеми. Розглянуто басейн ріки Дністер з потенційним впливом – будівництвом каскаду ГЕС згідно затвердженої Кабінетом Міністрів України Програми розвитку гідроенергетики на період до 2026 року №552-р. від 13 липня 2016 р. Показник природно-техногенного впливу змінився на 0,04 одиниці (табл. 3.3). Зважаючи на те що даний вплив розглядаємо на фоні цілого басейну водного об'єкту, а не його ділянки, то ця зміна є суттєвою і потребує посиленого контролю в разі впровадження проектованої діяльності.

Таблиця 3.3

Прогноз ступеня природно-техногенного впливу внаслідок порушення гідроекосистеми річки Дністер будівництвом каскаду ГЕС

Показники	Показники для р. Дністер до втручання	Показники для р. Дністер після втручання
1	2	3
Показники вимірювання гідрорежиму IMP_flood	0,000356	0,000530
Показники трансформації водних екосистем IMP_res	66,914899	68,461326
Показники блокування басейну IMP_block	0,757151	0,757151
Показники фрагментації IMP_frgm	0,002049	0,002049
Коефіцієнт екологічного дисбалансу Kedb	2,368421	3,346939

Продовження таблиці 3.3

1	2	3
Коефіцієнт якості води FCQ	4,081633	4,444444
Rhe	0,266333	0,307068

Плановані гідровузли з водосховищами Верхньодністровського каскаду ГЕС розташовуватимуться на територіях Івано-Франківської, Тернопільської та Чернівецької областей від с. Довге до виклинювання водосховища Дністровського гідровузла, довжиною близько 220 км (Рис. 3.1). Технічні характеристики: передбачена потужність п'яти руслових гідроелектростанцій — по 60 МВт кожна, а дериваційної — 86 МВт. За попередніми проектними розробками ПАТ «Укргідропроєкт», орієнтовна вартість будівництва становить 1100 млн євро [116].

Отже, ГЕС-1 мають звести біля с. Вістря Монастирського району. Там планують звести лівобережну глуху земляну та бетонну водозливну греблі. Водосховище, яке утвориться, сягатиме 26 кв. км. Наслідок — підтоплення городів або й будинків у селах Вістря та Смерклів, а також, найімовірніше, буде затоплено ботанічний заказник Теребіж біля с. Діброва, створений для збереження білоцвіту весняного, та відслонення девону № 2 в околицях с. Вістря (геологічна пам'ятка історії на Тернопільщині). Через зарегулювання Дністра повністю зміниться його гідрорежим. Зникнуть такі червонокнижні види риб, що люблять течію, як марена, вирезуб, чоп, стерлядь. [117].

ГЕС-2 має розташуватись на відстані 3,5 км вище від села Монастирок на території Тлумацького і Городенківського районів Івано-Франківської області та Монастирського і Буцацького районів Тернопільщини. Утворюється водосховище на 44 кв. км. Виникає імовірність підтоплення городів або й будинків у селах Возилів, Сокирчин, Набережне, Долина [117].

ГЕС-3 планують створити біля села Литячі на території Заліщицького і Буцацького районів Тернопілля та Городенківського району Івано-Франківщини. Плановане водосховище на 24 кв. км призведе до підтоплення

городів або й будинків у с. Хмелевій (Івано-Франківська область). Від Тернопільщини Дністер і прибережна смуга входять у межі НПП «Дністровський каньйон» із вилученням у користувачів [117].

Споруди гідровузла з ГЕС-4 та водосховищем комплексного призначення передбачають розташувати біля с. Зелений Гай на території Заліщицького району. Утвориться водосховище на 28 кв. км. Відбудеться підтоплення городів або й будинків у Городниці, Передівані та Іване Золотому. Також у зону затоплення потрапляють нижні частини розташованих на схилах ботанічних заказників [117].

А споруди гідровузлів з ГЕС-5 та ГЕС-6 і водосховищем хочуть побудувати біля с. Брідок на території Заставнівського району Чернівецької області, що межує із Заліщицьким районом та селом Устя й суміжною Буковиною. За підпору води на вісім метрів утворюється водосховище на 40 кв. км, при цьому ймовірно підтоплення городів або й будинків у Синькові та Зозулинцях, порушується режим Городоцько-Добровлянського іхтіологічного заказника та, частково, Касперівсько-Городоцького. У зону затоплення потрапляють нижні частини розташованих на схилах ботанічних заказників: Стінка Городок-Костільники та Деренівська стінка (ботанічні пам'ятки природи, що на Тернопільщині), Синьківська кострицева степова ділянка, Урочище Криве. При Устянській ГЕС утворюється водосховище на 30 кв. км, і можливе підтоплення городів або й будинків у Горошовій і Колодрібці [117]. Загальна площа водосховищ – понад 870 га [118].

Це питання досліджували вітчизняні вчені [119, 120], з аналізу економічних ефектів випливає, що будівництво низьконапірних ГЕС на ділянці верхнього Дністра дасть змогу вирішити проблеми енергодефіциту в цьому регіоні та захисту від паводків, що завдають великої шкоди населенню, економіці та довкіллю. Крім того, у проекті передбачено кошти на облаштування інфраструктури прилеглих територій, а це шість мостів через Дністер, сотні кілометрів шосейних доріг, ремонт шкіл, медичних закладів,

приплив нових інвестицій у рекреаційні проекти, торгівлю, культуру тощо. Проте, коли в межах русла річки збудувати водосховища, то докорінно зміняться всі природні процеси – гідрологічні, мезокліматичні, ґрунтоутворчі, біогеохімічні. Змін і порушень зазнають усі компоненти ландшафту [121]. За дослідженнями вчених [121], перш за все сповільниться течія. Дністер – швидка річка, яка поки що зберігає здатність до самоочищення. На річці вже є три греблі – дві в Новодністровську, одна – в Дубоссарах. Дністровське водосховище поступово заповнюється замулом, акумулюються розчинені й завислі у воді забруднювальні речовини. Органіка, яка залишається на дні водосховищ, слугуватиме потужним джерелом виділення метану. Водосховища не лише зберігають воду, але й сприяють випаровуванню. Тому буде погіршено якісні фізичні й хімічні параметри води, умови середовища водних організмів, для яких потрібні чисте дно і швидка течія, докорінно порушаться шляхи міграції риб і їх нерестилища, знизиться стійкість водної екосистеми і її здатність до регенерації біогеохімічних процесів [121, 122].

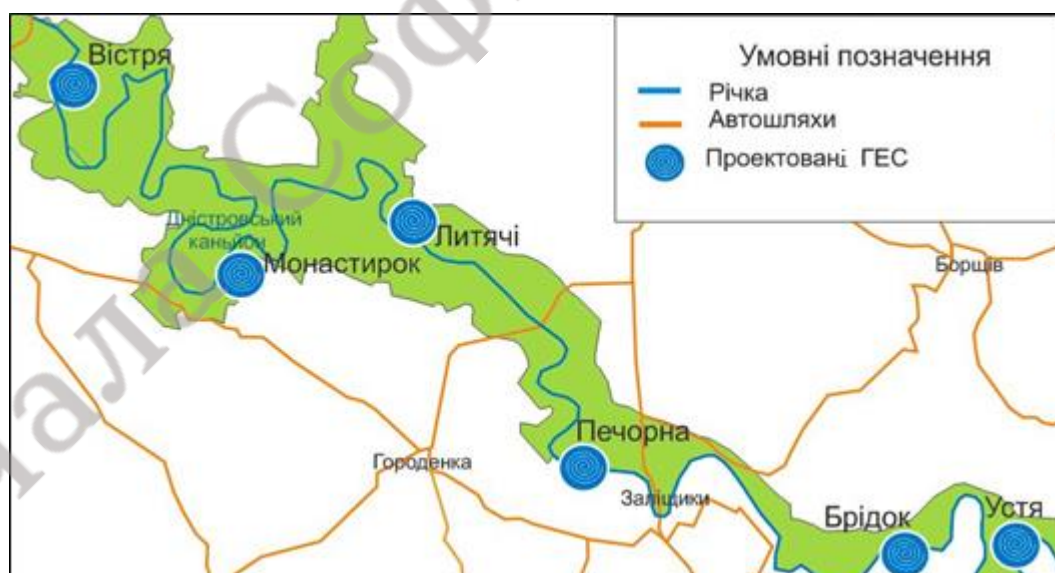


Рисунок 3.1. Схема розташування проектного каскаду GES

Отже, запропонований метод дозволяє оцінити вплив ланцюга факторів на басейнову гідроекосистему; порівняти ступені впливу на фрагментах

одного і того ж басейну і стан різних водних об'єктів між собою, незалежно від факторів, що спричинили зміну стану; оцінити динаміку змін ступеня природно-техногенного впливу в часі для певного об'єкта чи ряду об'єктів; порівнювати стан басейнів різного ступеня впливу, зокрема заповідних та рекреаційних територій; визначати величину максимально можливого навантаження, що не виведе систему за межі екологічного оптимуму; здійснювати гідроекологічний прогноз; моделювати та картувати гідроекологічну ситуацію та ін.

Описуваний підхід дає можливість простежити багаторічну динаміку зміни антропогенного навантаження на водні об'єкти, порівняти комплексний показник природно-техногенного впливу в призмі різних гідроекосистем. Оскільки для дослідження використовуємо неусереднені значення, ми отримуємо можливість порівняти вплив зміни якісних параметрів на досліджувану гідроекосистему залежно від активності та розвитку господарської діяльності в басейні обраної ріки. Це важливо у зв'язку з активним розвитком техногенної діяльності в регіоні та стрімке зростання рекреаційної інфраструктури.

Рекомендуємо з метою збереження природних гідроекосистем Карпатського регіону використати отримані дані, розширити їх застосування та визначити залежності зміни ступеня природно-техногенного впливу головної ріки та її приток. Застосування запропонованого методу дозволяє повніше оцінити екологічний стан водного об'єкта, щоб обґрунтувати і прийняти рішення, які спрямовані на його покращення [66].

Висновки до розділу 3

1. Вперше розроблено комплексний метод оцінення природно-техногенного впливу, що дає можливість більш повно оцінювати стан басейнової гідроекосистеми, визначити імовірність її порушення і, відповідно,

більш предметно застосовувати комплекс заходів щодо зниження впливу негативних наслідків впливу на гідроекосистеми.

2. Апробовано метод комплексного оцінення природно-техногенного впливу. Отриманий ступінь впливу для певної басейнової одиниці, за динамічності всіх складників, можна використовувати для оцінення ступеня природно-техногенного впливу об'єктів-аналогів. Введення спеціально розробленої шкали для оцінення природно-техногенного впливу дає можливість використання простого методу встановлення пріоритетів, де певні райони чи ділянки гідроекосистеми, які відповідають визначеним стандартам якості навколишнього середовища, без подальшого втручання можна вважати еталонними, а інші ділянки гідроекосистем можна ранжувати і оцінювати залежно від ступеня природно-техногенного впливу.

3. Спрогнозовано процес взаємодії техногенного навантаження з поверхневими гідроекосистемами. Проаналізовано та обґрунтовано вплив будівництва Верхньодністровського каскаду ГЕС, з метою оцінення стану гідроекосистеми та рівня природно-техногенних впливів на передпроектних стадіях впровадження техногенних об'єктів, у процесі розроблення стратегій управління річковими басейнами, під час створення й реалізації комплексних регіональних програм розвитку водного господарства, цілей екологічної політики, визначено сучасний і прогнозний рівень природно-техногенного впливу, що є основою для розроблення заходів стабілізації та поліпшення стану довкілля й управління природно-техногенною безпекою гідроекосистем.

РОЗДІЛ 4
ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРИНЦИПУ
РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЙНО-
ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ НА ВОДНИХ ОБ'ЄКТАХ

**4.1 Картографічна модель паводків різної забезпеченості для
верхньої течії басейну Дністра**

Досліджуваний регіон перебуває під постійним гідрометеорологічним спостереженням. Тут контролюють якість води, і спостерігають за водними режимами рік, адже гірські річки є небезпечними через свою руйнівну силу і, за недостатнього контролю за їхнім станом, водна стихія може завдати небачених збитків на значних територіях суходолу, також контролюють і кліматичні показники. Ця інформація формує базу основних кліматичних та гідрологічних характеристик цього регіону. Проте питання кліматичних змін так гостро постало лише в останні десятиліття, тепер, здавалось би, за наявності постів спостережень за основними показниками, які дають змогу розглянути залежність кліматичних показників від показників водності водойм, оцінити залежність можна було б одразу, лише сформувавши демонстраційні моделі та прослідкувавши динаміку і тенденцію змін. Але на цьому етапі виникають нові проблеми, за час спостережень через певні умови група створів, на яких вели спостереження за водними режимами та гідрологічними характеристиками водойм регіону, часто змінювалась. У зв'язку з цим виникають труднощі з порівнянням коливань рівнів води та простеженням динаміки зміни витрат води на конкретних водоймах. Адже, щоб простежити динаміку, необхідний тривалий період спостережень, близько півстоліття. Саме тому Карпатський регіон варто розглянути як об'єкт, на якому будуть простежуватись кліматичні зміни та їхній зв'язок з коливаннями рівнів води у водоймах регіону.

У дослідженні було розглянуто 9 пунктів спостереження, які належать до Івано-Франківської та Закарпатської областей і мають набір відповідних даних для аналізування: р. Тиса в пункті спостереження Великий Бичків, р. Прут в пункті Ворохта, р. Кам'янка в пункті Дора, р. Косівська у пункті Косівська Поляна, р. Біла Тиса в пункті Луги, р. Тиса в пункті Рахів, р. Прут в пунктах Татарів і Яремча та р. Чорна Тиса в пункті Ясіня. Для унаочнення спостереження за змінами у даних об'єктах було обрано дані за 2002, 2003, 2005, 2006, 2008 та 2009 роки (рис. 4.1, 4.2).

Внаслідок аналізу відзначаємо невелику тенденцію до зниження рівнів води у водоймах і підвищення температури повітря (рис. 4.1, 4.2). Зважаючи на такий короткий відтинок часу щодо глобальних кліматичних змін можна зауважити, що це значна зміна та імовірна тенденція до потепління клімату загалом.

Розглядаючи Карпатський регіон, необхідно облаштувати довготермінові пости спостереження в пригірських районах так, щоб вони були прив'язані до гірських річок, тобто потрібні як гідрологічні, так і метеорологічні спостереження. Це надасть змогу краще і точніше встановити залежність між змінами клімату та коливаннями водності рік регіону, а також розширить можливості міжрегіонального та міжнародного співробітництва [123].

Таким чином, розглядаючи наведені в дослідженні фактори природно-техногенного впливу, слід зазначити, що на основі періодичності зареєстрованих у минулому столітті великих катастрофічних паводків на Прикарпатті можна передбачити формування таких, а можливо, й більш руйнівних навіть у найближчий час.

Аналізуючи програми та стратегії розвитку світових організацій в галузі протипаводкового захисту, можна зауважити, що програми такого характеру потребують вдосконалення та оптимізації результатів і витрат.

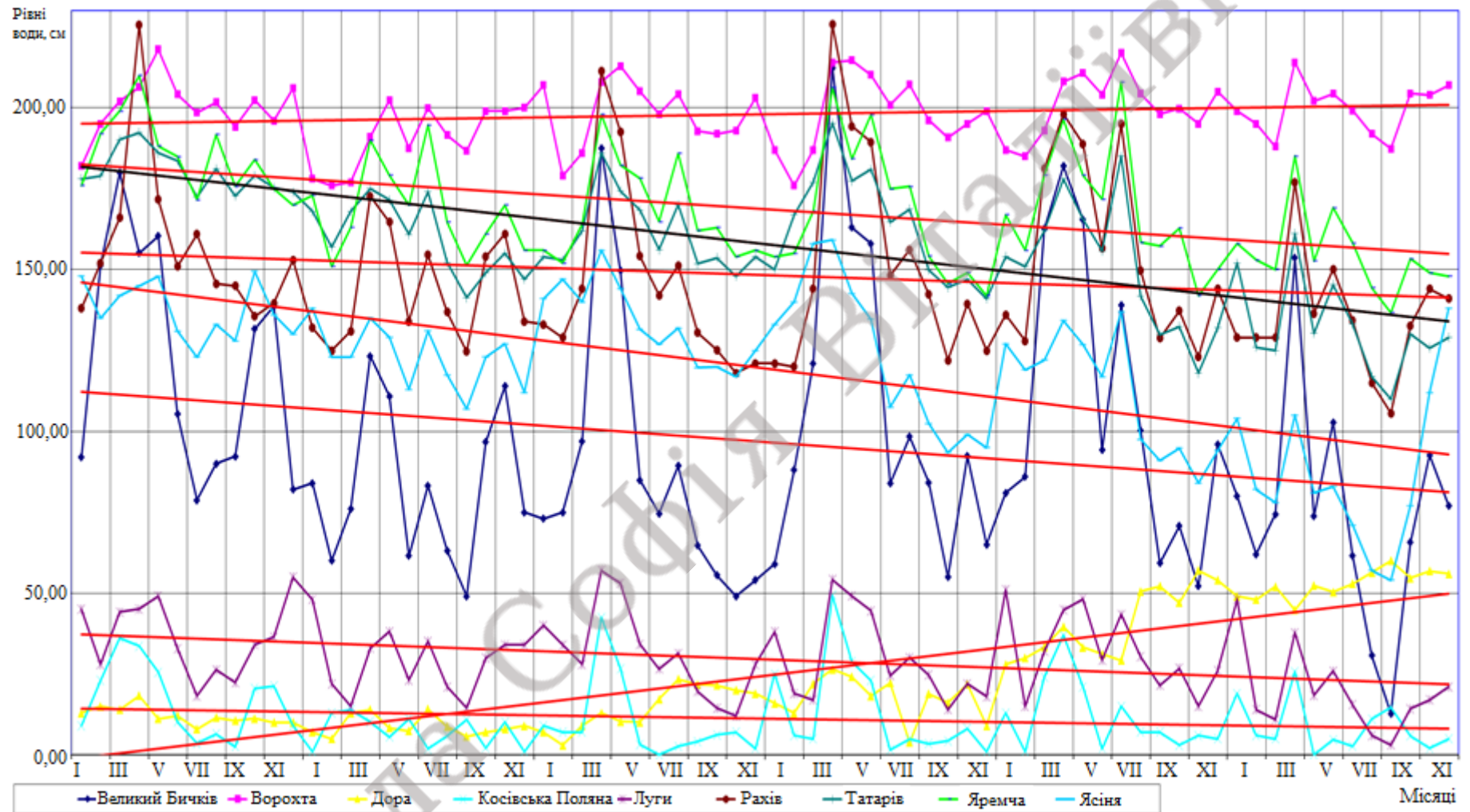


Рисунок 4.1. Коливання водності рік Карпатського регіону

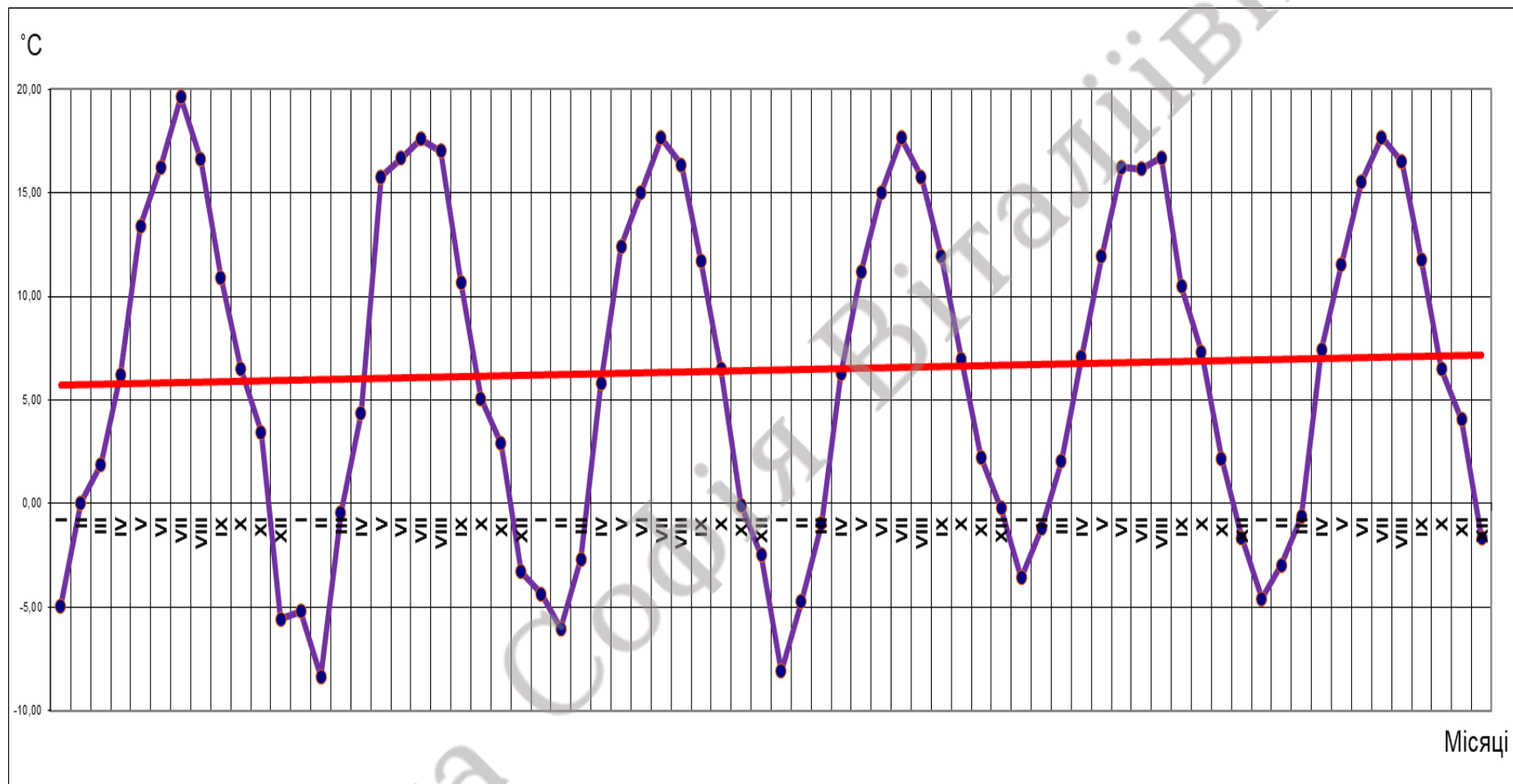


Рисунок 4.2. Коливання температурних показників Карпатського регіону

Створення просторових динамічних моделей значно полегшить вжиття та удосконалення руслорегулювальних та протипаводкових заходів. На рисунку (рис. 4.3) наведено зони затоплення р. Дністер на території Івано-Франківської області паводками різної забезпеченості. Таку модель побудовано на основі максимальних розрахункових рівнів води за пропуску паводків різної забезпеченості (Додаток Б), із застосуванням ГІС MapInfo, що дозволяє просторово оцінити масштаби та наслідки прогнозованих лих, а також дає можливість вжити найнеобхідніших заходів, що за мінімальних затрат дадуть максимальний ефект. Модель дозволяє візуалізувати зони впливу затоплення, вжити найнеобхідніших заходів, що за мінімальних затрат дадуть максимальний ефект. Враховуючи зони затоплення території басейну річки, коливання кліматичних показників, рівень зволоженості, досвід попередніх досліджень у цій галузі та застосовуючи методи прогнозування впливу та наслідків, які можуть бути завдані можна підвищити ефективність комплексного прогнозування природно-техногенного впливу та передбачити заходи запобігання та подолання наслідків цих впливів. Таким чином, ґрунтовний підхід до вивчення досліджуваної території дає змогу сформувавши ефективну мережу моніторингу стану поверхневих вод та підвищити рівень екологічної безпеки гідроекосистеми [124].

Постає необхідність деталізації та поглиблення системи моніторингу поверхневих водних ресурсів. Якщо класична система моніторингу передбачає переважно визначення якості поверхневих вод та контроль рівнів води на водних об'єктах, то запропонована модель моніторингу передбачає еволюційне рішення для контрольних географічно прив'язаних гідрометеорологічних показників додавання показників визначення вологості ґрунтового покриву. За класичного підходу не враховують кількість акумульованих ґрунтовим покривом опадових вод. Проте, за проаналізованими дослідженнями, здатність ґрунту затримувати атмосферні

опади може дещо змінити показники як поверхневого стоку, так і загальний показник природно-техногенного впливу.

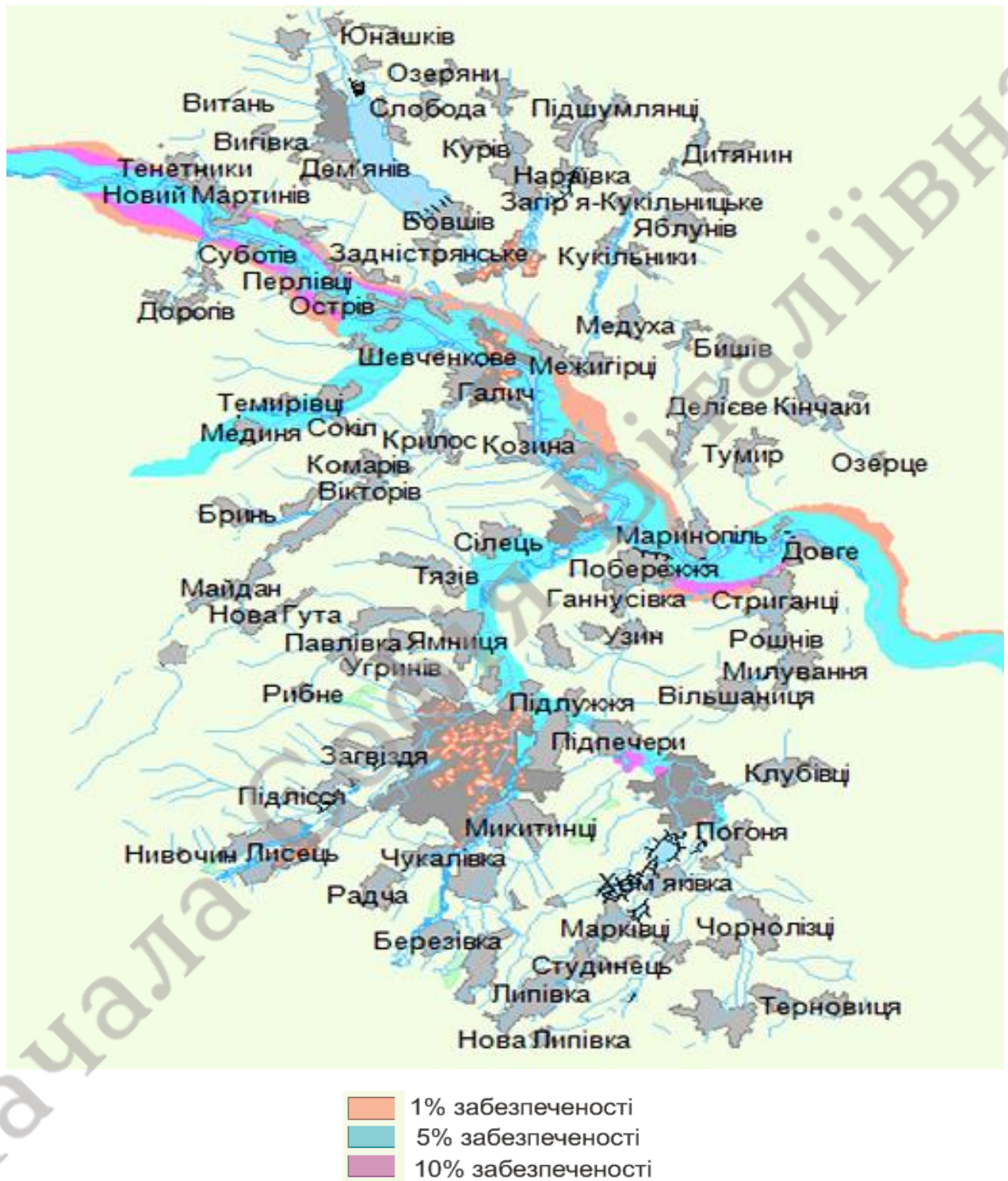


Рис. 4.3. Зони затоплення р. Дністер на території Івано-Франківської області паводками різної забезпеченості [125], (Додаток Б)

4.2 Удосконалення автоматизованої інформаційно-вимірювальної системи

Удосконалення систем контролю водозабезпечення посідає одне з найважливіших місць у процесі прогнозування гідроекологічних небезпек. Для розширення контрольованих параметрів та спрощення процесу ми дослідили системи, що використовують в Україні та світі. З метою визначення їх ефективності та виділення недоліків сформульовано алгоритм функціонування та проаналізовано ефективність взаємозв'язку ланок системи [126].

З метою прогнозування та дослідження повеневих та паводкових впливів використовуються автоматичні інформаційно-вимірювальні системи (AIBC). Так, наприклад, основними показниками, що вимірюють проаналізовані AIBC (Flood Control systems Using Wireless Sensor Networks, Early Warning system for flood events, Flood Observatory System, "ТИСА", Прикарпаття, акустична система контролю, комп'ютерна система з автономними інтелектуальними давачами), є рівень води, кількість опадів, температура повітря та атмосферний тиск. Таким чином, з метою детального вивчення і контролю виникнення надзвичайних ситуацій різного генезису вченими [127] було запропоновано використати ще один контролюючий показник стану водозбору перед утворенням паводку – зволоженість ґрунтів, оскільки від неї залежать втрати дощової води на затримання її на поверхні та на фільтрацію у ґрунти.

Враховуючи вище сказане, вченими [128] були запропоновані структурні схеми, на яких базуватиметься розроблення AIBC, яка включатиме і контролюватиме три основні природні фактори, а саме: кількість опадів, рівень води під час паводків та зволоженість водозбору (рис. 4.4).

Таким чином, аби досягти ще більш високого рівня екологічної безпеки в межах гідроекосистеми, автор дисертації запропонував введення додаткового компонента – пристрою для визначення кислотності дощових опадів.

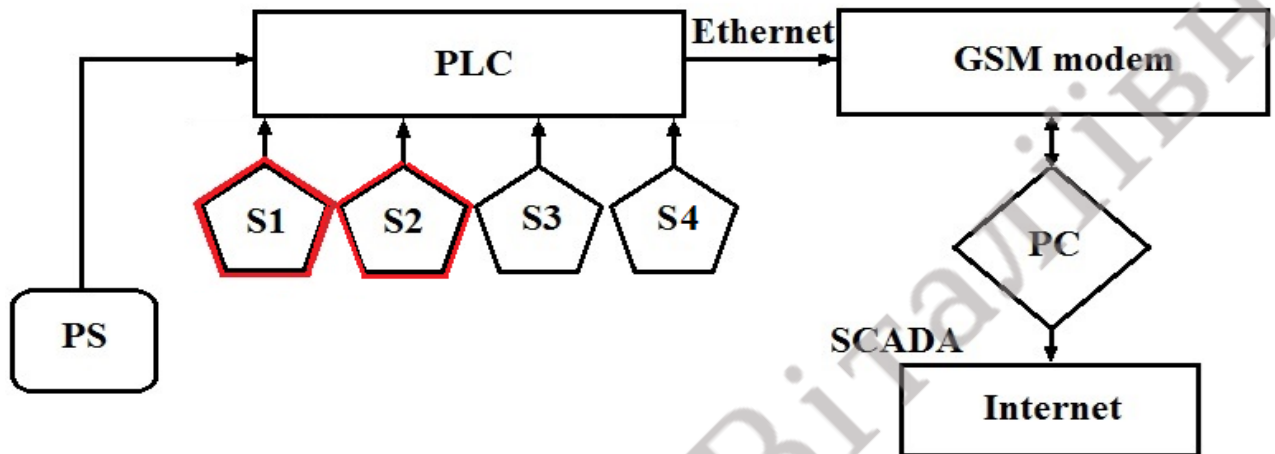


Рис. 4.4. Структурна схема пристрою контролю рівня паводкових вод з вдосконалим пристроєм для вимірювання вологості ґрунту та пристроєм для контролю кислотності дощових опадів

Пояснення до рис. 4.4:

- PLC – програмований логічний контролер (Programmable L Controller);
- S1 – вдосконалий датчик вологості ґрунтів (S1, sensor 1);
- S2 – пристрій для контролю кислотності дощових опадів (S2, sensor 2);
- S3 – опадомір (S3, sensor 3);
- S4 – датчик рівня (S4, sensor 4);
- PS – блок живлення (Power Supply);
- PC – персональний комп'ютер (Personal Computer);
- GSM – глобальна система мобільного зв'язку (Global System for Mobile Communications);
- Ethernet – базова технологія локальних обчислювальних (комп'ютерних) мереж з комутацією пакетів;
- SCADA – система диспетчеризації, управління та збору даних (Supervisory

Control And Data Acquisition);

- Web-navigator – програма для віддаленого доступу до SCADA;
- Internet – всесвітня система взаємополучених комп'ютерних мереж [127].

Для реалізації і розробки системи контролю рівня паводкових вод використовуватимуться технічні засоби, що наведені на рис. 4.4.

У вдосконалену схему AIBC входять (рис. 4.5): Sitrans XPS10 – ультразвуковий давач рівня; MultiRanger 100 – (первинний перетворювач); ARG 100 – опадомір; GSM – глобальна система мобільного зв'язку (Global System for Mobile Communications); Ethernet – базова технологія локальних обчислювальних (комп'ютерних) мереж з комутацією пакетів; контролер S7 – 300 фірми Siemens та SCADA – система диспетчеризації, управління та збору даних (Supervisory Control And Data Acquisition); вдосконалений пристрій для вимірювання вологості ґрунтів; пристрій для визначення кислотності дощових опадів.

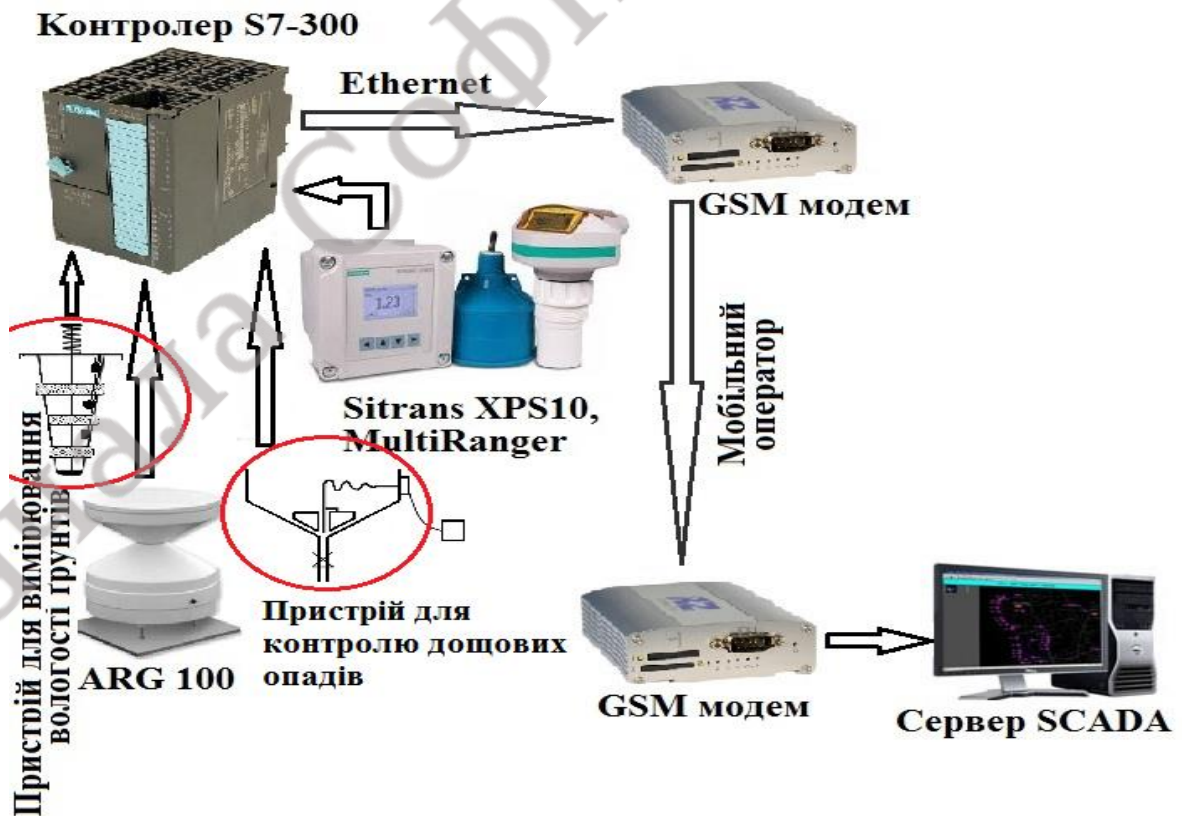


Рис. 4.5. Структурна схема вдосконаленої AIBC [129; 130]

Принцип роботи комп'ютеризованої АІВС: давачі Sitrans XPS10 та ARG 100 відповідно призначені для контролю за зміною рівня води у ріці в період паводкових вод чи повеней та для вимірювання кількості атмосферних опадів можуть бути встановлені у боксі чи щиті на березі ріки або на опорах мостів [129].

Отже, врахування здатності ґрунту поглинати вологу є важливим фактором для вивчення особливостей функціонування басейнової гідроекосистеми, що є складником комплексного прогнозування природно-техногенного впливу. Такі вимірювання можна використовувати під час формування системи моніторингу, комплексного прогнозування, природно-техногенного впливу, зокрема для збільшення ступеня завчасності прогнозування паводкових явищ, під час гідрометеорологічних досліджень та встановлення автоматизованих гідрологічних постів спостережень. Автор дисертаційної роботи запропонував нововведені компоненти – пристрій для вимірювання вологості ґрунтів та пристрій для контролю кислотності дощових вод, що як компоненти АІВС досі не використовували (рис. 4,7, 4,9).

4.3 Розробка пристрою для вимірювання вологості ґрунту

У дисертаційному дослідженні описано принцип роботи та будову удосконаленого пристрою для вимірювання вологості ґрунту, як складової частини гідроекологічного прогнозу. Для введення цього пристрою в ланцюг визначення параметрів, вимірюваних для прогнозування утворення паводкового впливу, було проаналізовано деякі можливості та умовності функціонування. Прийнято рішення вдосконалити сучасні пристрої шляхом поєднання властивостей, які забезпечують стаціонарне безперервне функціонування системи вимірювання та передавання даних.

У теперішній час тиск на водні об'єкти та гідроекосистеми загалом зумовлений різними факторами, визначати вплив кожного з яких є об'ємним і

недоречним процесом. Кожен окремий басейн – це поєднання кількох природних факторів, які взаємодіють протягом дуже тривалого часу. Під час випадання атмосферних опадів з помірною інтенсивністю ґрунтовий покрив в межах басейну ріки здатен вбирати значну їх кількість, що впливає на формування поверхневого стоку.

Невеликі опади, що випали протягом доби, просочуються в ґрунт і стікають по підстелювальних зруйнованих або сильно тріщинуватих породах у балки і річки у вигляді ґрунтового стоку. Ґрунтовий стік відіграє велику роль у формуванні загального річкового стоку басейну ріки. За інтенсивних опадів і великій їх сумі, крім ґрунтового стоку, значна частина опадів стікає у вигляді поверхневого схилового стоку. У такі дні спостерігається швидкий підйом рівнів води у річках, що може сприяти небезпечному підйому рівня води у водоймах. Здатність ґрунту, поширеного в межах території басейну, вбирати вологу позначається на гідрологічному режимі річок. Врахування зволоженості водозбору на формування паводків є дуже важливим у вирішенні багатьох складних питань, розрахунках та прогнозах стоку, оціненні впливів, правильному плануванні лісового господарства та експлуатації земель.

Від зволоженості водозбору залежать втрати опадових вод через затримання на поверхні та в приповерхневому шарі, фільтрація води в підґрунтя. Такі процеси враховано в математичній моделі формування паводкового стоку, яку застосовують для прогнозування перебігу стоку під час паводків у Карпатах [131].

Модель описує процеси, які відбуваються на водозборі: випаровування, поверхневе затримання, просочування води в ґрунт і підґрунтя, накопичення її в підповерхневому шарі, водоутворення різних видів стоку [132].

Зволоженість водозбору виражають через її дефіцит – dt , який оцінюють методом водного балансу, а саме [132]:

$$d(t) = \begin{cases} \sum_0^{t=\Delta t} [E(\tau) + \delta d(\tau) + i_0 - h(\tau)] \Delta t, & P(\tau) > 0, \\ \sum_0^{t=\Delta t} [E(\tau) + \delta d(\tau)] \Delta t, & P(\tau) = 0. \end{cases} \quad (4.1)$$

Пояснення до системи рівнянь:

а) $E(t)$ – інтенсивність випаровування з поверхні водозбору:

$$E(t) = [K_1 + K_2 U(t)] D(t) \cdot \exp[-d(t)/W_m] \quad (4.2),$$

де K_1, K_2 – коефіцієнти; $U(t)$ – швидкість приземного вітру, м/с; $D(t)$ – дефіцит вологості повітря, гПа; $d(t)$ – дефіцит вологості діючого шару ґрунту та підґрунтя, мм; W_m – максимальна вологоємність діючого шару ґрунту та підґрунтя, в якому формується підповерхневий стік.

б) $\delta d(t)$ – інтенсивність зміни зволоженості водозбору внаслідок стікання води, мм:

$$\delta d(t) = K_5 \exp[-K_4 d(t - \Delta t)] [W_m - d(t - \Delta t)]. \quad (4.3)$$

де K_4 – параметр, який відображає зміну зволоженості водозбору внаслідок відтоку води; K_5 – параметр, який відбиває вплив зволоження поверхні водозбору за попередній проміжок часу на величину підповерхневого стоку; Δt – розрахунковий інтервал, години.

в) i_0 – інтенсивність фільтрації води за межі ґрунту та підґрунтя (поповнення підґрунтового стоку), мм;

г) $h(t)$ – інтенсивність затримання води в ґрунті та підґрунті, мм:

$$h(t) = \begin{cases} d(t - \Delta t) / K_3, & h(t) < P(t) - E(t) \\ P(t) - E(t), & h(t) \geq P(t) - E(t) \end{cases} \quad (4.4)$$

де K_3 – параметр, який визначає здатність підповерхневого шару ґрунту й підґрунтя до вбирання та дренажування води;

$P(t)$ – інтенсивність опадів, мм [132].

При дослідженні даного питання нами було проведено вибірку даних за показниками величини стоку та кількості опадів для досліджуваного водозбору та створено порівняльну модель (Рис. 4.6), яка демонструє невідповідність коливання опадів та динаміки зміни стоку. Це свідчить про те, що зволоження водозбору перед початком опадового явища, має велике значення при формуванні стоку. Таким чином, дослідження вологості ґрунтів є вагомим складником, при прогнозуванні паводкових явищ, особливо на територіях з високою паводковою небезпекою.

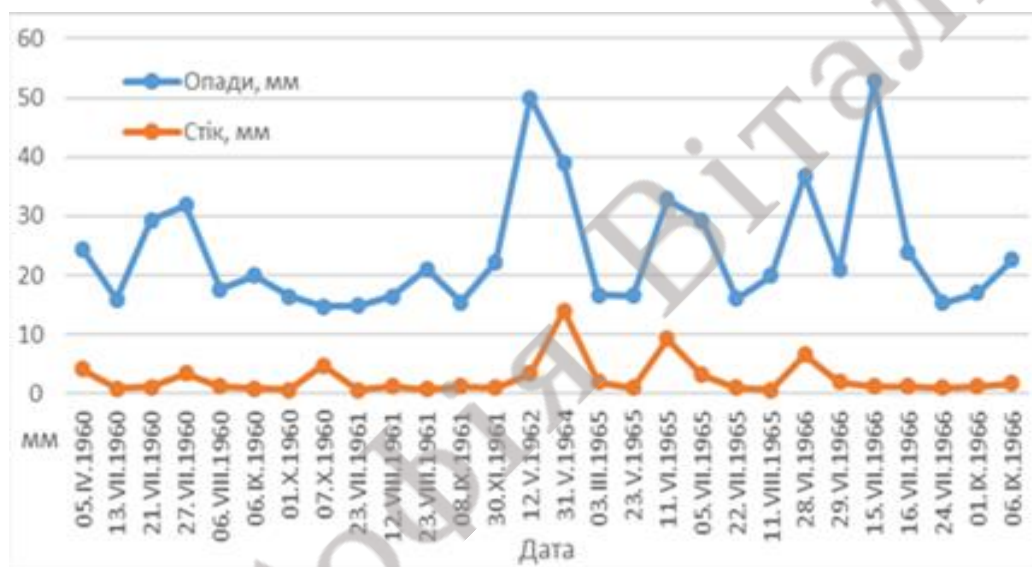


Рис. 4.6. Характеристика добової зміни стоку водного об'єкту та кількості опадів

З метою моніторингу кількості абсорбованих ґрунтом опадових вод ми дослідили способи визначення вологості ґрунтів та досліджено найбільш ефективні для використання в комплексній автоматичній інформаційно-вимірювальній системі пристрої для вимірювання вологості ґрунтів. Особливістю такої системи прогнозу паводків через призму даного дослідження виступає наявність пристрою, що призначений для визначення вологості ґрунту в межах басейну водного об'єкту та здатність ґрунтів акумулювати вологу. Такий пристрій призначений для оцінення ступеня насичення ґрунтів опадами в природних умовах та прогнозування зміни стану

водного об'єкту за умови зміни сценарію.

Враховуючи те, що застосування пристрою для вимірювання вологості ґрунтів, як правило, обмежується агропромисловим комплексом, необхідне значне вдосконалення для можливості впровадження його у процес визначення природно-техногенного впливу в стаціонарному режимі. В зв'язку з цим нами було проведено ряд рекомендованих змін, що значно полегшує використання його з ціллю визначення вологості ґрунтів водозбору.

Є такі основні риси запропонованого нами пристрою (рис. 4.7), що відрізняють його від подібних пристроїв:

- форма пристрою та порожнини має конічну форму для забезпечення щільного контакту під час установаження;
- пористий елемент встановлений між датчиками, по висоті пристрою служить для надійної гідроізоляції між датчиками вологості;
- захисний елемент, що унеможливує проникнення атмосферних опадів в зону контакту пристрою з ґрунтом;
- ефективність для комплексного вивчення стану гідроекосистеми та прогнозування її стану;
- динамічність для визначення зміни дощового стоку;
- датчики розташовуються з певною відстанню, враховуючи особливості структури басейну водного об'єкту.

Конструкція пристрою забезпечує пошарове роздільне вимірювання вологості ґрунту у відсотках, що дає можливість більш повно оцінювати стан басейнової гідроекосистеми, визначити імовірність її порушення і, відповідно, більш предметно застосовувати комплекс заходів щодо зниження ризику повеней та паводків. Таким чином, запропонований елемент такої системи – це суцільний пристрій, побудований так, що камери з датчиками ізолюються одна від одної пористим матеріалом, що під тиском натягу пружини розширюється й ізолює датчики один від одного в порожнині.

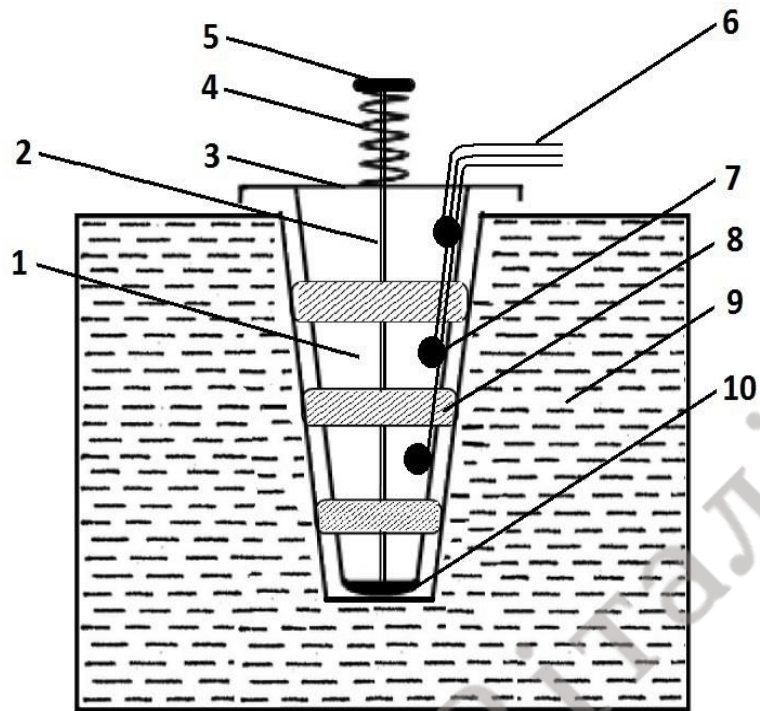


Рис. 4.7. Пристрій для визначення вологості ґрунту

Пояснення до рис. 4.7:

- 1 – трикамерний корпус;
- 2 – тяговий стержень;
- 3 – захисний елемент;
- 4 – пружина;
- 5 – рукоятка;
- 6 – виводи датчиків;
- 7 – датчики вологості;
- 8 – пористі гідрофобні елементи, що закріплені між камерами з датчиками;
- 9 – ґрунт;
- 10 – фіксатор.

Застосування пристрою передбачає використання блоку датчиків вологості, що містить множину окремих датчиків, з'єднаних із вимірювальним пристроєм, що виконаний із ізоляційного матеріалу, кожна пара контактних

пластин блоку датчиків вологості має окреме електропровідне з'єднання із вимірювальним пристроєм, а розташування датчиків забезпечує можливість пошарового вимірювання вологості в ґрунті від поверхні до визначеної глибини, причому внутрішня порожнина труби заповнена гідрофобним ізоляційним елементом, який захищає внутрішні електропровідні з'єднання датчиків від впливу вологи та агресивного розчину субстрату.

Принцип роботи пристрою – конічним свердлом у ґрунті створюють порожнину, розміри якої відповідають розмірам пристрою зі стиснутою пружиною тягового стержня, пристрій опускають в виїмку з певним зусиллям і відпускають пружину, пружина, стискаючи пористі елементи, розширює їх і забезпечує непроникність води між камерами з датчиками. Захисний елемент, який щільно прикріплений до корпусу пристрою над поверхнею землі, запобігає проникненню атмосферних опадів на поверхню контакту між корпусом пристрою і ґрунтом [131].

4.4 Розробка пристрою для вимірювання кислотності дощових опадів

Вода є важливим компонентом життя людини як із фізіологічного так і з гігієнічного погляду, вона може і допомогти людині у її діяльності, і завдати значної шкоди. Це насамперед пов'язано зі зміною складу, якісного показника води або недостатньою її кількістю. Абсолютно чистої з хімічної точки зору води в природі не існує, бо вона є універсальним розчинником майже всіх речовин у рідкому, твердому та газоподібному станах. Згідно вимог до якості питної води [134]:

- вода не повинна містити токсичних, радіоактивних та інших шкідливих для здоров'я людини речовин;
- вміст мінеральних речовин і мікроелементів у воді повинен відповідати фізіологічним потребам організму;

- за органолептичними властивостями (наявністю запаху, присмаку, кольоровості тощо) вода повинна задовольняти смакові потреби населення.

Забруднення води відбувається внаслідок надходження стічних вод; відходів, що поглинають кисень; отруйних речовин (пестицидів, гербіцидів); нафти й нафтопродуктів; відходів органічного синтезу (мийних речовин); радіоактивних та хімічних речовин. Окрім цього, забруднення може бути тепловим від гарячих стоків промислових підприємств [135].

За роки індустріалізації кількість наявних в атмосфері оксидів азоту і вуглецю та сірчистих газів внаслідок процесів окислення в різноманітних технологічних процесах значно зросла, і кислотність опадів підвищилась до розмірів, що характеризуються значенням показника рН від 4 до 5. Такі атмосферні опади спричиняють велику шкоду як природній біосфері, так і штучним об'єктам. Спостерігається значне зниження врожайності сільськогосподарських культур. Гине значна частина водних рослин і тварин, а також наземної біоти.

Найнебезпечнішою рисою кислотних дощів ($\text{pH} < 5,5$) є те, що, як правило, вони випадають за багато кілометрів від місця утворення. Основними джерелами забрудників, що слугують причиною утворенню кислотних опадів в Україні, є підприємства паливно-енергетичного комплексу, обробної та добувної промисловості, транспорту та сільського господарства. За даними Державної гідрометеорологічної служби (Держкомгідромет), протягом останніх років в Україні помірно кислі опади спостерігаються приблизно у 10% досліджених дощів [136]. Кислі опади спостерігають доволі рідко і, здебільшого, в межах потужних промислових регіонів Північного Заходу, Півдня та Сходу країни. Проте Україна страждає і від транскордонного перенесення кислотоутворювальних речовин. В Українських Карпатах, особливо їх прикордонних районах, випадають кислотні дощі, принесені з сусідніх країн. Саме у зв'язку з цим пропонуємо пристрій, що вимірюватиме

рівень кислотності дощових опадів (рис. 4.7), котрі суттєво можуть порушити гомеостаз басейнової гідроекосистеми.

На підкислених ґрунтах знижується врожайність, а зростання кислотності у водоймах призводить до загибелі всього живого. При $\text{pH} = 4,5$ гинуть всі риби, земноводні, комахи, а на дні розвиваються гриби й бактерії – анаероби, що виділяють вуглекислий газ, метан і сірководень. Залежно від величини pH може змінюватися швидкість хімічних реакцій, ступінь корозійної агресивності води, токсичність забруднювальних речовин та ін. Рівень pH , згідно з ДСанПіН 2.2.4-171-10, для природних водних об'єктів повинен становити 6,5–8,5, оскільки його "відхилення" може не тільки істотно позначитися на запаху, присмаку та зовнішньому вигляді води, але і вплинути на ефективність водоочисних заходів. Оптимальна необхідна величина pH варіюється для різних систем водоочищення відповідно до складу води, характеру матеріалів, застосовуваних у системі розподілу, а також залежно від застосовуваних методів водооброблення. Зазвичай рівень pH перебуває в межах, за яких він безпосередньо не впливає на споживчі властивості води. Так, у річкових водах pH зазвичай знаходиться в межах 6,5–8,5, в атмосферних опадах – 5,6–6,1, у болотах – 5,5–6,0, в морських водах – 7,9–8,3 [137].

Результати аналізу кислотності опадів також виявили взаємозв'язок водневого показника pH , зі ступенем техногенного навантаження [138–139]. Звісно ж, дощові і снігові опади поблизу метеостанцій, розташованих безпосередньо в зоні впливу викидів великих промислових підприємств, мають більш високі значення мінералізації, проте особливістю кислотних дощів є ризик випадання далеко від місця їх утворення. Зі збільшенням мінералізації атмосферних опадів відбувається і зростання рівня їх кислотності.

Дністер відноситься до річок, які здавна широко використовують у багатьох сферах господарської діяльності, водопостачанні, рибному господарстві, рекреації, промисловості, меліораційних заходах. Сьогодні на

одне з чільних місць вийшла гідроенергетика. Запаси підземних вод, придатних для використання в межах басейну Дністра, в Україні незначні, прогнозні ресурси становлять близько 9 % від загальних в Україні, тому використання поверхневих вод є основним джерелом водопостачання регіону [140].

Таким чином, важливим аспектом для аналізу та дослідження гідроекологічних небезпек, ризиків водозабезпечення є розширення спектру досліджень змін стану водних об'єктів під впливом зовнішніх факторів. Одним з найважливіших факторів формування стоку є кількість опадів, проте кількісного дослідження може бути недостатньо для визначення повноцінного впливу опадових вод на стан водного об'єкту. Отже, одним із завдань дисертаційного дослідження є визначення кислотності дощових опадів з метою визначення впливу кислотних опадів на басейнову гідроекосистему.

Україна відноситься до країн з високими абсолютними та питомими рівнями забруднення атмосферного повітря. На території України щорічно з атмосферними опадами випадає 7,3 млн тонн розчинених мінеральних речовин, що у розрахунку на 1 квадратний кілометр становить 12,1 тонн [141]. Україна є активною учасницею понад 20 міжнародних конвенцій та двосторонніх угод, пов'язаних з охороною довкілля [142], зокрема і Конвенції про транскордонне забруднення повітря на великі відстані, сторонами якої є більшість Європейських країн та Канада і США.

Найбільшого впливу зазнають екосистеми, розташовані в межах 100–200 км від джерел формування кислотоутворювальних забруднювачів [143]. Фільтруючись у ґрунті, вода кислотних дощів забирає багато поживних речовин: кальцій, магній, калій, натрій. А їхнє місце посідають токсичні метали, які під дією дощів стають розчинними і вбивають мікроорганізми, що розкладають органічні рештки, ґрунт залишається без поживних речовин. Кислотні опади зумовлюють підкислення ґрунтів та поверхневих вод, які часто є джерелом водопостачання у цілих регіонах, це

знижує урожайність сільськогосподарських культур, погіршує якість сільськогосподарської продукції, а також негативно впливає на екологічний стан довкілля внаслідок посиленої рухомості забрудників (радіонуклідів, важких металів тощо) [143].

Негативний вплив кислотних опадів також спостерігаємо і на ліси, передовсім букові і соснові. Кислотні опади порушують захисний покрив листя, внаслідок цього рослини стають більш уразливими для комах, грибів і інших патогенних мікроорганізмів. З пошкодженого листя випаровується більше вологи у часи посухи. З ґрунту вилугуюються алюміній, ртуть, свинець та інші важкі метали, які потім попадають у поверхневі і ґрунтові води і засвоюються рослинами. Такі впливи в межах гідроекосистеми можуть порушити її гомеостаз, адже ґрунти, ліси та ендемічні мікроорганізми, що піддаються впливу є її невід'ємною частиною.

Викиди в атмосферу промислових об'єктів відіграють важливу роль в руйнації екосистеми шляхом викидів в атмосферу кислотоутворювальних газів, які чинять такі основні впливи при поєднанні з атмосферними опадами:

- окислюють ґрунт, руйнуючи середовище проживання численних організмів. Порушується природна рівновага між різноманітними угрупованнями, що населяють ґрунти, зокрема бактеріями і вірусами, що призводить до смерті певних видів, пристосування до нових умов і прискорену еволюцію інших;

- порушуючи лісову підстилку у зонах випадання, кислотні дощі порушують природний кругообіг речовин, сприяючи порушенню імунітету рослин до шкідників, грибків та збудників хвороб;

- чинячи безпосередній вплив на надземну частину рослин, кислотні дощі пошкоджують листя, порушуючи нормальний хід фотосинтезу і викликають передчасне відмирання.

У Карпатському регіоні останніми роками також загострилось питання випадання кислотних дощів, які призводять до висихання лісів та різкого

погіршення якості ґрунту. Так зменшується водорегуляційна роль лісів, що спричиняє зниження рівня вологи, що затримує ґрунтовий покрив.

Розглядаючи басейн Дністра, який має особливу позицію серед водних об'єктів не лише України, а й сусідніх її країн, чим заслужив своє міжнародне значення, можна спостерігати, що верхня його течія пролягає по території з найбільшою кількістю опадів. Беручи до уваги розподіл опадів територією басейну, найбільша кількість дощів випадає саме в районі Карпат, тому ця ділянка вимагає особливого контролю. Зважаючи на особливості перенесення повітряних мас та утворення кислотних дощів, які можуть випадати й за багато кілометрів від джерела утворення, ризик їх випадання на території з великою кількістю опадів є досить суттєвим [144].

В зв'язку з цим, нами було побудовано модель зв'язку рівня рН опадів та рівня рН води у водних об'єктах досліджуваного регіону. Було зроблено вибірку даних для водних об'єктів Карпатського регіону, з синхронізацією рядів даних по явищах дощових опадів, заміром рівня рН для опадів та відбором проб водних об'єктів, враховуючи чинник добігання. Таким чином, дана модель підтверджує наявний зв'язок факторів, що розглядаються (рис. 4.8):

$$\ln p_{\text{Hу}} = 5,26 + (-0,93) p_{\text{Hx}}^{1,5} + 0,29 p_{\text{Hx}}^2 \quad (4.5)$$

де p_{Hx} – рівень рН опадів, що випадають на територію водозбору;

$p_{\text{Hу}}$ – рівень рН води у водних об'єктах.

Коефіцієнт детермінації з поправкою на ступені вільності $D=r^2=0,78$ показує, що зв'язок між ознаками не випадковий (суттєвий). Перевірка суттєвості зв'язку здійснюється за допомогою F-критерія Фішера. Табличне значення $F=2,69$ при рівні значимості 0,05 менше від знайденого $F=164,48$.

Дані для побудови моделі було обрано з врахуванням чинника добігання, також важливим фактором є те, що рівень рН водойми залежить не лише від рН опадів, які випадають на поверхню водозбору, тому коефіцієнт

детермінації $r^2=0,78$ є достатнім, для врахування його в межах даного дослідження.

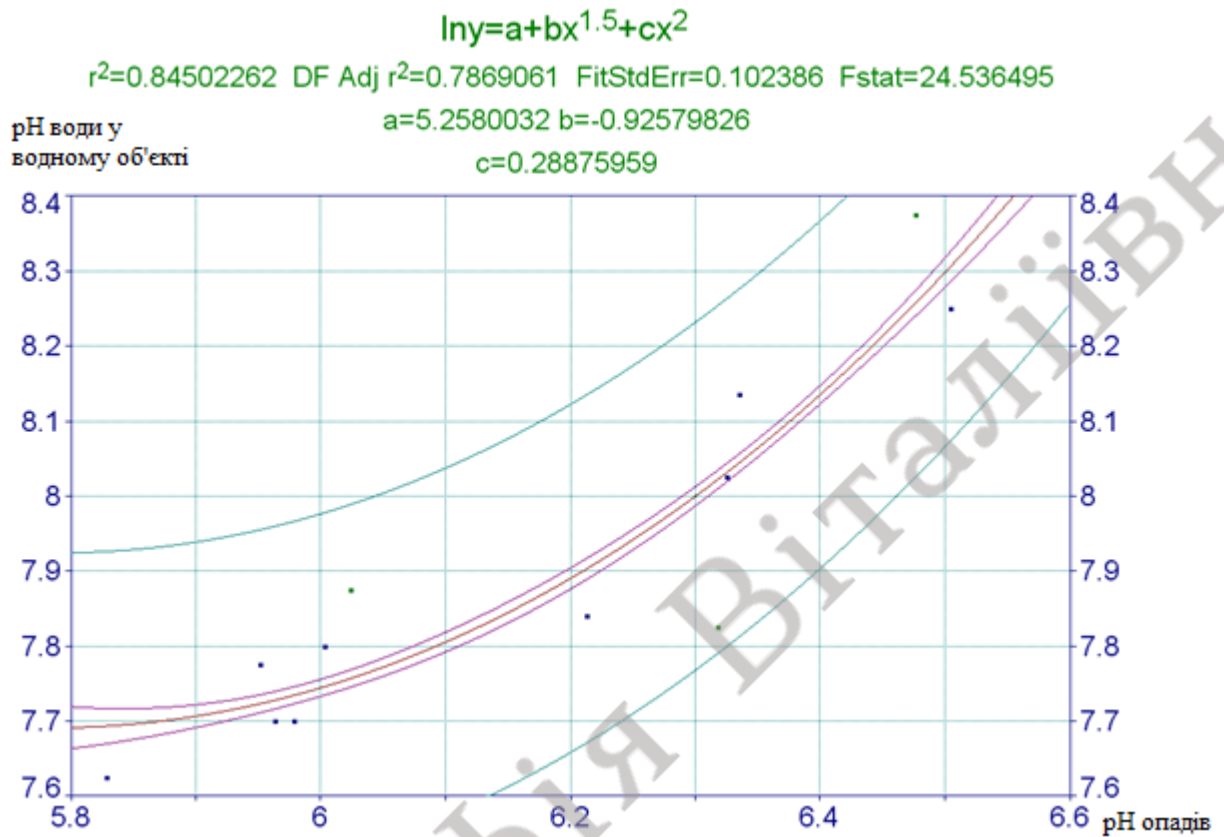


Рис. 4.8. Функціональна залежність рівня рН водойм від рівня рН опадів

Враховуючи переважання західного перенесення повітряних мас для західного регіону України та дефіцит даних хімічного складу атмосферних опадів, можна навести дані: за результатами розрахунків Інституту метеорології та водного господарства м. Вроцлав, на територію Підкарпатського воєводства, що межує з західним регіоном України, опади принесли 41 636 т сірки (23,25 кг SO_2^{-4} /га), 14 136 т хлоридів (7,89 кг Cl /га), 10 219 т азоту загального (13,26 кг/га), 563,3 т фосфору загального (0,315 кг/га), 5 369 т натрію (3,00 кг/га), 5 063 т калію (2,83 кг/га), 12 452 т кальцію (6,95 кг/га), 1799 т магнію (1,00 кг/га), 742 т цинку (0,414 кг/га), 140,3 т міді, 296,3 т заліза, 32,52 т олова, 3,991 т кадмію, 18,8 т нікелю у 2000-2012 роках

на основі середньорічної кількості опадів [145]. Зважаючи на те що такі результати наведено для території, яка безпосередньо межує із Львівською та Волинською областями, можемо припускати, що для прикордонних територій західного регіону України показники є ідентичними.

Таким чином, важливим аспектом контролю та дослідження в Карпатському регіоні є кислотні дощі. В останні десятиліття ситуація загострюється в зв'язку із збільшенням антропогенного навантаження на довкілля. Зростання антропогенного навантаження на басейнові гідроекосистеми призводить до порушення речовинно-енергетичного балансу та погіршує її функціонування. Процес ацидифікації, тобто збільшення рівня кислотності є адекватною реакцією на такі зміни, адже його рушійною силою є утворення кислотних опадів, що відповідно, спричинено надходженням в атмосферу сполук сірки та азоту, що, як правило, мають антропогенне походження. Кислотні опади чинять негативний вплив на всі компоненти гідроекосистем та їхні внутрішні процеси, що є чутливими до зміни кислотності середовища [146].

Отже, врахування кислотності дощових опадів дасть можливість розширити ряд чинників, які підлягають аналізуванню під час оцінення впливів на стан водного об'єкту та дослідження природно-техногенного впливу. Такі вимірювання можна використовувати у формуванні системи моніторингу, комплексному прогнозуванні природно-техногенного впливу та встановленні автоматизованих гідрологічних постів спостережень.

Для вирішення поставленої задачі в дисертаційному дослідженні запропоновано використання пристрою для контролю кислотності дощових опадів. Запропонований пристрій належить до галузі природно-техногенної безпеки, екології, комплексного оцінення природно-техногенного впливу в межах басейну водного об'єкта, який охоплює вплив гідрорежиму, інтенсивність випадання опадів, екологічний стан басейну та якісний стан водних ресурсів на функціонування водних екосистем. Цей пристрій

призначений для контролю кислотності дощових опадів в природних умовах та для прогнозування зміни стану водного об'єкту за умови зміни сценарію. Пристрій можна застосовувати в екологічному нормуванні, екологічному аудиті під час оцінення небезпеки та прогнозування показника впливу паводкових явищ та різних його складників, розроблення водоохоронних заходів.

У дослідженні цього питання було вивчено подібні пристрої. Так, наприклад, розглянутий пристрій для вимірювання поверхневого натягу рідини, який складається з системи створення і вимірювання тиску та сполученої з нею робочої камери з розміщеним всередині капіляром. Крім того, робоча камера є закритою, а система створення і вимірювання тиску містить сполучені між собою ємність для забору рідини і газу та обладнану редуктором ємність для стравлювання газу [147]. Також проаналізовано роботу оптико-електронного вимірювача поверхневого натягу рідин, що містить джерело світла, колімаційну лінзу, матове скло, основу, кювету для досліджуваної рідини, дзеркала, два модулятори, оптичну систему та фотоматрицю для чутливих елементів. На скляній основі розміщують кювету для досліджуваної рідини, використання якої забезпечує утворення симетричної краплі. Оптична система забезпечує багатократне збільшення вихідного зображення і його передавання до комп'ютера. Програмне забезпечення визначає контур краплі і обчислює значення радіусів кривизни поверхні краплі у двох взаємоперпендикулярних перерізах для довільної точки поверхні. За величиною зміщення центра світлової плями на фотоматриці чутливих елементів відносно початкового положення, яке зареєстроване в момент відсутності рідини, визначають про показник заломлення досліджуваної рідини. Поверхневий натяг розраховують за значенням радіусів кривизни поверхні та показником заломлення досліджуваної рідини [148].

Також у питанні визначення кислотності за поверхневим натягом розглянуто метод Ребіндера, тобто вимірювання поверхневого натягу рідини, що полягає у вимірюванні тиску, потрібного для утворення бульбашки або краплі. Така установка складається з наповненого водою аспіратора, з'єднаного гумовими і скляними трубками з манометром і повітряним простором закритої посудини, в нижню частину якої налито досліджувану рідину. Через отвір у гумовому корку, який закриває посудину, проходить трубка з капілярним наконечником. Капілярний наконечник занурюють у рідину так, щоб він лише торкався її поверхні, посудину для підтримання і зміни температури вміщують у посудину, герметично закриту кришкою і з'єднану з ультратермостатом [149].

Також досліджений спосіб застосовують у вимірюванні поверхневого натягу шляхом вимірювання максимального тиску у газовому пухирці, який утворюється із одного каліброваного за внутрішнім отвором капіляра, зануреного в досліджувану рідину на глибину H , що і став основою для запропонованого в роботі приладу. За такого способу поверхневий натяг розраховують на основі виміряного максимального тиску під час утворення газового пухирця із вихідного отвору капіляра [150]. Основним завданням такого приладу є підвищення точності та універсалізація вимірювання поверхневого натягу шляхом вимірювання максимального тиску в газовому пухирці шляхом виключення необхідності попереднього визначення різниці густин між досліджуваною рідиною і газом (повітрям) в пухирці і глибин занурення каліброваних за внутрішнім отвором капілярів у досліджувану рідину, що відрізняється конічною формою збірної посудини та поплавка, який завдяки цим аспектам завжди знаходиться на стабільному рівні, навіть за умови низького рівня води. Таким чином, корисну модель можна використовувати для експрес-методу визначення кислотності дощових вод шляхом вимірювання поверхневого натягу.

Недоліками досліджених способів є незмінна висота рівня досліджуваної рідини в капілярі, що може спричинити труднощі в роботі з дощовими водами, рівень яких є динамічним. У зв'язку з певними недоліками досліджених пристроїв та неможливістю їх використання в стаціонарних постах спостереження, а також АІВС, ми запропонували ввести у систему пристрій для вимірювання кислотності дощових опадів, адаптований для роботи в умовах функціонування природної екосистеми та здатний адаптуватись до рівня опадів, що випали на територію водозбору.

Є такі особливості цього пристрою порівняно з іншими:

- форма посудини для збору дощової води має дно і поплавок у формі конуса, що дозволяє зробити заміри навіть за мінімальної кількості опадів;
- наявність крану для випуску води, що відкривається автоматично після проведення вимірів, що не призводить до переповнення збірної посудини;
- вимірювальний капіляр міститься на поплавку для забезпечення постійної глибини від поверхні води;
- практичність застосування такого пристрою полягає в його мобільності, він може розташовуватись на базі АІВС (автоматизованих інформаційно-вимірювальних систем) чи локальних метеостанціях;
- ефективність для комплексного вивчення стану гідроекосистеми та прогнозування її стану;
- динамічність: дані можуть передаватись одразу на комп'ютеризовану точку доступу для подальшого використання.

Запропонований нами пристрій, захищений патентом України на корисну модель [151], складається з стандартної посудини для збору дощових опадів 1; поплавок конічної форми з вимірювальним капіляром, розташованим всередині нього 6; крану для випуску води 5; гнучкої трубки для подавання повітря під тиском 4; пристрою для вимірювання тиску, за якого виходить бульбашка та параметр виміру перетворюється на поверхневий натяг 3; компресора 2.

Принцип роботи пристрою полягає в тому, що у посудині конічної форми 1 розташовують поплавков конічної форми 6, у центрі якого встановлений вимірювальний капіляр. Таким чином компресор 2 подає повітря під тиском через гнучку трубку 4 у капіляр, розташований на поплавку 6. Так як зміна мінералізації опадів впливає на зміну поверхневого натягу, зі збільшенням мінералізації поверхневий натяг зменшується, тому відбувається зміна тиску повітря при якому виходить бульбашка із капіляру. Після виходу бульбашки зміна параметрів тиску при якому відбувся вихід фіксується, що і свідчить про зміну поверхневого натягу внаслідок зміни кислотності дощових опадів, тобто їх мінералізації. Після проведення вимірів дощові опади автоматично зливаються за допомогою крану для випуску води 5, а дані передаються на комп'ютер для можливості подальшого використання (рис. 4.9).

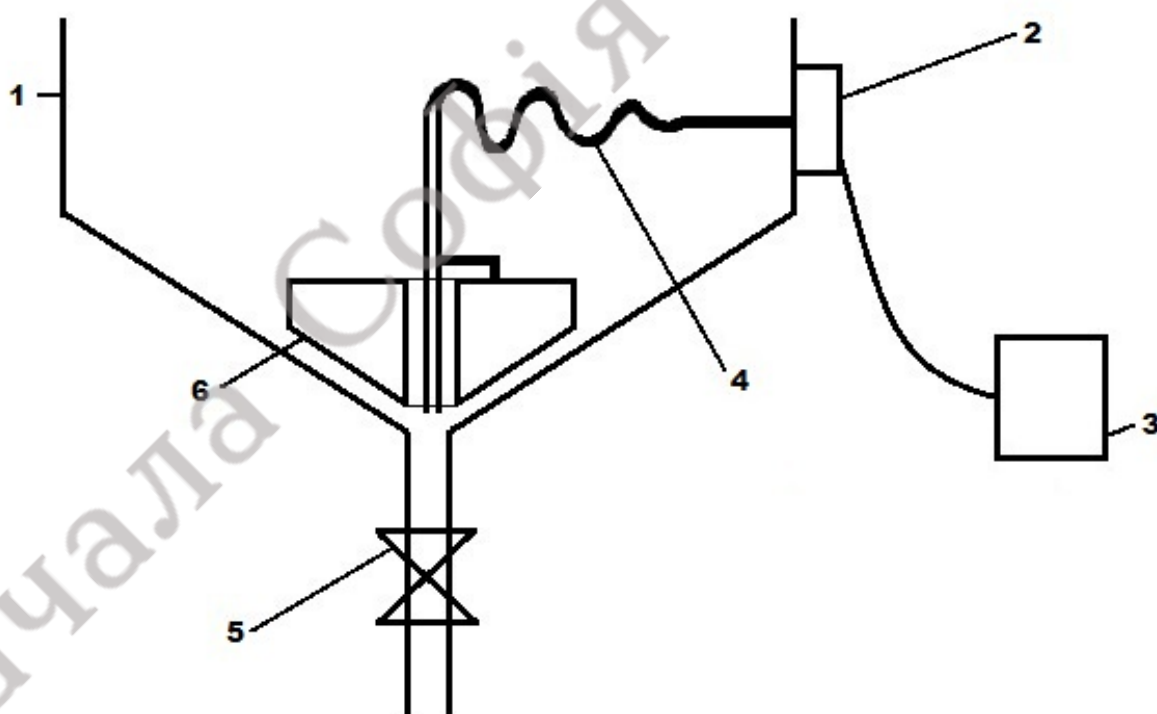


Рис. 4.9. Пристрій для контролю кислотності дощових опадів

Пояснення до рис. 4.9:

- 1 – стандартна посудина для збору дощових опадів;
- 2 – компресор;
- 3 – пристрій для вимірювання тиску, за якого виходить бульбашка та перетворюється параметр виміру на поверхневий натяг;
- 4 – гнучка трубка для подавання повітря під тиском;
- 5 – кран для випуску води;
- 6 – поплавок конічної форми з вимірювальним капіляром, розташованим всередині нього.

Висновки до розділу 4

1 Проаналізовано сучасні автоматичні інформаційно-вимірювальні системи, розглянуто принципи їх організації, переваги та недоліки, а також наведено шляхи їх вдосконалення.

2. Удосконалено пристрій для вимірювання вологості ґрунтів, що є частиною автоматичної інформаційно-вимірювальної системи та забезпечує пошарове роздільне вимірювання вологості ґрунту, що дає можливість більш комплексно оцінювати стан басейнової гідроекосистеми, визначати імовірність її порушення внаслідок формування небажаного підвищення рівня стоку і застосовувати комплекс заходів щодо зниження впливу повеней та паводків. Врахування здатності ґрунту поглинати вологу є важливим фактором для вивчення особливостей функціонування басейнової гідроекосистеми, що є складником комплексного прогнозування природно-техногенного впливу.

3 Розглянуто та проаналізовано вплив кислотності дощових опадів на навколишнє середовище та процес утворення природно-техногенних впливів на гірських річках Карпатського регіону. Удосконалено пристрій для контролю кислотності дощових опадів шляхом вимірювання поверхневого натягу, що призначений для експрес-методу визначення рівня кислотності

дощових опадів. Врахування кислотності дощових опадів дасть можливість розширити ряд чинників, які підлягають аналізу під час оцінення стану водного об'єкта. Такі вимірювання можна використовувати у формуванні системи моніторингу, комплексному прогнозуванні природно-техногенного впливу та встановленні автоматизованих гідрологічних постів спостережень.

Качала Софія Віталіївна

РОЗДІЛ 5

ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ

5.1 Проблеми та недоліки системи моніторингу стану басейну водного об'єкту

Останніми роками зміни клімату стають все більш помітними та завдають значної шкоди. Таким чином, приділяючи значну увагу вивченню проблем глобальних кліматичних змін в розрізі ризику водозабезпечення, було обрано Карпатський регіон. У зв'язку з особливостями фізико-географічного положення та унікальністю природних умов, дослідження цього регіону дає можливість адаптації методів і до інших умов вказаного кліматичного поясу. Ризик водозабезпечення зростає з кожним роком, водні об'єкти є своєрідним індикатором, від якого залежить безпека та якість життя населення. Водні ресурси не лише забезпечують необхідним компонентом життєдіяльності людину, а й несуть значний ризик. Впливи пов'язані з ризиком водозабезпечення, виявляються завдяки ендегенним та екзогенним впливам на водний об'єкт. Розглядаючи гідроекосистему в цілому, можна визначити, що за порушення її цілісності та балансу зростає і рівень впливу, якого ця система може завдати. Так, зниження якості природних вод несе не меншу загрозу, ніж коливання їх кількісного показника.

Басейновий підхід є ключовим та найбільш раціональним під час вивчення гідроекосистем [152-153]. Якість такого підходу залежить від ступеня його розвитку, динамічності та наукової обґрунтованості. Для забезпечення та підвищення якості управлінських дій за басейновим принципом та удосконалення управління водними ресурсами першочерговими заходами є

розширення науково-практичного підходу до визначення пріоритетних напрямків роботи щодо покращення екологічного стану басейну Дністра.

Держава передбачає створення ефективного механізму раціонального фінансування водоохоронних заходів, залучення закордонних та вітчизняних інвестицій, подальше впровадження геоінформаційної системи моніторингу стану водних об'єктів та водокористування в басейні з метою посилення її ролі під час прийняття управлінських рішень.

Вивчення цього питання дозволяє виділити такі основні проблеми:

- недостатнє фінансування на забезпечення сталого функціонування басейну;
- забруднення поверхневих і підземних вод, забруднення і засмічення прибережних захисних смуг і водоохоронних зон;
- необхідність вдосконалення управлінської та законодавчої документації;
- проведення повної паспортизації малих річок;
- визначення зон затоплення паводками різної забезпеченості;
- завершення процесу автоматизації і універсалізації постів спостереження, удосконалення системи моніторингу;
- оптимізація стратегій збереження та відновлення гідроекосистем шляхом визначення природно-техногенних впливів.

5.2 Принцип формування схеми моніторингових спостережень

В Угоді про Асоціацію між Україною та Європейським Союзом [154], що є новим етапом у розвитку європейсько-українських договірних відносин в галузі довкілля, одним із секторів є якість води та управління водними ресурсами.

Сектор якості води та управління водними ресурсами містить 6 Директив: Водну Рамкову Директиву (2000/60/ЄС про встановлення рамок діяльності

Співтовариства у сфері водної політики) [154]; Директиву про затоплення (Паводкову директиву 2007/60/ЄС про оцінення та управління ризиками затоплень) [155]; Рамкову Директиву морської стратегії (2008/56/Директиву ЄС про встановлення рамок діяльності Співтовариства у сфері екологічної політики щодо морського середовища) [156]; Директиву про ОМСВ (91/271/ЄЕС про очищення міських стічних вод, із змінами та доповненнями, внесеними Регламентом ЄС) [157]; Директиву про питну воду (98/83/ЄС про якість води, призначеної для споживання людиною ЄС) [158]; Директиву про нітрати (91/676/ЄС про захист вод від забруднення, спричиненого нітратами з сільськогосподарських джерел) [159]. Відповідно до державних планів реформування водосподарської галузі та планів імплементації європейських директив, прийнято Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо впровадження інтегрованих підходів в управління водними ресурсами за басейновим принципом» [160]. Під час впровадження цього закону основними завданнями є створення підзаконних нормативно-правових актів, які введуть водогосподарське районування, виділення меж районів річкових басейнів, суббасейнів, водних масивів, порядок розроблення водогосподарських балансів та обліку поверхневих водних об'єктів та запровадження нових вдосконалених програм моніторингу якості вод.

Головною метою Водної Рамкової Директиви та Закону України [160] є досягнення доброго екологічного стану масиву поверхневих і підземних вод та доброго екологічного потенціалу штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод.

У формуванні мережі моніторингу слід також врахувати і такий фактор, як формування водного балансу території, що регулюється Законом України [160]. Водогосподарські баланси розробляють для оцінення наявності та можливості використання водних ресурсів.

Під час складання водогосподарського балансу необхідне вирішення таких завдань [161]:

- оцінення кількісного та якісного аспектів водних ресурсів;
- визначення величини потреб водокористування та безповоротної втрати води;
- виявлення об'ємів води, доступної водокористувачам, у природних умовах, а також під час запровадження додаткових заходів з регулювання стоку;
- встановлення вільного об'єму стоку, який лишається в річці, для використання за межами даної території.

Отже, водогосподарський баланс є відображенням складної взаємодії водних ресурсів, формування яких зумовлене природними та антропогенними факторами, з потребами у воді людського суспільства, які визначаються економічними, технологічними і соціальними чинниками.

На відміну від чинної в Україні системи моніторингу водних ресурсів, у Водній Рамковій Директиві запроваджено принцип багаторівневого моніторингу, що суттєво відмінний за своїми цілями й охоплює в себе три типи моніторингу [162]:

1. *Контрольний моніторинг (Surveillance)* передбачає надання інформації про довгострокові зміни хімічного складу поверхневих вод у непорушених умовах, що відбуваються внаслідок типових для регіону процесів (виробництва тощо). Фіксація змін у природних умовах є особливо важливою, якщо йдеться про референційні умови, ті, що відповідають збалансованому функціонуванню гідроекосистеми. Такі довгострокові зміни актуально визначати для об'єктів "відмінного" та "доброго" стану, бо наведені зміни, як правило, є незначними і поступовими, та їх можна зафіксувати вчасно.
2. *Операційний (Operational)* моніторинг проводять для гідроекосистем, що зазнають антропогенного впливу, та для визначення зміни стану водних об'єктів, до яких застосовують програму водоохоронних заходів.

Тобто операційний моніторинг використовують для визначення чи підтвердження стану об'єкта, що перебуває під впливом. Такий тип моніторингу базується на найбільш показових параметрах або тих, що є чутливими до певного екологічного тиску.

3. *Дослідницький (Investigative) моніторинг* здійснюють у випадку, коли причини перевищення норм є невідомими, або за необхідності визначення масштабів та ступеня аварійних впливів.

Єврокомісія розробила низку Настанов щодо загальної стратегії впровадження ВРД, одна з яких присвячена питанню організації [163]. Незважаючи на те, що зазначені Настанови не мають статусу офіційних документів, проте вони координують практичні кроки держав для імплементації ВРД та висвітлюють досвід держав, що успішно запроваджують ВРД. Національні та європейські види моніторингу представлено на рис. 5.1.



Рис. 5. 1. Національні та європейські види моніторингу [164].

Серед основних недоліків традиційних систем моніторингу поверхневих вод в Україні слід відзначити такі:

– відсутність пунктів постійних спостережень за якістю вод на малих

річках, особливо на ділянках з функціонуючими малими ГЕС та на тих, які протікають через населені пункти;

– не існує систематизованої бази даних для поверхневих вод про їх кількість, обсяги використання та рівні забруднення;

– відсутні дані про забруднювальні речовини, які надходять з дифузних джерел, характеристика самих джерел та їх потенційних загроз водному середовищу;

– не проводиться гідроморфологічний та гідробіологічний моніторинг;

– недостатній рівень матеріально-технічного забезпечення лабораторій;

– відсутність підготовленого кадрового потенціалу для проведення моніторингу згідно з вимогами ВРД ЄС.

Враховуючи вимоги водної рамкової директиви ЄС, виникає необхідність створити нову мережу пунктів спостережень та запровадити всі необхідні види моніторингу. Такий підхід є оптимальним та актуальним для досліджуваного регіону. Зважаючи на те що функціонування будь-якого виробництва чинить безпосередній вплив на навколишнє середовище, то і впровадження альтернативних джерел енергії теж вимагає індивідуального підходу. Беручи до уваги функціональні особливості малих ГЕС та актуальність питання у Карпатському регіоні, маємо враховувати ряд якісних та кількісних показників та факторів.

5.3 Удосконалення системи моніторингу на прикладі водних об'єктів з функціонуючими малими ГЕС

Програма контрольного моніторингу для досліджуваної території. Для контрольного моніторингу пропонуємо встановлення точок спостереження за референтними умовами або максимально наближеними до природних.

У таблиці 5.1 наведено перелік показників для фізико-хімічного, гідробіологічного та гідроморфологічного оцінення водних об'єктів.

Таблиця 5.1

**Перелік показників, що рекомендуються для контрольного
(наглядного) моніторингу**

Параметри	Од. виміру
1	2
Температура	°С
Розчинений кисень	мг О ₂ /дм ³
рН	од. рН
Електропровідність	мкс/см
Жорсткість	мг/л СаСО ₃
Кольоровість	градуси
о-фосфати	мг/дм ³
Нітрати	мг/дм ³
Амоній	мг/дм ³
Хлориди	мг/дм ³
Сульфати	мг/дм ³
Загальні завислі речовини	мг/дм ³
Біохімічне споживання кисню (БСК ₅)	мг О ₂ /дм ³
Хімічне споживання кисню (ХСК)	мг О ₂ /дм ³
Нафтопродукти	мг/дм ³
Мідь	мкг/дм ³
Цинк	мкг/дм ³
Хром	мкг/дм ³
Кадмій	мкг/дм ³
Свинець	мкг/дм ³
Ртуть	мкг/дм ³
Марганець	мкг/дм ³
Феноли	мг/дм ³
СПАР	мг/дм ³
Макробезхребетні	Метрики
Макрофіти	Метрики
Фітобентос	Метрики
Риба	Мігруючі види риби
Морфологічні умови річки	ГМ протокол
Річковий стік	Середньодобова витрата (м ³ /с)

Програма операційного моніторингу для досліджуваної території. Для операційного моніторингу пропонуються спостереження за ділянками водних об'єктів, які перебувають під антропогенним впливом від населених пунктів, готельно-туристичних, спортивних та лікувально-відпочинкових комплексів [165]. У таблиці 5.2 представлено перелік показників, запропонованих для досліджень. **Дослідницький моніторинг для досліджуваної території.** Для дослідницького моніторингу пропонуються створи на ділянках водних об'єктів, які потребують постійного контролю, щоб встановити ступінь існуючих впливів на екологічний стан річки.

Таблиця 5.2

Перелік показників, що рекомендуються для операційного моніторингу

Параметри	Од. виміру
1	2
Температура	°С
Розчинений кисень	мг О ₂ /дм ³
рН	од. рН
Електропровідність	мкс/см
Жорсткість	мг/л СаСО ₃
Кольоровість	градуси
о-фосфати	мг/дм ³
Нітрати	мг/дм ³
Амоній	мг/дм ³
Хлориди	мг/дм ³
Сульфати	мг/дм ³
Загальні завислі речовини	мг/дм ³
Біохімічне споживання кисню (БСК ₅)	мг О ₂ /дм ³
Хімічне споживання кисню (ХСК)	мг О ₂ /дм ³
Нафтопродукти	мг/дм ³
Мідь	мкг/дм ³
Цинк	мкг/дм ³
Хром	мкг/дм ³
Кадмій	мкг/дм ³
Свинець	мкг/дм ³
Ртуть	мкг/дм ³
Марганець	мкг/дм ³

Продовження таблиці 5.2

1	2
Феноли	мг/дм ³
СПАР	мг/дм ³
Макробезхребетні	Метрики
Макрофіти	Метрики
Річковий стік	Середньодобова витрата (м ³ /с)

Об'єкти гідроенергетики та їхні водосховища суттєво впливають на навколишнє середовище. Взаємодія гідроенергетичних об'єктів та навколишнього середовища – досить складний динамічний процес, що залежить від природних і техногенних факторів, це значно ускладнює прогнозування його наслідків. У зв'язку з цим можливе виникнення непередбачуваних надзвичайних ситуацій, які знижують рівень безпеки гідроенергетичних об'єктів, населення та навколишнього середовища.

Сьогодні необхідністю є організувати систему ефективного управління взаємодією гідроенергетичних об'єктів з навколишнім середовищем, основою якої є моніторинг, що повинен містити такі етапи:

- формування ефективної системи спостереження, збирання, передавання, оброблення, зберігання та аналізування інформації про взаємодію гідроенергетичного об'єкта та гідроекосистеми;
- оцінення екологічного стану навколишнього природного середовища території розташування об'єкту впливу;
- прогнозування зміни стану навколишнього природного середовища при впровадженні та експлуатації об'єкта гідроенергетики;
- визначення відповідності параметрів гідроенергетичного об'єкту й водної екосистеми нормативним вимогам, відповідності проектних параметрів і критеріїв безпеки, визначення потенційної загрози населенню;
- прогнозне оцінення розвитку процесів та небезпеки, яку вони можуть нести;

- розроблення управлінських рішень стосовно зниження рівня впливу в гідроекосистемі, уникнення, локалізації та мінімізації наслідків надзвичайних ситуацій.

Основною ціллю моніторингу є своєчасне визначення розвитку небезпечних процесів і оптимізація управлінських рішень, тобто розроблення рекомендацій щодо заходів, спрямованих на запобігання розвитку прогнозованих негативних сценаріїв, заходів із локалізації або мінімізації негативних наслідків взаємодії об'єкта впливу з навколишнім середовищем.

Моніторинг гідроекосистем повинен базуватись на засадах системного, комплексного басейнового підходу, який ведуть безперервно та стратегічно, що сприяє таким аспектам:

- вивченню взаємозв'язку між компонентами гідроекосистеми;
- дослідженню взаємозв'язку гідроекосистеми з функціональним гідроенергетичним об'єктом як комплексної ієрархічної структури з визначеною функціональною структурою;
- постійним спостереженням, що сприятиме накопиченню необхідного обсягу моніторингових даних;
- застосуванню різних підходів до прогнозування сценаріїв розвитку ситуації, із застосуванням моделювання та покомпонентної зміни показників, що визначають стан водної екосистеми.

Моніторинг стану водної екосистеми має забезпечити оцінювання стану навколишнього природного середовища до початку впровадження об'єктів гідроенергетики і її зміну в процесі будівництва й експлуатації об'єкта.

Формування системи моніторингу передбачає кілька функціональних етапів. На первинному етапі визначають фонові характеристики навколишнього середовища на території розміщення об'єкта гідроенергетики, виявляють особливості функціонування природної гідроекосистеми, екологічні й соціальні проблеми.

На підставі проектних технічних параметрів об'єкта гідроенергетики формують програму й проект моніторингу. Вихідна інформація, рекомендовані методи аналізування й інтерпретації результатів, дозволяють обґрунтувати мережу спостережень. Надалі відбувається оцінення взаємодії об'єкта гідроенергетики з гідроекосистемою і її станом, розроблення рекомендацій зі збереження оптимального стану гідроекосистеми. При цьому гідроекосистему, що містить об'єкт гідроенергетики, розглядають як єдиний об'єкт, оптимальний стан якого характеризується сприятливою соціальною й екологічною обстановкою в зоні його впливу, зі збереженням нормативних параметрів навколишнього природного середовища.

Така система моніторингу має на меті забезпечувати інформування місцевої влади та населення про реальний стан гідроекосистеми, зокрема питання безпеки гідроенергетичних та гідротехнічних споруд.

Моніторинг водних об'єктів, що функціонують з об'єктами гідроенергетики, складається з моніторингу гідротехнічних споруд, соціального середовища і гідроекологічного моніторингу території в межах гідровузла, водосховища й у зонах їх впливу на прилеглий території й у нижньому б'єфі.

Запропоновану автором функціональну схему організації моніторингу гідроекосистеми наведено на рисунку 5.2. Вона передбачає моніторинг гідротехнічних споруд, гідрометеорологічних умов і гідрологічного режиму, водних екосистем, якості води, наземних екосистем, ландшафтів, санітарно-гігієнічних умов та соціально-економічних умов проживання людей.

Формування остаточного алгоритму системи моніторингу відбувається залежно від масштабу та параметрів об'єкта гідроенергетики та його водосховищ, природних та соціально-економічних умов, зокрема ступеня освоєності території розміщення об'єкту, масштабу прогнозованих впливів на гідроекосистему [166].



Рис. 5. 2. Функціональна схема організації моніторингу гідроекосистеми

Для великих об'єктів гідроенергетики з великими водосховищами на урбанізованих територіях варто впровадити всі види моніторингу. При цьому для детальних спостережень виділяються процеси, що загрожують можливість небезпечного розвитку сценарію.

Щодо моніторингу гідроекосистеми, в якій функціонує гідроенергетичний об'єкт, то найважливішим є раціональне визначення характеру режимів досліджуваних процесів в умовах складних функціональних систем та багатофакторних впливів.

Є такі основні завдання моніторингу, які можна вирішити за допомогою комплексного підходу:

- аналізування динаміки змін гідрографічної мережі в басейні рік, визначення інтенсивності й масштабів процесів ерозії й абразії берегів водоймищ, змін ландшафтів, переформування русел рік, заростання гирлових зон і заболочення заплав рік;

- визначення динаміки сніготанення, оцінення масштабів затоплення територій під час весняної повені й літніх паводків, контроль коливань рівнів води, підтоплення територій;

- оцінення екологічного стану водних об'єктів – виявлення ділянок виходу й поширення по акваторії джерел забруднень, контроль за динамікою поширення забруднень водним об'єктом.

Контроль стану безпеки гідротехнічних споруд є важливим складником моніторингу водного об'єкта. Його стан аналізують за допомогою автоматизованих систем, сучасних технологій та математичних моделей. Такий процес передбачає перевірку таких параметрів:

- відповідність фактичного стану й параметрів гідротехнічних споруд нормативним вимогам і загальним критеріям екологічної безпеки;

- достатність пропускної здатності водоскидних споруд, перевищення гребеня споруд над підпірним рівнем на основі уточнених у процесі експлуатації гідрологічних і водогосподарчих показників;

- ефективність і безперебійність роботи, систем автоматичної передачі, опрацювання й аналізу результатів спостережень.

Охорона і раціональне водокористування становлять особливий інтерес для комплексного оцінення екологічного стану поверхневих вод, а також параметрів, під впливом яких формується цей стан. Розроблення та впровадження превентивних природоохоронних заходів, які базуються на вірогідній екологічній інформації, дозволять значно покращити екологічну ситуацію в Україні. У зв'язку із цим важливою частиною заходів щодо покращення якості поверхневих вод та стану гідроекосистеми загалом є впровадження в водоохоронну практику комплексної системи оцінення екологічного стану водних екосистем, що містить базові параметри регулювання стоку, показники стоку, показники фрагментації та блокування басейну, а також основні умови функціонування водного об'єкта.

В експлуатації ГЕС особливої уваги потребують ділянки ріки, на якій вона розташована, тому пункти спостереження за водним об'єктом в мережі моніторингу слід встановлювати, спираючись на дані про наявність об'єктів гідроенергетики.

Гідроекологічний моніторинг водних екосистем – всебічне, комплексне екологічне оцінення стану й змін, що відбуваються внаслідок екзо- та ендогенних процесів природного та техногенного походження.

Гідроекологічний моніторинг проводять в динаміці, в розрізі року, аналізуючи вплив природних та антропогенних факторів, водозабір та водовідведення, скид стічних вод, прогнозування змін у гідроекосистемі та розроблення управлінських рішень та рекомендацій. Важливим є прогнозування процесів, що спричиняють небажані надзвичайні ситуації, що можуть нести загрозу населенню, погіршити санітарно-гігієнічний стан, порушити стан гомеостазу гідроекосистеми. В такому випадку можна використовувати автоматизовані інформаційно-вимірювальні системи контролю компонентів гідроекосистеми, що дозволяють характеризувати та інтерпретувати динаміку зміни основних параметрів та процесів у гідроекосистемі.

У дослідженні басейнів великих рік доцільним є поділ на ділянки, що адаптує систему моніторингу до певних умов та дозволяє скоротити витрати на недоцільні дослідження в частині басейну, що перебуває в доброму стані, за умов більш детального спостереження на іншій ділянці того ж басейну, стан якої не відповідає вимогам.

У взаємозв'язку з моніторингом стану поверхневих вод проводять і моніторинг іхтіофауни, що досліджує динаміку її зміни, чисельність, ареал, видовий склад, що супроводжується порівняльним аналізом з аналогічними гідроекосистемами. Досліджують вплив природних та антропогенних факторів на рідкісні та ендемічні види риб. Особливу увагу цьому сектору приділяють за наявності в зоні впливу гідроекосистеми гідроенергетичних об'єктів різного масштабу. Прогнозують та виявляють тенденції змін, формують рекомендації щодо оптимізації режиму експлуатації водних об'єктів та заходи, що направлені на покращення умов проживання й охорону унікальних природних комплексів.

Оцінення стану наземних екосистем, ґрунтів має важливе місце у системі моніторингу. Враховуючи зміни навколишнього середовища, необхідно регулярно спостерігати за тваринним та рослинним світом, ґрунтовим покривом у межах басейнової системи для вчасного визначення закономірностей та тенденцій розвитку, а також для збереження видового різноманіття, раціонального ресурсокористування. Вивчають та враховують особливості формування й життєдіяльності фауністичних комплексів і рослинних угруповань, до складу яких входять ендемічні, субендемічні й раритетні види, виявляють негативні впливи та розробляють рекомендації для прийняття управлінських рішень, направлених на покращення стану гідроекосистеми.

Важливим також є вплив змін у гідроекосистемі на умови проживання людей. Так, наприклад, потрібно враховувати зміни соціально-економічних умов, навколишнього природного середовища, санітарно-епідеміологічної обстановки, які виникли внаслідок функціонування чи впровадження об'єктів

гідроенергетики. У випадку змін у функціонуванні гідроекосистеми аналізують процес адаптації системи до нових умов. Для уникнення небажаних наслідків можна рекомендувати впровадження заміни контрольного моніторингу на операційний до завершення процесу адаптації гідроекосистеми. Такі умови вимагають інтегрального оцінення стану басейнової екосистеми.

Для забезпечення функціонування запропонованої схеми ми рекомендували застосовувати комплексний показник природно-техногенного впливу, для вирішення завдань контролю гідрорежиму, гідроморфологічних та гідрохімічних показників та частково з метою інтерпретації спостережень. Також участь у функціонуванні такої схеми бере удосконалена технічними засобами контролю автоматизована інформаційно-вимірювальна система, яка контролює досліджувані показники.

Частота моніторингу. Частота відбору проб води в системі моніторингу водних об'єктів є важливим аспектом, адже концентрація та вміст забруднювальних речовин є динамічними і сезонними. Частота розміщення створів та частота відбору проб води визначають рівень достовірності та надійності отриманих результатів дослідження. Частота моніторингових спостережень прямо залежить від варіабельності інгредієнтів та типу і функцій водного об'єкту. У Водній Рамковій Директиві рекомендовано лише мінімальну частоту контрольного моніторингу раз на 3 місяці, проте за необхідності частоту можна адаптувати для деяких водних об'єктів. Проте у визначенні частоти спостережень (особливо за її скорочення) слід враховувати, що під час дослідження екологічного стану перехідних та прибережних вод результати можуть бути недостатньо інформативними у зв'язку з більшою природною гетерогенністю та динамічністю умов у цих водах. Наприклад, якщо відбирають проби лише в зимовий період, природна варіабельність біогенних елементів може бути зниженою в зв'язку з тим, що в цей період вміст гідробіонтів, що їх споживають, є мінімальним. Вказану мінімальну частоту визначення стану

водойми, яка рекомендована для контрольного моніторингу, можна застосовувати і для операційного моніторингу, проте з урахуванням особливостей функціонування гідроекосистеми допустиме як збільшення, так і зменшення частоти відбору проб.

Повторюваність досліджень у системі виконання завдань операційного моніторингу повинна забезпечувати оцінення екологічної ситуації в гідроекосистемі з відповідною достовірністю. Для підвищення ефективності під час розроблення управлінських рішень, що спрямовані на покращення стану гідроекосистеми, обов'язковим аспектом дослідження є аналіз статистичної інтерпретації результатів спостереження. У випадку сталого, планомірного покращення стану конкретної гідроекосистеми, що відбулось після застосування ряду заходів, частоту відбору проб можна змінювати або скасувати проведення операційного моніторингу.

Таким чином, визначення сталої частоти спостережень за станом гідроекосистеми є неможливим. Тому програми моніторингу повинні формулювати відповідні установи для кожного конкретного об'єкта, враховуючи аспекти, які можуть чинити вплив на територію дослідження. Так, наприклад, наявність об'єктів гідроенергетики чи промислових об'єктів може суттєво змінювати як програму моніторингу, так і частоту відбору проб, що свідчить про гнучкість та ефективність запропонованої системи моніторингу.

На основі декількох проведених наукових еколого-експертних оцінень проектів будівництва малих ГЕС у Івано-Франківській області виконано узагальнення їх впливу на навколишнє середовище. Запропоновано конкретні інженерно-технічні рішення для реалізації їх на практиці при будівництві малих ГЕС, які мінімізують техногенний вплив до приведення стану природно-техногенних гідроекосистем в оптимальний – добрий [167].

У 2006 р. Україна прийняла Енергетичну стратегію до 2030 року, яка передбачає, що у 2030 р. частка відновлюваної енергетики у сумарному

споживанні первинної енергії становитиме 19 %. Потенціал розвитку малої гідроенергетики вважають високим. В Україні активне відновлення малих ГЕС розпочалось лише після встановлення у 2008 р. так званого «зеленого тарифу» [167-169].

Загалом найбільші запаси гідроенергії у Карпатському регіоні припадають на Закарпатську область. За проведеними дослідженнями було встановлено, що другою областю за потужністю гідроенергоресурсів в Карпатському регіоні є Івано-Франківська [170].

Гідроелектростанції з греблями і водосховищами можуть впливати на екологічний стан водотоків. Ретельне управління експлуатацією цих об'єктів відповідає принципам належної екологічної практики.

Встановлено, що з метою збереження екологічної безпеки в ріці необхідно залишати в незмінному природному стані витрату, яка дорівнює ґрунтовому живленню (в розрахунках за цю величину прийнято мінімальну середньомісячну витрату маловодного року) [167].

Порушення геологічного середовища спричинять будівельні роботи, а саме: підрізання схилу; насипи; траншеї і канали; заглиблення під фундаменти споруд і стовпи ліній електропередач; спорудження трубопроводу; зміна форм рельєфу; втрата стабільності порід; зародження процесів ерозії. Таким чином, необхідно одночасно із розробленням робочих проектів малих ГЕС розробляти необхідну робочу документацію щодо берегоукріплення гірських рік в межах зони впливу малих ГЕС.

Також у проекті потрібно передбачити заходи із запобігання та зменшення розвитку небезпечних геологічних процесів і явищ. Вертикальне планування території треба виконувати, максимально зберігаючи рельєф. Прогнозується, що забруднення поверхневих вод у період будівництва і експлуатації малих ГЕС не відбудуватиметься.

У більшості станцій дериваційного типу вся вода, яку відбирають для пропуску через турбіну, потрапляє назад у річку в нижній б'єф у повному обсязі через дериваційний тунель певної відстані. Тому питання санітарної витрати для таких станцій в природне русло, де постійно буде тільки обсяг санітарної витрати і вода переливів під час повені і паводків, визначатиме життєдіяльність водних живих ресурсів. Основні вимоги до санітарної витрати – це забезпечення прийнятної для риби швидкості потоку та прийнятних глибин.

Відповідно до розробленої системи моніторингу водних об'єктів з гідроенергетичними об'єктами, нами запропоновано перелік рекомендованих точок спостережень для моніторингу водних об'єктів [171], з функціонуючими об'єктами малої гідроенергетики у Карпатському регіоні (табл. 5.3) та розроблено програму спостережень відповідно до вимог Водної Рамкової Директиви ЄС, що є особливо важливим в умовах необхідності підвищення енергоефективності шляхом використання відновлюваних джерел енергії, а саме гідроенергетики (рис. 5.3).

Таблиця 5.3

Рекомендовані пункти спостережень за водними об'єктами, на яких функціонують малі ГЕС

№	Назва об'єкта	Координати малих ГЕС	Координати рекомендованих постів		Водний об'єкт	Розташування
1	2	3	4		5	6
1.	Білинська ГЕС	48.1110990 24.2543790	Фоновий створ	48.1128756 24.2606449	Тиса (Дунай)	Закарпатська обл., Рахівський р-н, с. Білин
			Контрольний створ	48.1067219 24.2550445		
			Створ за межами зони впливу	48.102194 24.255023		

Продовження таблиці 5.3

1	2	3	4		5	6
2.	Золото- липська ГЕС	48.9856932 25.0701517	Фоновий створ	48.988961 25.0660801	Дністер — Золота Липа	Івано- Франківська обл., Тлумацький р-н, с. Золота Липа
			Контрольний створ	48.982463 25.0731397		
			Створ за межами зони впливу	48.977379 25.0735795		
3.	Крас- нянська ГЕС	48.245583 23.934417	Фоновий створ	48.2476508 23.9284319	Тиса (Дунай) — Тересва	Закарпатська обл., Тячівський р-н, с. Красна
			Контрольний створ	48.2428442 23.9389542		
			Створ за межами зони впливу	48.2385158 23.9384151		
4.	Ново- шицька ГЕС	49.476389 23.427500	Фоновий створ	49.475068 23.4209096	Бистриц я Тисмени цька	Львівська область, Дрогобицький район, с. Новошичі
			Контрольний створ	49.474458 23.433229		
			Створ за межами зони впливу	49.4760074 23.4381321		
5.	Оно- ківська ГЕС	48.662500 22.357500	Фоновий створ	48.6600862 22.3515987	Тиса (Дунай) — Уж	Закарпатська обл., Ужгородський р-н, с. Оноківці
			Контрольний створ	48.6657552 22.3621988		
			Створ за межами зони впливу	48.6693122 22.3663616		
6.	Саратська ГЕС	47.7481215 25.0007898	Фоновий створ	47.7442583 24.9998724	Сарата	Чернівецька область, Путильський район, с. Сарата
			Контрольний створ	47.7523307 24.9987888		
			Створ за межами зони впливу	47.7562583 24.9975443		

Продовження таблиці 5.3

1	2	3	4		5	6
7.	Снятинська ГЕС	48.438056 25.575278	Фоновий створ	48.4387677 25.568769	Прут (Дунай)	Івано-Франківська обл., м. Снятин
			Контрольний створ	48.4341481 25.5785108		
			Створ за межами зони впливу	48.4299979 25.5814719		
8.	Ужгородська ГЕС	48.624278 22.317861	Фоновий створ	48.6284449 22.3191574	Тиса (Дунай) — Уж	Закарпатська обл., м. Ужгород
			Контрольний створ	48.6211902 22.3142731		
			Створ за межами зони впливу	48.6178178 22.309708		
9.	Яблуницька ГЕС	48.0188972 24.9113944	Фоновий створ	48.0147742 24.9130869	Прут (Дунай) — Білий Черемош	Івано-Франківська обл., Верховинський р-н, с. Яблуниця
			Контрольний створ	48.0219793 24.9119282		
			Створ за межами зони впливу	48.026256 24.9107265		
			Створ за межами зони впливу	48.0241967 24.916445		
10.	Явірська ГЕС	49.1981077 23.0725443	Фоновий створ	49.1936802 23.0713749	Дністер — Стрий	Львівська обл., Турківський р-н, с. Явори
			Контрольний створ	49.2005228 23.0783272		
			Створ за межами зони впливу	49.2005789 23.0852151		

Зважаючи на наведені фактори, рекомендуємо запровадити на робочих і майбутніх малих ГЕС програму комплексного екологічного моніторингу за станом природно-техногенної безпеки гідроекосистеми:

1) постійний гідроморфологічний моніторинг – з обов'язковим заміром швидкості течії та рівня води у рибоході;

2) одноразово після завершення будівництва – комплексний гідроморфологічний, гідрохімічний, гідробіологічний моніторинг;

3) перший рік після введення в експлуатацію:

а) комплексний гідроморфологічний, гідрохімічний, гідробіологічний моніторинг – посезонно (весняне водопілля, літній паводок, осіння межень і зимова межень);

б) періодичний моніторинг гідротехнічних споруд, моніторинг геологічних умов, ґрунтовий моніторинг, ландшафтний моніторинг;

в) соціально-економічний моніторинг;

4) протягом наступних чотирьох років (щорічно в період осінньої межень) - комплексний гідроморфологічний, гідрохімічний, гідробіологічний моніторинг;

5) за умови стабілізації екологічної ситуації – раз в п'ять років до завершення життєвого циклу малої ГЕС – комплексний гідроморфологічний, гідрохімічний, гідробіологічний моніторинг;

б) після завершення життєвого циклу ГЕС і демонтажу споруд одноразово для оцінення залишкових впливів:

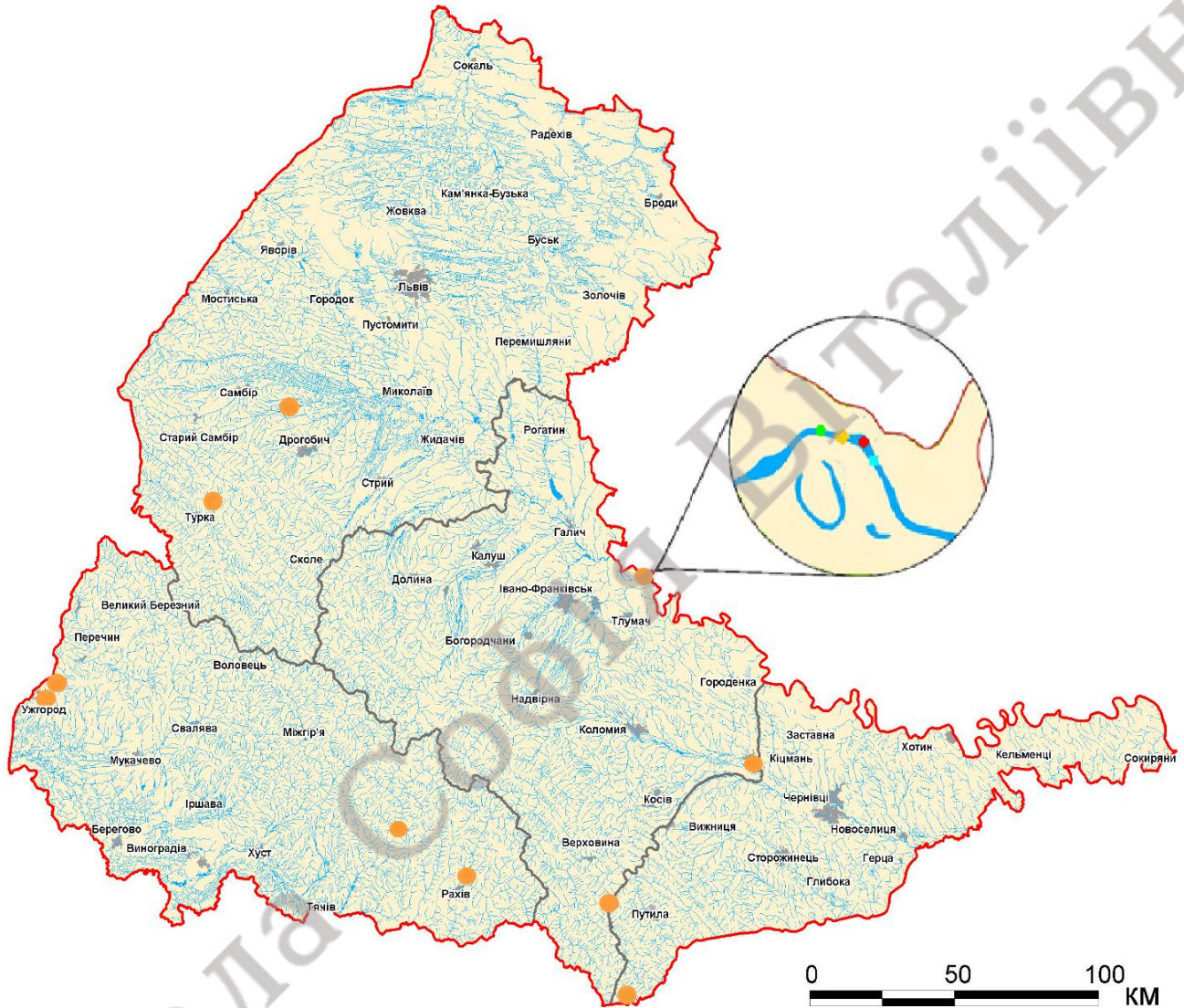
а) комплексний гідроморфологічний, гідрохімічний, гідробіологічний моніторинг;

б) моніторинг гідротехнічних споруд, моніторинг геологічних умов;

в) ландшафтний моніторинг, моніторинг ґрунтового покриву;

Важливою природоохоронною рисою систем контролю є використання даних про стан навколишнього середовища як підґрунтя про прийняття рішень щодо режиму роботи малої ГЕС. Дані повинні містити виміри рівнів витрат річкового стоку у верхньому і нижньому б'єфах, параметри якості води для

підтримання прийнятної стану гідроекосистеми в умовах меженного стоку, забезпечення інтересів рибного господарства, контролю рівнів забруднення, планування екологічних та інших видів попусків.



Умовні позначення

- - Міні-ГЕС
- - рекомендовані фонові пункти спостереження на водних об'єктах з функціональними Міні-ГЕС
- - рекомендовані пункти спостереження нижче від джерела впливу
- - рекомендовані пункти спостереження за межею впливу об'єкта

Рис. 5.3. Рекомендовані пункти спостережень за водними об'єктами, на яких функціонують малі ГЕС

Мінімізація або уникнення встановлених негативних впливів можливе шляхом повної відповідності запланованих дій природоохоронному законодавству та проєктованим техніко-технологічним рішенням і застосуванню комплексу заходів, спрямованих на охорону навколишнього середовища. Запропоновано програму моніторингу для реалізації її на практиці у функціонуванні малих ГЕС. Результати моніторингу дозволять мінімізувати техногенний вплив до приведення стану природно-техногенних гідроекосистем в оптимальний.

Висновки до розділу 5

1. Вдосконалено систему організації гідроекологічного моніторингу з урахуванням басейнового підходу, природно-техногенних впливів з метою підвищення рівня екологічної безпеки гідроекосистем.

2. Розроблено програму спостережень для річок, на яких функціонують малі гідроелектростанції, відповідно до вимог Водної Рамкової Директиви ЄС, що є особливо важливим в умовах необхідності підвищення енергоефективності шляхом використання відновлюваних джерел енергії.

3. За допомогою ГІС Map Info побудовано карту розташування малих ГЕС в межах Карпатського регіону із розробленою мережею гідроекологічного моніторингу, з метою врахування та контролю впливів, що виникають внаслідок функціонування об'єктів гідроенергетики.

ВИСНОВКИ

У дисертаційному дослідженні вирішено актуальне науково-прикладне завдання підвищення рівня екологічної безпеки гідроекосистем шляхом дослідження закономірностей кліматичних змін та їх взаємозв'язку з факторами формування стоку, розроблення наукових методів дослідження, комплексної оцінки та визначення ступеня природно-техногенного впливу, підвищення ефективності управління впливами через удосконалення системи екологічного моніторингу поверхневих водозборів та технічних засобів контролю за станом навколишнього середовища, зокрема:

1. Обґрунтовано теоретичні основи оцінювання природно-техногенного впливу з метою удосконалення системи гідроекологічного моніторингу та технічних засобів контролю за станом навколишнього середовища. Дослідження використовуються в навчальному процесі.

2. Досліджено закономірності зміни кліматичних факторів та встановлено їх функціональний зв'язок з гідроекологічними небезпеками та показниками стоку в межах верхньої течії Дністра на основі аналізу та обробки даних багаторічних спостережень, що дає змогу прогнозувати процес формування природно-техногенних впливів з врахуванням глобальних кліматичних змін. Проведено систематизацію негативних впливів на гідроекосистему верхньої течії Дністра, запропоновано методологічну схему етапів оцінки впливу на гідроекосистему. Апробовано метод сингулярного спектрального аналізу для виконання прогнозу основних гідроекологічних параметрів водних об'єктів верхньої частини басейну р. Дністер. Отримано функціональні залежності: кількості паводкоутворюючих опадів і максимальної витрати води екстремальних паводків; показників температури та опадів. Аналіз та обробка гідрокліматичних баз даних дозволи підтвердити тенденцію до зміни клімату на території Карпатського регіону на прикладі верхньої течії Дністра, що виражається підвищенням показників температури та опадів порівняно з

нормою, збільшення кількості екстремумів і їх тривалості як в середині року, так і в багаторічному розрізі.

3. Розроблено метод комплексного оцінювання природно-техногенного впливу для басейнової гідроекосистеми, який включає: вимірювання гідрорежиму, показники трансформації водних екосистем, показники бокування басейну, показники фрагментації, коефіцієнт екологічного дисбалансу, коефіцієнт якості води, з метою підвищення рівня екологічної безпеки водних екосистем, що дає можливість оцінювати стан басейнової екосистеми, визначати імовірність її порушення і застосовувати комплекс заходів оптимальних форм управління екологічною безпекою. Апробовано метод комплексного оцінювання природно-техногенного впливу на прикладі басейнових систем верхньої течії Дністра. Виконаний прогноз процесу взаємодії техногенного навантаження проектних ГЕС з поверхневими гідроекосистемами у верхній течії басейну р. Дністер. Показник природно-техногенного впливу підвищився на 0,04.

4. Удосконалено процес роботи автоматизованої інформаційно-вимірювальної системи екологічного моніторингу водних об'єктів з урахуванням комплексного басейного підходу, шляхом розроблення пристроїв для удосконалення технічних засобів контролю за станом навколишнього середовища. Матеріали дисертаційних досліджень включені у пропозиції до стратегічних, програмно-планових документів у сфері управління, використання та відтворення поверхневих водних ресурсів і протипаводкового захисту, що знаходяться у віданні Івано-Франківського обласного управління водних ресурсів.

5. Удосконалено пристрій для вимірювання вологості ґрунтів та пристрій для контролю кислотності дощових опадів, як складові частини автоматизованої інформаційно-вимірювальної системи, що дає можливість підвищити рівень екологічної безпеки басейнової гідроекосистеми. Пристрій для вимірювання вологості ґрунтів, забезпечує пошарове роздільне вимірювання вологості ґрунту,

що дає можливість більш комплексно оцінювати стан басейнової гідроекосистеми, визначати імовірність її порушення внаслідок формування небажаного підвищення рівня стоку і застосовувати комплекс заходів щодо зниження впливу повеней та паводків. Отримано функціональну залежність рівня рН водойми від рівня рН опадів. Удосконалено пристрій для контролю кислотності дощових опадів шляхом вимірювання поверхневого натягу, що призначений для експрес-методу визначення рівня кислотності дощових опадів, які, як було доведено, підвищують рівень гідроекологічної небезпеки у водних об'єктах. Лабораторна установка використовується в навчальному процесі.

6. Досліджено основні проблеми організації моніторингу поверхневих водних об'єктів, удосконалено систему організації гідроекологічного моніторингу з урахуванням басейнового підходу, природно-техногенних впливів з метою підвищення рівня екологічної безпеки гідроекосистем. Розроблено рекомендації до запровадження на робочих і майбутніх малих ГЕС програми комплексного екологічного моніторингу стану природно-техногенної безпеки. У ГІС MapInfo побудована карта існуючих малих ГЕС в межах Карпатського регіону із розробленою мережею створів гідроекологічного моніторингу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Веселовский К. С. О климате России / К. С. Веселовский // Санкт-Петербург: Akad. Nauk, 1857. – 327 с.
2. Воєйков О. І. «Клімати земної кулі» / О. І. Воєйков // Санкт-Петербург, 1884.
3. Докучаев В. В. К учению о зонах природы / В. В. Докучаев // Санкт-Петербург, 1899. – 28 с.
4. Берг Л. С. Географические зоны Советского Союза / Л.С. Берг // Вып. № 1. Гос. издательство географической литературы, 1947. – 401с.
5. Исследование повторяемости и продолжительности периодов различной водности на реках СССР / В. Г. Андреев, К. П. Воскресенский, Н. Я. Глущенко, Н. Ф. Панова // Многолетние колебания стока и вероятные методы его расчета. – М. : Изд-во МГУ, 1967. – С. 44–59.
6. Гопченко Є. Д. Дослідження впливу сучасних змін клімату на характеристики максимального стоку весняного водопілля в басейні р. Прип'ять / Є. Д. Гопченко, В. А. Овчарук, Ж. Р. Шакірманова // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – К.: ВГЛ "Обрії", 2010. – Т. 3. – С. 50-59.
7. Лобода Н. С. Закономірності коливань річного стоку річок України при змінах клімату на початку ХХІ сторіччя / Н. С. Лобода // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія відповідальний редактор Хільчевський В. К. – К. ВГЛ "Обрії". – Т. 18. – 2010. – С. 62-70.
8. Сусідко М. М. Оцінювання характерних рівнів води з урахуванням умов переміщення водних мас на річковій ділянці / М. М. Сусідко, О. І. Лук'янець // Наук. зб. КНУ. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2003. – № 5. – С. 72–78.
9. Скакун С. В. Нейромережевий метод картографування повеней на основі супутникових зображень / С. В. Скакун // Наукові праці ДонНТУ. Серія "Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка". – 2001. – Вип. 10 (153). – С. 52–58.

10. Гребінь В. В. Оцінка можливості оперативного прогнозування дощових паводків на річках басейнів Прута та Сірету / В. В. Гребінь, О. І. Лук'янець, І. І. Ткачук // Український гідрологічний журнал. – 2012. – № 10. – С. 164–175.
11. Вишневський В. І. Максимальні витрати води на річках Українських Карпат / В. І. Вишневський // Наук. праці УНДГМІ: Гідрометеорологічні дослідження в Україні. – 1999. – Вип. 247. – С. 102–113.
12. Вишневський П. Ф. Зливи і зливовий стік на Україні / П. Ф. Вишневський. – К. : Наук. думка, 1962. – 291 с.
13. Ворончук М. М. Проявление в колебаниях водности Днестра динамики солнечной активности и других космико-геофизических факторов / М. М. Ворончук // Труды УкрНИГМИ. – 1972. – Вып. 116. – С. 44–59.
14. Киндюк Б. В. Исследование характеристик рядов ливневого стока малых рек бассейна верхнего Днестра / Б. В. Киндюк // Культура народов Причерноморья. Крымский научный центр НАН Украины. – 2003. – Вып. 39. – С. 9–13.
15. Гасий Т. В. О многолетней изменчивости в рядах максимальных расходов воды паводкового холодного периода года на реках Закарпатья / Т. В. Гасий // Метеорологія, кліматологія та гідрологія, 2003. – Вип. 47. – С. 227–231.
16. Войцехович В. О. Сучасні зміни максимального стоку річок українського Полісся / В. О. Войцехович, Л. І. Лузан // Наук. праці УкрНДГМІ. – 1999. – Вип. 247. – С. 175–185.
17. Кирилюк М. І. Водний баланс і якісний стан водних ресурсів Українських Карпат / М. І. Кирилюк // Чернівці : Рута, 2001. – 246 с.
18. Christenson C. Renewable Energy Across the 50 United States and Related Factors / C. Christenson // Tulane University, New Orleans, USA, 2013.
19. Bernstein, L. Intergovernmental Panel on Climate Change: climate change 2007 / L. Bernstein, P. Bosch, O. Canziani, Z. Chen, R. Christ, K. Riahi // synthesis report. IPCC, Geneva.

20. Волошкіна О. С. Оцінка впливу глобальних змін клімату на кількість та нерівномірність опадів у Карпатському регіоні / О. С. Волошкіна, О. В. Цікало // Екологічна безпека та природокористування (2012). – С. 62–67.
21. Архипова Л. М. Природно-техногенна безпека гідроєкосистем: монографія / Л. М. Архипова Івано-Франківськ : Видавництво ІФНТУНГ, 2011. – 366 с.
22. Адаменко О. М. Про причини та можливості попередження й зниження катастрофічних наслідків регіональних паводків у західному регіоні України / О. М. Адаменко // Природа Західного Полісся та прилеглих територій, 2009. – С. 9-16.
23. Семчук Я. М. Виникнення і розвиток надзвичайних ситуацій природного характеру та їх вплив на магістральні нафтогазопроводи в Івано-Франківській області / Я. М. Семчук, О. С. Малишевська // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. – 2010. – № 2. – С. 154–162.
24. Приходько М. М. Наукові основи басейнового управління природними ресурсами (на прикладі річки Гнила Липа): монографія / М. М. Приходько та ін.; за ред. М. М. Приходька. – Івано-Франківськ, 2006. – 270 с.
25. Егидарев Е. Г. Картографирование и оценка пойменных комплексов в долине реки Амур / Е. Г. Егидарев // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. – 2012. – № 2 (162). – С. 9–16.
26. Qihua R. Flood forecast method based on rainfall-runoff-flood routing calculation / Ran Qihua, Wang Zhenyu, He Zhiguo // Zhejiang University. – 102289570; application Date 23. 07. 2011; publication A 21. 12. 2011.
27. Fernandes Cavalcante V. System, method and program product for flood aware travel routing / V. Fernandes Cavalcante, B. Da Costa Flach, M. Athanzio de Cerqueira Gatti, R. Guimaraes Herrmann, K. Mantripragada, M. Aurelio Stelmar Netto, L. Correia Villa Real, P. Aida Sesini, C. Ronald Botelho De Souza, B. Zadrozny

// International Business Machines Corporation, Armonk, NY (US). – 13/290,334; application Date 07. 11. 2011; publication 03. 05. 2013.

28. Ward R. A Geographical Perspective / R. Ward // Floods. – London etc – Macmillan, 1978. – 244 p.

29. Moss I. System and method for predication flooding / I. Moss, R. Tremblay // Insurance bureau of Canada. – PCT/CA2012/050772; international filing 31. 10. 2012; publication 10. 05. 13.

30. Shigemi S. Rainfall food forecasting system / S. Shigemi // Foundation of river & basin integrated communications Japan. –2000296115; application Date 31. 10. 2000; publication A 10. 04. 2002.

31. Настанова гідрометеорологічним станціям і поста́м. КД 52.4.8.03-10. Вип. 3. Ч. 1: Метеорологічні спостереження на станціях»

32. Недялков М. И. Карта Осадков / М. И. Недялков, Г. А. Сыроедов // Экологический атлас. Бассейн реки Днестр.

33. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Комплексної програми захисту сільських населених пунктів і сільськогосподарських угідь від шкідливої дії вод на період до 2010 року та прогноз до 2020 року» від 3 липня 2006 р. N 901.

34. Библиук Н. И. Небезпечні стихійні явища в Карпатах: причини виникнення та шляхи їх мінімізації / Н. И. Библиук, І. П. Ковальчук, О. С. Мачуга // Зб. наук. праць Лісівничої академії наук України НЛТУ України, Лісівнича академія наук України. – 2009. – Вип. 6 (2008). – С. 105–119.

35. Полонский А. Б. Пространственно-временная изменчивость интенсивных осадков на территории Украины и их связь с изменениями климата / Е. Н. Воскресенская, Е. В. Вышкваркова // Доповіді НАН України (2013).

36. Байрак Г. Р. Застосування ГІС для візуалізації паводконебезпечних районів із врахуванням морфології та літології річкових долин (на прикладі долин рік Прибескидського Передкарпаття) / Г. Р. Байрак // Геодезія, картографія і

аерофотознімання: міжвідомч. наук.-техн. збірн. – 2013. – Вип. 78. – С. 43–48.

37. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2014 році / Український науково-дослідний інститут цивільного захисту ДСНС України, Київ 2015, 365 С.

38. Габрель М. М. Особливості ландшафтно-урбаністичної організації територій із загрозами повеней / М. М. Габрель // Містобудування та територіальне планування 52 (2014). – С. 35–49.

39. Річний звіт Дністровсько-Прутського БУВР «Про роботу з питань управління водними ресурсами та контролю за раціональним використанням і охороною вод та відтворенням водних ресурсів у 2009 році» (м. Чернівці, 2010 рік) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://dpbuvr.gov.ua/>.

40. Яців М. Ю. Оцінка екологічної ситуації Чернівецької області / М. Ю. Яців // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2008. – № 4. – С. 43–51.

41. Бройде З. С. Протипаводкові заходи / З. С. Бройде, О. А. Дьяков, О. Є. Рубель // Екологія. Право. Людина 2010: № 8 (48) – С. 95-96.

42. Статистичний збірник / за ред. В. С. Дроня // Довкілля Чернівецької області у 2012 році, 2013 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www. cv. ukrstat. gov. ua/publiy/eco/zb/ZB_13. pdf](http://www.cv.ukrstat.gov.ua/publiy/eco/zb/ZB_13.pdf).

43. Наукове обґрунтування та рекомендації щодо оцінки та регулювання вертикальних руслових деформацій на гірських річках Івано-Франківської області (на прикладі р. Лімниця) / О. Г. Ободовський, В. В. Гребінь, В. В. Онищук [та ін.] // Звіт про науково-дослідну роботу, 2004. – 257 с.

44. Оцінка стану та ефективності роботи захисно-регулювальних споруд під час паводку у Прикарпатському регіоні / М. І. Ромашенко, М. А. Шевченко, Д. П. Савчук [та ін.] // Звіт про науково-дослідну роботу, 2008. – 157 с.

45. Обґрунтування створення Дністровського інженерно-екологічного науково-навчально-виробничого протипаводкового полігону з центром у с. Маріямпіль /

О. М. Адаменко, Я. О. Адаменко, О. М. Мандрик, С. В. Пернеровська // Матеріали міжнародного екологічного форуму «Довкілля для України», 23-25 квітня 2013 р., м. Київ. – С. 87–90.

46. Адаменко О. М. Про причини та наслідки паводків у долині Дністра / О. М. Адаменко // Вісник Львівського університету. Серія географічна. 2014. Випуск 48. – С. 141–149.

47. Адаменко Я. О. Галицький протипаводковий полігон / Я. О. Адаменко, О. М. Мандрик, Л. М. Архипова Н. О. Зоріна // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. – Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2011. – № 1 (3). – С. 76–80.

48. Адаменко О.М. Паводкова небезпека, можливість передбачення та подолання її катастрофічних наслідків на Прикарпатті / О.М.Адаменко, М.В.Палійчук // Науковий вісник ІФНТУНГ. 2009. № 1 (19), – С. 5–15.

49. Організаційні, навчальні та науково-дослідницькі роботи на Дністровському протипаводковому полігоні у 2012–2013 рр. / Є. І. Крижанівський, О. М. Мандрик, Я. О. Адаменко [та ін.] // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. Науково-технічний журнал Івано-Франківськ: № 1 (9), 2014. С. 53–70.

50. Адаменко О. М. Автоматизована інформаційно-вимірювальна протипаводкова система – Дністер (АВПС-Дністер) / О. М. Адаменко, Д. О. Зорін // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування, Науково-технічний журнал Івано-Франківськ: № 2 (8), 2013. – С. 68–76.

51. Шпак И. С. Влияние леса на водный баланс водосборов / И. С. Шпак. – М. : Наук. думка, 1968. – 142 с.

52. Кирилюк М. И. Водный баланс и качественное состояние водных ресурсов Украинских Карпат / М. И. Кирилюк. – М. : Рута, 2001. – 246 с.

53. Адаменко О. М. Екологічна безпека територій: колективна монографія /

О. М. Адаменко; за ред. професорів О. М. Адаменка та Я. О. Адаменка. – Івано-Франківськ: Голіней, 2014. – 361 с.

54. Олійник В. С. Водоохранныя и водорегулирующая роль горных лесов Карпат / В. С. Олійник // Гидрологическая роль лесных геосистем. – Новосибирск, 1989. – С. 73–79.

55. Олійник В. С. Водоохоронно-захисна роль гірських лісів Українських Карпат, їх антропогенні зміни та шляхи оптимізації: автореф. д-ра с/г наук / В. С. Олійник – Львів, 2008. – 40 с.

56. Vehviläinen V. Hydrological forecasting and real time monitoring in Finland: the watershed simulation and forecasting system (WSFS) / V. Vehviläinen, M. Huttunen, I. Huttunen // Innovation, advances and implementation of flood forecasting technology, conference papers, Tromso, Norway. 2005.

57. АІВС “Прикарпаття” [Електронний ресурс]. – Режим доступу: dprbuivr.gov.ua.

58. Трофимчук Д. Н. Обґрунтування раціональних технічних рішень в проектах будівництва та реконструкції протипаводкових споруд за оптимізаційним методом / Д. Н. Трофимчук // Тези Всеукраїнської науково-практичної конференції «Сталий розвиток країни в рамках Європейської інтеграції» 27 жовтня, Житомир 2016. – С. 122–123.

59. Бобровський А. Л. Питання оцінки впливу на навколишнє середовище: монографія / А. Л. Бобровський. –, Рівне : ТОВ—Принт Хауз, 2014.

60. Андрусяк Н. С. Екологічний менеджмент і аудит: навч. посіб. / Н. С. Андрусяк // Чернівці : Видавничий дім „РОДОВІД”, 2013. – 195 с.

61. Луцько В. С. Погода і економіка / В. С. Луцько // Екологічна безпека та природокористування, Зб. наук. пр. – К., 2008. – Вип. 2. – С. 187–199.

62. Балабух В. О. Зміна інтенсивності конвекції в Україні: причини та наслідки В. О. Балабух [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://meteo.gov>.

ua/files/content/docs/Vinnitsa. " UkrGMI. pdf.

63. Шевченко О. Г. Оцінка вразливості до зміни клімату: Україна / О. Г. Шевченко. – К. : Вид-во «Дністер», 2014. – 63с.

64. Качала С. В. Визначення гідроекологічного ризику як об'єкту прогнозування / С. В. Качала // Матеріали науково-практичної конференції «Стратегії сталого розвитку на шляху до сильнішої громади», м. Северодонецьк, 21 жовтня 2016 року. – С. 48–50.

65. Методика визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки. Затверджена наказом Мінпраці № 637 на вимогу постанови Кабінету Міністрів № 956 від 11 липня 2002 р.

66. Пернеровська С. В. Метод визначення гідроекологічного ризику, як інструмент басейнового підходу до вивчення гідроекосистем / С. В. Пернеровська // Межвузовская обласная научная конференция «Актуальные вопросы наук о Земле в концепции устойчивого развития беларуси и сопредельных государств» Гомель, март 2015. – С. 101–104.

67. Пернеровська С. В. Необхідність прогнозування гідроекологічного ризику в Карпатському регіоні / Б. Ю. Михалюк, С. В. Пернеровська // Конференція «ХІ Всеукраїнські наукові Таліївські читання», 2015. – С. 70–74.

68. Наказ N 637 від 04. 12. 2002 «Про затвердження методики визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки».

69. Статюха Г. О. Розробка методики оцінки небезпечних видів діяльності промислових підприємств / Г. О. Статюха, Т. В. Бойко, В. І. Бендюг // Екологія і ресурси. – 2003. – № 7. – С. 46–55.

70. Гришин А. С. Екологічна безпека: навч. посібн. / А.С. Гришин, В. М. Новиков. М. : Гранд, 2000.

71. Аналіз та систематизація існуючих методів оцінювання ступеня екологічної

небезпеки / М. С. Мальований, В. М. Шмандій, О. В. Харламова та [ін.] // Екологічна безпека – 2013. – Вип. 1 (15). С. 37–44.

72. Шмандій В. М. Управління екологічною безпекою на регіональному рівні (теоретичні та практичні аспекти) / В. М. Шмандій // автореф. дисертації докт. техн. наук: 21. 06. 01/ В. М. Шмандій. – Харків, 2003. – 36 с.

73. Фалько В. В. Задача оценки для человека составляющей экологического риска от точечного источника выбросов / В. В. Фалько, В. А. Долодаренко // Вісник СумДУ. – 2006. – № 5 (89). – С. 138–142.

74. Оцінка якості басейну транскордонної р. Сіверський Донець геостатистичним методом / Є. С. Анпілова, В. І. Клименко, Г. Я. Красовський, О. М. Трофимчук // Тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції «II-й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю», 24–27 вересня 2009., Вінниця, 2009. – С. 1–4.

75. Челядин Л. І. Наукові засади ресурсозберігаючих технологій та устаткування підвищення екологічної безпеки промислових об'єктів Прикарпаття: автореф. дисертації докт. техн. наук: 21. 06. 01 / Л. І. Челядин – Івано-Франківськ, 2011. – 36 с.

76. Деклараційний патент на корисну модель UA 11700. Спосіб еколого-гігієнічної діагностики умов відтворення водних ресурсів водотоків або водойм / Дмитрієва О. О., Верніченко–Цветков Д. Ю.; Заявник Український науково-дослідний інститут екологічних проблем; опубл. 16. 01. 2006, Бюл. № 1.

77. Орел С. М. Ризик. Основні поняття / С. М. Орел, М. С. Мальований. – Львів : НУ «Львівська політехніка», 2008. – 88 с.

78. Ayyub V. M. Risk Analysis in Engineering and Economics / V. M. Ayyub // Boca Raton: Chapman & Hall/CRC Press, 2003.

79. Про систему керування цілісністю магістральних трубопроводів. Поняття ризик-аналізу / В. В. Розгонюк, А. А. Рудник, І. В. Ориняк, С. Ф. Білик // Розвідка

та розробка нафтових і газових родовищ. – 2004. – № 3 (12). – С. 120–125.

80. Качинський А. Б. Екологічна безпека України: Системні принципи та методи її формалізації / А. Б. Качинський, Ю. В. Егоров // Національна безпека: Український вимір. – 2009. – № 4 (23). – С. 71–79.

81. Пестряк Є. П. Техногенна безпека та екологічні ризики на об'єктах нафтогазовидобутку / Є. П. Пестряк, Г. І. Рудько // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. – 2012. – № 1 (5). – С. 49–56.

82. Лук'янець О. І. Приклад порушення однорідності рядів максимальних рівнів води / О. І. Лук'янець // Наук. зб. КНУ. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2006. – № 11. – С. 178-181.

83. Ободовський О. Г. Концептуальні положення гідроекологічної оцінки прояву руслових процесів / О. Г. Ободовський // Наук. зб. КНУ. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2001. – № 2. – С. 146–156.

84. Сусідко М. М. Оцінювання змін в умовах переміщення водних мас на гірських річках / М. М. Сусідко // Наук. зб. КНУ. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2006. – № 11. – С. 181-184.

85. Березуцький В. В. Небезпечні виробничі ризики та надійність: навч. посіб. / В. В. Березуцький, М. І. Адаменко. – Харків: НТУ «ХП», 2016. – 385 с.

86. Пернеровська С. В. Розгляд ризику, як об'єкту прогнозування, методи та аналіз досліджень / С. В. Пернеровська // Сборник научных трудов. Строительство, материаловедение, машиностроение. Серия «Энергетика, экология, компьютерные технологии в строительстве». – Вып. 70. – Днепропетровск, 2013. – С. 148–155.

87. Екологічний паспорт Івано-Франківської області за 2015 рік розроблено відповідно до наказу Міністерства охорони навколишнього природного середовища України від 23 травня 2014 року № 162 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.if.gov.ua/files/uploads/ekopasport_2015.pdf

88. Латиш Л. Г. Зміни режиму вологовмісту ґрунту в Україні у 2011- 2025 роках / Л. Г. Латиш, В. М. Хохлов // Фізична географія та геоморфологія. – 2009. – Вип. 57. – С. 43-49.
89. Пернеровський В. Я. Вплив засушливих періодів на водність річок і підземних водних горизонтів на Прикарпатті / В. Я. Пернеровський // Семінар на тему «Комплексне вирішення проблем водопостачання та каналізування населених пунктів та об'єднань громад», м. Київ, 28 вересня 2016 р.
90. Ліпінський В. М. Активізація стихійних метеорологічних явищ на території України – прояв глобальних змін клімату / В. М. Ліпінський, В. І. Осадчий, В. М. Бабіченко // Укр. геогр. журн. – 2007. – №2. – С. 11–20.
91. Тепловой баланс земной поверхности / М. И. Будыко Ю. Г. Ермаков, Г. М. Игнатьев [и др.]; под общей ред. А. М. Рябчикова. – Л. : Гидрометеиздат, 1956.
92. Стихийні метеорологічні явища на території України за останнє двадцятиріччя 1986 – 2005 рр. / за ред. В. М. Ліпінського, В. І. Осадчого, В. М. Бабіченко. – К. : Вид-во “Ніка-Центр”, 2006. – 312 с.
93. Marques C. A. F.. Singular spectrum analysis and forecasting of hydrological time series / C. A. F. Marques, J. A. Ferreira, A. Rocha, J. M. Castanheira, P. Melo-Goncalves, N. Vaz, J. M. Dias // Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 31(18), 2006. P. 1172-1179.
94. Dickinson J. E. HydroClimATe-Hydrologic and climatic analysis toolkit: U.S. Geological Survey Techniques and Methods / R. T. Hanson, S. K. Predmore // 4–A9, 2014, 49 p.
95. Архипова Л. М. Прогноз гідрологічних параметрів водних об'єктів методом сингулярного спектрального аналізу / Л. М. Архипова, С. В. Пернеровська // Науковий вісник Національного гірничого університету – 2015. №2 С. 45–50.
96. Лук'янець О. І. Багаторічні коливання водності в Карпатах / О. І. Лук'янець,

М. М. Сусідко // Матеріали міжнародної конференції “Стихійні явища у Карпатах”. – Рахів. – 1999. – С. 195–199.

97. Sosyedko M. Karpaten – die hochwassergefährlichste Region in der Ukraine / О. Luk’yanets, М. Sosyedko // XX. Konferenz der Donauländer. Bratislava, 2000. S. 29.

98. Розклад погоди: Статистика погоди у Івано-Франківській області [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.rp5.ua.

99. Пернеровська С. В. Визначення ступеня гідроекологічного ризику, як основного параметру сталого розвитку гідроекосистеми / С. В. Пернеровська // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування: науково-технічний журнал. – Івано-Франківськ. – 2014, Голіней. – С. 23–28.

100. Снижение уязвимости к экстремальным наводнениям и изменению климата в бассейне реки Днестр / Р. Коробов, Н. Закорчевна, Г. Сыродоев, И. Игнатъев // Проект Инициативы ENVSEC [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.google.com.ua/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwi97PGG5bHWAhUBEJoKHSH_wCK0QFggtMAE&url=https%3A%2F%2Fehlm.unece.org%2Fdownload%2Fattachments%2F25362435%2FDniester_vulnerability_atlas.pdf%3Fapi%3Dv2&usg=AFQjCNH23e8IbTUI_8Xz7yDpj2TzEnZ-5g.

101. Програма комплексного протипаводкового захисту в басейні р. Тиси в Закарпатській області на 2006-2015 роки затверджена у редакції постанови Кабінету Міністрів України від 13 лютого 2005 р. № 130

102. Болин Б. Климат и наука, знания и понимание, необходимые для действий в условиях неопределенности / Б. Болин // Тезисы докладов Всемирной конференции по изменению климата, 2003. – С. 9–13.

103. Еремеев В. Регіональні аспекти глобальної зміни клімату / В. Еремеев, В. Ефимов // Вісн. НАН України. – 2003. – № 2 – С. 14–19.

104. Мизун Ю. Г. Космос и погода / Ю. Г. Мизун. – М. : Наука, 1986. – 144 с.

105. Ушаков С. А. Дрейф материков и климаты Земли / С. А. Ушаков, И. А. Ясманов. М., 1984. – 206 с.
106. Покровская, Т. В. "О связи экстремальных аномалий погоды теплого сезона с аномальностью хода 11-летних солнечных циклов." Труды ГГО 330 (1975): 54-60.
107. Осовська Г. В. Стратегічний менеджмент: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / Г. В. Осовська, О. Л. Фіщук, І. В. Жалінська. – К. : Кондор, 2003. – 196 с.
108. Качала С. В. Постановка проблеми дослідження комплексного гідроекологічного ризику / С. В. Качала // Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції «Прикладні аспекти техногенно-екологічної безпеки», Харків, 4 грудня 2015 р. – С. 225–227.
109. Качала С. В. Проблематика та методика дослідження комплексного гідроекологічного ризику / С. В. Качала // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування, науково-технічний журнал. – Івано-Франківськ – 2016. – № 1 (13). – С. 136–140.
110. Деклараційний патент на корисну модель UA 754894 U. Заявка u 2012 02605 від 05. 03. 2012. Опубліковано 10. 12. 2012, Бюл. № 23, 2012 р.
111. Деклараційний патент на винахід UA 42657 A. Заявка 2001074656 від 04. 07. 2001. Опубліковано 15. 10. 2001, Бюл № 9, 2001 р.
112. Деклараційний патент на корисну модель UA 51238 U. Заявка u200913782 від 28. 12. 2009. Опубліковано 12. 07. 2010, Бюл. № 13, 2010 р.
113. Пернеровська С. В. Возможности использования водоресурсного потенциала Карпатского региона / С. В. Пернеровська // Доклады V Международной научной конференции «Геоэкологические проблемы современности», 8 ноября 2013г., г. Владимир, Россия. – С. 174–176.
114. Засидко И. Б. Паводки. Международный опыт Украины в борьбе с паводками / И. Б. Засидко, С. В. Пернеровская // XIII Студенческая

международная конференция «Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки» - 31 октября 2013г., г. Новосибирск, Россия С. 105–111.

115. Пернеровська С. В. Застосування методу визначення гідроекологічного ризику на прикладі басейну р. Лімниця / С. В. Пернеровська // Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету, ІХ Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні проблеми збалансованого природокористування», 27–28 листопада 2014 року. – С. 91–92.

116. Програма розвитку гідроенергетики України до 2026 року ENVSEC [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://uge.gov.ua/content/files/presentation_2026.pdf.

117. Аналіз урядової програми розвитку гідроенергетики України на період до 2026 року (схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 13 липня 2016 р. № 552-р.) / Київський місцевий відокремлений підрозділ національного екологічного центру України «Вітер змін» Київ – 2016 93 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://necu.org.ua/wp-content/uploads/2017/02/Hydropower_Report_WoS_2017.pdf

118. Каскад ГЕС на Дністрі / О. Стіновський [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://teren.in.ua/2016/01/04/kaskad_hes_na_dnistri_buty_chy_ne_buty_foto/.

119. Погребенник В.Д., Шибанова А.М., Ядчишин О.В Міжнародна науково-практична конференція Прикладні науково-технічні дослідження 5–7 квітня, Івано-Франківськ 2017 Будівництво ГЕС на Дністрі: економічна вигода чи екологічне лихо? – С. 4–5.

120. Гетьман В. «Дністровський каньйон у національному природному парку». географія. 1 (64) 2016. – С. 23–29.

121. Денисик Г. І. Регіональне антропогенне ландшафтознавство. Навчальний посібник / Г. І. Денисик, О. В. Тімець. – Вінниця-Київ, 2010. – 170 с.

122. Суходоля О. М. Сучасний стан, проблеми та перспективи розвитку

гідроелектроенергетики України / О. М. Суходоля, А. А. Сидоренко, С. В. Бегун, А. А. Білуха // Аналітична доповідь НІСД, 2014. – 54 с.

123. Пернеровська С. В. Регіональне співробітництво в галузі дослідження кліматичних змін / С. В. Пернеровська // Збірник матеріалів першої міжвузівської науково-методичної конференції «Екологічні аспекти регіонального партнерства в надзвичайних ситуаціях», 21 листопада 2012 р., м. Харків. – С. 228–230.

124. Пернеровська С. В. Проблема комплексного прогнозування гідроекологічного ризику та методи його вдосконалення / С. В. Пернеровська // Тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених та студентів «Екологічна безпека держави», 16–18 квітня 2013 р., м. Київ. – С. 177–178.

125. Пернеровська С. В. Обґрунтування можливостей комплексного прогнозування гідро екологічного ризику / С. В. Пернеровська // Екологічна безпека. – 2013. – № 1 (15). – Кременчук, 2013. – С. 92-95.

126. Пернеровська С. В. Стратегія протипаводкового захисту на прикладі Івано-Франківської області, шляхи її розвитку та вдосконалення / С. В. Пернеровська // Матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції «Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства», 29–30 листопада 2012 р., м. Львів. С. 334–336.

127. Заміховський Л. М. Аналіз методів і систем контролю та прогнозування рівня паводкових вод / Л. М. Заміховський, О. І. Клапоущак // Нафтогазова енергетика. – 2011. – № 2 (15). – С. 99-105.

128. Клапоущак О. І. Розроблення структурних схем для контролю паводкових вод / О. І. Клапоущак, О. Л. Заміховська // Розвиток наукових досліджень «2013»: IX Міжнародно-науково практична конференція, 25-27 листопада 2013р. : тези доп. – Полтава : ІнтерГрафіка, 2013. – Т. V. – С. 13-15.

129. Клапоущак О. І. Встановлення тісноти взаємозв'язку між даними

метеорологічних станцій та даними рівня води річки Прут / О. І. Клапоушак // Людина та довкілля. Проблеми неоекології. – 2014. – № 1-2. – С.30–34

130. Instruction Manual April 2006 [Електронний ресурс]: ARG100 Specifications and Technical Data. Офіційний сайт. – Режим доступу: <https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/37186213/7ML19981FB05.pdf>

131. Деклараційний патент на корисну модель «Пристрій для визначення вологості ґрунту» UA 103504 U. Заявка u201503769 від 21. 04. 2015. Опубліковано 25. 12. 2015, Бюл. № 24, 2015 р.

132. Сусідко М.М. Математичне моделювання процесів формування стоку як основа прогностичних систем // Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія. Т. 1 – К.: Ніка-Центр, 2000. – С. 32-40.

133. Маслова Т. В. Оцінювання зволоженості гірських водозборів при математичному моделюванні дощових паводків / Т. В. Маслова, М. М. Сусідко // Наук. праці УкрНДГМІ, 2007, Вип. 256. – С. 32–40.

134. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2. 2. 4-171-10) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10>.

135. Безпека життєдіяльності: навч. посіб. / П. С. Атаманчук, В. В. Мендерецький, О. П. Панчук, О. Г. Чорна. – К. : Центр учбової літератури, 2011. – 276 с.

136. Савицький О. В. Спадок ери динозаврів. Огляд теплової енергетики України / О. В. Савицький. – Київ: Національний екологічний центр України, 2014. – 32 с.

137. Ермаков А. Н. Физическая химия кислотных дождей / А. Н. Ермаков, А. П. Пурмаль // Энергия: экономика, техника, экология. – М., 1998. – № 9. – С. 22–28.

138. Оценка жизненного цикла природно-антропогенных систем / С. М. Абдуллаев, Е. Г. Кораблёва, Ю. А. Сапельцева [и др.] // Вестн. Челяб. гос.

ун-та. – 2008. № 17. Екологія. – Вып. 3. – С. 41–53.

139. Плохих Н. А. Отчёт о результатах снеговой съёмки г. Касли в 1993 г. / Н. А. Плохих, И. В. Грачёва // Челябин. обл. центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. – Челябинск, 1993. – 64 с.

140. Бондарчук Т. В. Сучасна характеристика умов формування гідрохімічного режиму річок басейну верхнього Дністра у межах Львівської області / Т. В. Бондарчук // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – К. : Ніка-центр, 2003. Т. 3. – С. 156-160.

141. Клапчук В. М. Рельєф / В. М. Клапчук // Літопис природи. – Яремче, 2001. – Кн. 14. – Державний обліковий номер 0201U004423.

142. Участь України у міжнародних організаціях [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://mfa.gov.ua/ua/about-ukraine/international-organizations>

143. Греков В. О. Кислотність ґрунтів за сучасних умов землеробства / В. О. Греков, Л. В. Дацько, В. М. Панасенко // Наукові праці : науково-методичний журнал. – Т. 81. – Вип. 68. – Екологія: Сучасний стан родючості ґрунтів та шляхи її збереження. – Миколаїв : Вид-во МДГУ ім. П. Могили, 2008. – С. 55–58.

144. Пилипович О. В. Моніторинг транскордонного забруднення довкілля західного регіону України / О. В. Пилипович // Вісник Львівського університету. Серія географічна. – 2014. – Вип. 45. – С. 324–330.

145. Stan środowiska w wojewodztwie Podkarpackim – Biblioteka monitoringu środowiska. – Rzeszow, 2006. – 328 s.

146. Качала С. В. Роль впливу кислотних опадів при визначенні ступеня гідроекологічного ризику / С. В. Качала // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування: науково-технічний журнал. – Івано-Франківськ ; 2016. – № 2 (14). – С. 58–63.

147. Деклараційний патент на корисну модель «Спосіб вимірювання

поверхневого натягу рідин» UA 8022 U. Заявка 20041211010 від 31. 12. 2004. Опубліковано 15. 07. 2005, Бюл. № 7, 2005 р.

148. Деклараційний патент на корисну модель «Спосіб вимірювання поверхневого натягу рідин» UA 89128 C2. Заявка a200807743 від 6. 06. 2008. Опубліковано 25. 12. 2009, Бюл. № 24, 2009 р.

149. Азнаурян І. О. Фізика та фізичні методи дослідження / І. О. Азнаурян // Навчальний посібник. – К.: КНУБА, 2007. – 248 с.

150. Русанов А. И. Межфазная тензометрия / А. И. Русанов, В. А. Прохоров. – СПб., 1994. – 320 с.

151. Деклараційний патент на корисну модель «Пристрій для контролю кислотності дощових опадів» UA 107759 U. Заявка u201511646 від 25. 11. 2015. Опубліковано 24. 06. 2016, Бюл. № 12, 2016 р.

152. Сташук В. А. Наукові засади раціонального використання водних ресурсів України за басейновим принципом: монографія / В. А. Сташук. – Херсон : Гринь ДС 320, 2014. – 77 с.

153. Качала С. В. Значення басейнового підходу в контексті гідроекологічного ризику / С. В. Качала // Збірник тез доповідей XX Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 10-річчю створення екологічного факультету «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: освіта – наука – виробництво – 2017», м. Харків, 19–22 квітня 2017 року. – С. 107–108.

154. Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС. Основні терміни та їх визначення [Електронний ресурс] // Консорціумом компаній RODECOVERSeau, 2006. – Режим доступу : <http://dbuwr.com.ua/docs/Waterdirect.pdf>.

155. Директива № 2007/60/ЄС Європейського парламенту і Ради ЄС про оцінку і управління ризиками, пов'язаними з затопленнями [Електронний ресурс] // ВРУ. – 2007. – Режим доступу : http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/994_b29.

156. Директива 2008/56/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 17 червня 2008 р. про встановлення рамок діяльності Співтовариства у сфері екологічної політики щодо морського середовища (Рамкова Директива морської стратегії) [Електронний ресурс] // Офіційний вісник ЄС. – 2008. – Режим доступу : <https://www.google.ru/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0ahUKEwjw9fnve3LAhUHApoKHxcEAYIQFgggMAE&url=http%3A%2F%2Fold.minjust.gov.ua%2Ffile%2F33345&usg=AFQjCNEhOeJsdORFoAUazzZoNt-9AXtBlg&bvm=bv.118443451,d.bGs>.

157. Директива Ради 91/271/ЄС “Про очистку міських стічних вод” від 21 травня 1991 року [Електронний ресурс] // ВРУ. – 1991. – Режим доступу : http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/994_911.

158. Директива Ради 98/83/ЄС “Про якість води, призначеної для споживання людиною” від 3 листопада 1998 року [Електронний ресурс] // ВРУ. – 1998. – Режим доступу : http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/994_963.

159. Директива Ради 91/676/ЄЕС від 12 грудня 1991 р. про захист вод від забруднення, спричиненого нітратами з сільськогосподарських джерел, із змінами і доповненнями, внесеними Регламентом (ЄС) № 1882/2003 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : file:///C:/Users/oleh/Downloads/Dir_91_676.pdf.

160. Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо скорочення кількості документів дозвільного характеру» [Електронний ресурс] // ВРУ. – 2014. – Режим доступу : <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/1193-18>.

161. Грищенко Ю. М. Комплексне використання та охорона водних ресурсів / Ю. М. Грищенко // Навчальний посібник. — Рівне, 1997. — 247 с.

162. Про затвердження методичних рекомендацій по впровадженню системи моніторингу у сфері поводження з твердими побутовими відходами (Наказ Міністерства з питань житлово-комунального господарства України від 02.10.08

№295 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.uazakon.com/documents/date_33/pg_gnceob.htm.

163. Guidance document N7. Monitoring under the Water Framework Directive // Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). – Luxembourg: Office for Official Publication of the European Communities, – 2003.

– 159 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [https://circabc.europa.eu/sd/a/63f7715f-0f45-4955-b7cb58ca305e42a8/Guidance%20No%207-%20Monitoring%20\(WG%202.7\).pdf](https://circabc.europa.eu/sd/a/63f7715f-0f45-4955-b7cb58ca305e42a8/Guidance%20No%207-%20Monitoring%20(WG%202.7).pdf).

164. Корчемлюк М. В. Підвищення рівня екологічної безпеки Прутської екосистеми / М. В. Корчемлюк // 2016. PhD Thesis. Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу.

165. Качала С. В. Розвиток водного туризму в Карпатах / С. В. Качала // Збірник тез доповідей IV Всеукраїнської науково-практичної конференції «Сучасні тенденції розвитку туризму», Частина I, Миколаїв, 10 листопада 2016. – С. 45–48.

166. Kachala S. Improvement of the organization of network monitoring water bodies / S. Kachala // Proceedings of V International scientific conference “Science of the third millennium” Morrisville, Apr. 29, 2017. – P. 13–16.

167. Пернеровська С. В. Наукова еколого-експертна оцінка проектів малих ГЕС в Івано-Франківській області / Я. О. Адаменко, Л. М. Архипова, С. В. Пернеровська // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування: науково-технічний журнал засн. ІФНТУНГ ; гол. ред. Я. О. Адаменко. №2 (8) – Івано-Франківськ : Симфонія форте, 2013. – С. 26–31.

168. Качала С. В. Методи практичної реалізації процесу організації диверсифікації джерел енергії / С. В. Качала // Матеріали IV міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні питання сучасної науки». – Част. I. – м. Одеса, 3–4 червня 2016 року. – С. 65–67.

169. Качала С. В. Використання альтернативних джерел енергії як запорука

сталого розвитку туризму / С. В. Качала // Збірник матеріалів V Регіональної науково-практичної конференції «Історико-культурні пам'ятки Прикарпаття та Карпат – важливі об'єкти в розвитку туризму», Львів, 30 березня 2017 р. – С. 172–177.

170. Консевич Л. М. Прогноз екологічних наслідків побудови МГЕС на р. Прут / Л. М. Консевич, Я. О. Адаменко // Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету. Серія: географія. – Тернопіль, 2004. – № 2. – Ч. 2. – С. 104–110.


171. Інструкція про порядок розробки та затвердження гранично допустимих скидів (ГДС) речовин у водні об'єкти із зворотними водами / Міністерство охорони навколишнього природного середовища України. – Харьков : УкрНЦОВ, ЮНИТЕП, 1994. – 80 с.

ДОДАТКИ

Качала Софія Віталіївна

Додаток А

**Середньорічна кількість опадів та середня річна температура
за період 2011-2016 рр.**


 Державна служба України з надзвичайних ситуацій
ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ ОБЛАСНИЙ ЦЕНТР З ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЇ

76014 м. Івано-Франківськ, Тел.: (0342) 77-65-54, 52-31-70 e-mail: hydroivfrank@meteo.gov.ua
 вул. Сахарова, 23а Факс: (0342) 52-31-70

16.09.2016 року № 401/27.04-18

Начальнику
 Івано-Франківського
 обласного управління водних ресурсів
 п. Р. Михайлюку

На Ваш запит від 15.09.2016 року № 06-13/1240 надаємо наступну метеорологічну інформацію за даними п'ятьох (5) метеорологічних станцій, які підпорядковуються Івано-Франківському ЦГМ:

1. Середньорічна кількість опадів по області за базовий період 1981-2010 рр.;
2. Середня річна кількість опадів за період 2011-2016 рр.;
3. Кліматичну норму середньорічної температури повітря за базовий період 1981-2010 рр.;
4. Середні річні температури повітря за періоди 2011-2016 рр.

Табл. 1 Середньорічна кількість опадів за базовий період 1981-2010 рр.

Період/ рр.	Середньорічна кількість опадів, мм
1981-2010	932,6

Табл. 2 Середньорічна кількість опадів за період 2011-2016 (по 10 вересня включно) рр.

Рік	Сума опадів за даними 5-ох метеостанцій, мм	Відсоток від середньорічної кількості опадів за базовий період, %
2011	772,6	83
2012	843,6	90
2013	876,0	94
2014	937,2	100
2015	844,2	91
2016 (по 10.09 включно)	663,6	71

Табл. 3 Кліматична норма середньорічної температури повітря за базовий період 1981-2010 рр.

Період/ рр.	Середньорічна температура повітря за базовий період, °C
1981-2010	+6,8

Вхід. № 1348106-1
 "03" 10 2016

Продовження додатку А

Табл. 4 Середня річна температура повітря за період 2011-2016 (по 31.08 включно) рр.

Рік	Середня річна температура повітря за даними 5-ох метеостанцій, мм	Різниця між середньорічною температурою повітря за базовий період, °С
2011	+7,7	0,9↑
2012	+7,4	0,6↑
2013	+7,7	0,9↑
2014	+8,2	1,4↑
2015	+8,5	1,7↑
2016	+9,5	2,7↑

Т.в.о. начальника
Івано-Франківського ЦГМ

Т.О. Домниця
(0342) 77-65-54


Ю.М. Горбенко

Качала Софія Віталіївна

Додаток Б

**Розрахункові максимальні рівні води при пропуску паводків
різної забезпеченості**

№ з/п	Населений пункт, район	Відстань від державного кордону, гирла, км	Розрахункові рівні, м. абс.		
			4	5	6
1	2	3	4	5	6
Басейн р. Дністер			1%	5%	10%
р. Дністер					
1	с. Журавеньки	1168,5	237,09	236,06	235,6
2	Рогатинського району	1167,3	236,57	235,54	235,07
3	-	1165,1	235,46	234,44	234,71
4	-	1163,5	234,59	233,61	233,01
5	-	1161,6	233,19	232,08	231,42
6	с. Козари Рогатинського, с. Цвітова Калуського	1159,5	231,44	230,42	229,84
7	-	1157,7	230,46	229,57	229,11
8	с. Лука Калуського району	1155	229,28	228,36	227,96
9	с. Тенетники Галицького району	1152,5	228,44	227,35	226,81
10	с. Новий Мартинів Галицького району	1150,7	227,51	226,48	225,96
11	с. Н. Мартинів Галицького, с. Мошківці Калуськ.	1149	226,46	225,49	225
12	с. Суботів Галицького району	1147	225,35	224,42	223,86
13	-	1146,1	224,81	223,87	223,32
14	с. Перлівці Галицького району	1144,9	224,48	223,65	223,11
15	с. Німшин, с. Острів Галицького району	1142,5	224,07	223,35	222,8
16	с. Острів Галицького району	1140,5	223,61	222,86	222,08

Продовження додатку Б

1	2	3	4	5	6
17	с. Придністров'я Галицького району	1139,4	222,86	222,02	221,31
18	с. Ганнівці, с. Поплавники Галицького району	1137,2	221,29	220,54	219,63
19	-	1135,3	220,34	219,11	218,35
20	м. Галич, с. Залуква Галицького району	1133,8	219,48	218,38	217,65
21	м. Галич	1131,9	218,18	217,11	216,64
22		1130,5	217,29	216,49	216,14
23	-	1129,5	217,04	216,27	215,94
24	-	1127,8	216,7	216,02	215,73
25	-	1126,6	216,28	215,64	215,32
27	с. Козина Тисменицького, с. Дубівці Галицького	1124,7	214,7	213,8	213,29
28	-	1122	213,81	213,03	212,56
29	-	1120,8	213,29	212,47	212,06
30	селище Єзупіль Тисменицького району	1119,2	212,46	211,77	211,4
31	с. Побережжя Тисменицького району	1117	211,63	210,9	210,49
32	с. Маріямпіль Галицького району	1115,4	210,65	209,85	209,34
33		1113,1	209,09	208,31	207,89
34	-	1111,8	208,57	207,61	207,13
35	-	1109,4	207,96	207	206,53
36	с. Довге Тисменицького району	1107,4	207,56	206,6	206,14
37		1106,3	207,02	206,21	205,8
38	-	1104,4	206,42	205,66	205,22
39	-	1101,9	205,16	204,07	203,45
40	-	1100	204,22	203,07	202,48
41	с. Буківна Тлумацького району	1098,1	203,19	201,96	201,44
42	-	1096,9	203,09	201,87	201,35
43	с. Петрилів Тлумацького району	1094,6	202,88	201,67	201,17

Продовження додатку Б

1	2	3	4	5	6
44	с. Купелів Тлумацького району	1093,2	202,51	201,15	200,7
45	с. Новосілка Тлумацького району	1091,7	202,24	200,89	200,5
46	с. Золота Липа Тлумацького району	1090,5	202,08	200,49	199,86
47		1089	201,95	200,25	199,46
48	-	1088,6	201,85	200,13	199,32
49	-	1087,6	201,69	199,89	199
50	-	1086,9	201,59	199,76	198,83
51	-	1086,1	201,36	199,53	198,58
52	с. Нижнів Тлумацького району	1085,5	201,34	199,47	198,48
53		1084,8	201,27	199,38	198,37
54		1084	201,1	199,2	198,18
55	-	1083,2	201	199,06	198
56	-	1082,2	200,66	198,71	197,65
57	-	1081,3	199,87	198,01	197,01
58	-	1080,5	199,57	197,7	196,7
59	-	1079,8	199,52	197,51	196,44
60	-	1078,9	199,18	197,12	196,04
61	-	1077,9	198,25	196,33	195,36
62	-	1077	198,09	195,98	194,96
63	-	1075,9	197,86	195,68	194,61
64	-	1074,9	197,63	195,33	194,12
65	-	1073,2	197,41	195,07	193,86
66	-	1071	197,26	194,84	193,55
67	-	1070,2	197,16	194,71	193,4
68	-	1068,8	196,79	194,25	192,84
69	-	1068,2	196,62	194,06	192,65
70	-	1067,1	196,46	193,85	192,39
71	-	1065,3	196,13	193,53	192,06
72	-	1064,9	195,93	193,35	191,88
73	-	1063,2	195,46	192,88	191,44

Продовження додатку Б

1	2	3	4	5	6
74	-	1062,1	195,24	192,63	191,16
75	-	1061,3	194,57	192,05	190,63
76	-	1060,3	194,52	191,88	190,42
77	-	1059,7	194,16	191,55	190,1
78	-	1058,6	193,86	191,22	189,75
79	-	1057,9	193,62	190,9	189,38
80	-	1056	192,93	190,24	188,74
81	-	1055,1	192,62	189,94	188,46
82	с. Делева Тлумацького району	1054,3	192,42	189,75	188,27
83		1053,8	192,11	189,42	187,94
84	-	1052,8	191,75	189,05	187,56
85	-	1051,9	191,43	188,72	187,25
86	-	1050,9	191,23	188,51	187,02
87	-	1050	191,08	188,3	186,79
88	-	1049,2	190,85	188,08	186,57
89	-	1047,3	190,1	187,34	185,83
90	-	1046	189,49	186,74	185,26
91	с. Сокирчин Тлумацького району	1044,3	188,7	185,95	184,5
92		1043,4	188,16	185,31	183,8
93		1042,5	187,86	184,97	183,43
94	-	1041,3	187,56	184,59	183,04
95	-	1040,5	187,06	184,16	182,63
96	-	1039,6	186,91	183,93	182,38
97	-	1037,9	186,13	183,18	181,67
98	-	1036,4	185,54	182,57	181,08
99	-	1035,6	185,1	182,13	180,64
100	-	1034,3	184,69	181,7	180,22
101	-	1032,8	184,49	181,43	179,91
102	-	1031,3	184,22	181,06	179,48
103	с. Монастирок	1029,7	183,81	180,65	179,08
104	Городенківського району	1029,2	183,6	180,41	178,84

Продовження додатку Б

1	2	3	4	5	6
105		1025,8	182,72	179,44	177,85
106	с. Лука Городенківського району	1024,2	182,44	179,13	177,51
107		1023,2	182,2	178,88	177,26
108		1021,9	181,93	178,6	176,96
109	-	1020,9	181,54	178,2	176,56
110	с. Раковець Городенківського району	1020	181,35	178,01	176,36
111		1018,5	180,97	177,61	175,96
112		1017,1	180,55	177,23	175,61
113	-	1015,2	179,75	176,58	175,03
114	с. Уніж Городенківського району	1014	179,37	176,2	174,67
115		1013,2	178,96	175,86	174,35
116		1012,3	178,73	175,59	174,06
117		1011,3	178,37	175,25	173,74
118	-	1010	177,9	174,82	173,33
119	-	1009,3	177,72	174,67	173,19
120	-	1008,4	177,26	174,25	172,81
121	-	1006,9	176,68	173,68	172,26
122	-	1006	176,33	173,37	171,97
123	-	1004,9	175,9	172,98	171,61
124	-	1002,8	175,04	172,09	170,71
125	-	1001,9	174,64	171,7	170,32
126	-	999,7	173,91	170,94	169,55
127	-	998,62	173,32	170,37	169,01
128	-	997,75	173,03	170,04	168,67
129	-	996,9	172,76	169,74	168,35
130	-	996	172,25	169,13	167,69
131	-	994,94	172,02	168,81	167,35
132	с. Хмелева Городенківського району	993,36	171,12	167,89	166,47
133		992,75	170,61	167,53	166,16
134		991,84	170,37	167,24	165,85
135	-	989,64	169,35	166,09	164,68

Продовження додатку Б

1	2	3	4	5	6
136	-	987,17	168,51	165,17	163,7
137	-	984,31	167,41	164,04	162,58
138	-	982,84	166,98	163,53	162,03
139	-	980,65	166,42	162,98	161,49
140	с. Михальче	979,7	166,09	162,68	161,2
141	Городенківського району	977,75	165,6	162,2	160,72
142	-	975,54	164,75	161,35	159,87
143	-	974,84	164,47	161,07	159,61
144	-	972,58	164	160,55	159,07
145	-	971,7	163,51	160,09	158,63
146	-	970,05	163,05	159,61	158,12
147	-	968,18	162,18	158,8	157,33
148	-	966,77	161,89	158,43	156,93
149.	с. Передівання Городенківського району	963,85	160,63	157,31	157,87
150	с. Городниця	961,73	159,7	156,46	155,06
151	Городенківського району	960,85	159,33	156,11	154,72
152	-	959,6	158,8	155,51	154,13
р. Свіча					
1	с. Міжріччя Болехівської	37	322,66	322,1	321,81
2	міської ради	37,2	323,51	322,82	322,48
3	с. Міжріччя-Заріччя Болехівської міської ради	39	329,53	329	328,73
4	-	41	339,01	338,46	338,25
5	-	43	349,32	348,69	348,44
6	с. Гузіїв-Підбережжя	45,5	360,06	359,32	358,96
7	Болехівської міськради	46	361,8	361,04	360,63
8	с. Гошів Долинського	47,4	368,62	368,02	367,57
9	району	48,4	372,05	371,44	371,17
10	с. Гериня - Тяпче	49	375,19	374,47	374,08
11	Долинського району	50	379,68	379,04	378,61
12		50,5	381,47	380,7	380,29

Продовження додатку Б

1	2	3	4	5	6
13	с. Княжолука Долинського району	52,5	392,44	391,55	391,15
14		54,5	400,47	399,8	399,46
15		56,5	411,97	411,28	410,99
16	с. Новоселиця Долинського району	58,5	422,51	421,93	421,67
17	с. Вигода Долинського району	60,5	434,32	433,56	433,28
18		61	437,26	436,48	436,17
19		62	444,48	444,1	443,96
20		63	453,54	453,11	452,94
21	с. Шевченкове Долинського району	64,5	466,67	466,31	466,16
22	с. Максимівка -Шевченкове Долинського району	66,5	480,37	479,79	479,54
23	с. Лолин-Шевченкове Долинського району	67,5	492,09	491,67	491,51
24	с. Підліски Долинського району	69,5	508,79	508,34	508,16
25	-	71,5	525,53	524,95	524,73
26	-	72,5	534,5	533,85	533,52
27	-	73	540,22	539,53	539,27
28	-	74	559,41	559,01	558,81
29	-	74,5	561,61	560,85	560,55
30	-	76	573,47	572,64	572,33
31	-	77,5	585,89	584,91	584,44
32	-	79	598,18	597,3	596,89
33	-	80	606,51	605,78	605,48
34	-	82	623,86	623,08	522,79
35	-	83	632,4	631,51	631,13
36	с. Мислівка Долинського району	85,2	649,74	649,24	649,04
р. Сукіль					
1	-	22,5	351,57	351,3	351,14
2	м. Болехів	24	356,51	356,24	356,12

Продовження додатку Б

1	2	3	4	5	6
3		25,8	366,48	365,98	365,74
4		26	367,69	367,14	366,9
5		27,5	375,75	375,41	375,28
6	-	29,5	388,38	388,13	388,04
7	-	30,5	395,05	394,61	394,43
8	с. Тисів Болехівської міської	32	404,45	404,12	403,99
9	ради	32,5	408,07	407,78	407,68
10		34,6	425,14	424,38	424,09
11	-	36,5	437,22	436,53	436,23
12	с. Бубнище Болехівської міської ради	37,5	446,63	445,7	445,34
р. Мізунька					
1	с. Старий Мізунь	0	444,48	444,1	443,93
2	Долинського району	1	444,9	444,42	444,23
3		2,5	452,43	451,84	451,64
4		4	466,65	466,26	466,12
5	-	6	483,77	483,54	483,46
6	с. Новий Мізунь Долинського району	6,5	489,31	488,84	488,65
7	-	8,5	495,13	493,95	493,51
8	-	10	512,5	511,58	511,21
9	-	11,5	531,04	530,41	530,09
10	-	13	545,2	544,37	544,07
11	-	14,5	561,24	560,58	560,32
12	-	15,5	566,19	565,14	564,73
13	-	16	569,98	568,93	568,52
14	-	17,5	584,05	582,48	581,84
15	-	18,5	593,48	591,75	591,03
16	-	20	606,18	604,89	604,46
17	-	21,5	620,45	619,12	618,45
18	-	23	632,78	631,86	631,53
р. Лімниця					

Продовження додатку Б

1	2	3	4	5	6
1	-	0	219,06	217,84	217,19
2	с. Шевченкове Галицького району	1	219,97	219,05	218,66
3	с. Пукасівці Галицького району	2,4	223,12	222,38	221,9
4		2,6	223,65	222,84	222,34
5	-	5	225,81	224,94	224,57
6	с. Блюдники Галицького району	7	228,13	227,48	227,17
7	-	9,5	231,65	231,12	230,79
8	с. Мединя Галицького району	11,5	235,81	235,34	235,11
9		12	236,73	236,23	235,97
10	-	13,5	239,05	238,38	238,04
11	с. Перевозець Калуського району	15,5	242,1	241,51	241,23
12		16,5	243,84	243,26	243,02
13	-	18	246,26	245,79	245,57
14	с. Бабин Зарічний і Середній Калуського району	20	249,84	249,28	249
15	-	22	253,74	253,34	253,17
16	с. Студінка Калуського району	24	257,15	256,67	256,47
17	с. Вістова Калуського району	25,4	261,01	260,54	260,31
18	-	25,6	261,51	261,03	260,81
19	-	26	262,34	261,74	261,42
20	м. Калуш,	28	266,62	265,75	265,37
21	м. Калуш, с. Підмихайля	29,5	270,68	269,91	269,63
22		31,5	275,76	274,97	274,6
23	-	33	279,96	279,31	279,06
24	с. Добровляни Калуського району	35,1	286,97	286,3	286,04
25		35,5	288,18	287,59	287,33
26	с. Новиця Калуського району	36,5	291,4	290,88	290,61
27		37,6	294,22	293,83	293,65

Продовження додатку Б

1	2	3	4	5	6
28	с. Довге-Калуське Калуського району	40	302,76	302,32	302,11
29	с. Тужилів Калуського району	42	310,96	310,39	310,11
30		43,5	320,54	320,25	320,13
31	с. Берлоги Рожнятівського району	45,5	334,64	334,28	334,13
32	-	48	350,92	350,63	350,5
33	с. Рівня Рожнятівського району	50	363,34	363,1	362,99
34	с. Рівня, Топільське Рожнятівського району	51,5	372,73	372,5	372,4
35	-	52,3	377,92	377,63	377,5
36	с. Вербівка Рожнятівського району	54,5	390,64	390,21	389,97
37	с. Слобода - Рівнянська Рожнятівського	57	406,74	406,33	406,14
38	с. Рошняте, Ловаги Рожнятівського району	59,5	427,16	426,94	426,75
39	с. Вільхівка Рожнятівського району	61	438,15	437,88	437,76
40	-	62,5	448,89	448,56	448,43
41	с. Перегінське, Небилів	65	465,15	465,01	464,86
42		66,5	474,16	473,95	473,83
43		67	487,22	486,88	486,75
44	с. Закерничне, Сливки Рожнятівського району	69	504,98	504,44	504,22
45		70,9	521,82	521,49	521,32
46		71,1	524,2	523,58	523,31
47	с. Ясень Рожнятівського району	73	540,28	540,08	539,99
48		75	555,56	555,35	555,26
49		76	565,43	565,28	565,22
50		76,7	570,05	569,9	569,83
51	с. Лази Рожнятівського району	78,5	584,25	584,07	584
52		80,5	609,07	608,84	608,74
53	с. Гриньків Рожнятівського району	82,5	624,25	623,95	623,77

Продовження додатку Б

1	2	3	4	5	6
54	-	84,5	646,07	645,67	645,51
55	с. Кузьминець	86	662,1	661,85	661,74
56	Рожнятівського району	86,5	665,67	665,26	665,11
57	-	87,9	679,03	678,71	678,57
58	-	88,5	685,3	684,86	684,68
59	-	90	698,67	698,32	698,18
60	-	91,6	715,18	714,8	714,64
р. Чечва					
1	-	0	294,22	293,83	293,65
2	с. Пійло, Довге-Калуське Калуського району	2,7	304,17	303,82	303,66
3	с. Пійло Калуського району	3,1	305,22	304,83	304,65
4	с. Тужилів Калуського району	4,5	310,55	310,22	310,02
5		5,5	314,26	314	313,8
6		5,7	315,72	315,42	315,27
7	-	7,5	322,26	321,73	321,51
8	с. Брошнів Рожнятівського району	9,5	331,53	331,04	330,82
9	с. Сваричів Рожнятівського району	11	338,36	338,01	337,85
10		12,5	344,56	344,08	343,85
11		13,7	349,82	348,97	348,63
12	-	14	351	350,07	349,7
12	-	14,3	351,89	350,96	350,56
14	-	14,5	352,53	351,53	351,12
15	селище Рожнятів	16	361,06	360,87	360,79
16	с. Нижній Струтинь Рожнятівського району	17	366,51	366,21	366,05
17		17,5	367,57	367,17	367
18		19,5	379,62	379,41	379,32
19	-	21,5	387,51	387,02	386,83
20	с. Верхній Струтинь Рожнятівського району	22,5	392,28	391,91	391,75
21	-	24,5	404,91	404,54	404,4

Продовження додатку Б

1	2	3	4	5	6
22	-	25,5	408,62	408,05	407,78
23	с. Спас Рожнятівського району	26	410,67	410,23	410,05
24		27,5	419,76	419,33	419,12
25		28,5	426,47	426	425,77
26	-	30	436,32	435,67	435,41
27	с. Підсухи Рожнятівського району	30,5	438,83	438,3	438,11
р. Бистриця Надвірнянська					
1	с. Клузів Тисменицького району	0	232,26	231,65	231,25
2	с. Вовчинець І. Франківської міської ради	1,5	234,46	233,78	233,51
3		2	235,5	234,86	234,59
4	с. Підлужжя Тисменицького району	4	238,17	237,6	237,41
5	с. Угорники І. Франківської міської ради	6	243,39	242,8	242,6
6		7	247,77	247,22	247,03
7	с. Микитинці (Рінь) І. Франківської міської ради	7,2	248,59	248,03	247,83
8		9	254,5	253,96	253,76
9	м. Івано-Франківськ	9,5	255,9	255,58	255,46
10	с. Опришівці, Хриплин І. Франківської міськради	11,5	262,59	262,23	262,09
11	с. Черніїв Тисменицького району	13	267,8	267,34	267,2
12		13,5	270,13	269,68	269,51
13		15	275,03	274,64	274,51
14	-	16	278,32	277,82	277,64
15	-	16,2	279,04	278,54	278,37
16	с. Березівка Тисменицького району	17,7	284,86	284,51	284,39
17		19,5	292,25	291,99	291,9
18	-	21	297,73	297,53	297,45
19	с. Забережжя Богородчанського району	23	305,26	305,02	304,93
20	с. Тисменичани	25	313,29	313,07	312,97
21	Надвірнянського району	26,5	319,48	319,33	319,27

Продовження додатку Б

1	2	3	4	5	6
22	-	28	324,74	324,46	324,33
23	с. Грабовець Богородчанського району	30	336,97	336,7	336,58
24	с. Цуцилів Надвірнянського району	30,5	339,66	339,29	339,12
25		32,5	350,17	349,9	349,8
26	с. Фітьків Надвірнянського району	34	358,4	358,13	358
р. Ворона					
1	с. Вовчинець І. Франківської міської ради	0	236,35	235,71	235,45
2	с. Підлужжя Тисменицького району	1	236,58	235,95	235,7
3		1,5	236,7	236,05	235,8
4	с. Підпечари Тисменицького району	3,5	238,03	237,06	236,69
5		5,4	239,27	238,74	238,53
6	-	7,5	240,88	240,25	240
7	м. Тисмениця	9,5	241,92	241,16	240,87
8		10,5	242,28	241,49	241,21
9		12	243,04	242,32	242,09
10		13,4	244,59	244,15	243,87
11		13,6	244,8	244,35	244,09
12		15,5	246,15	245,73	245,56
13		16,3	246,78	246,28	246,1
14	с. Пшеничники Тисменицького району	18,5	248,51	248,11	247,91
15		19,5	249,37	248,76	248,53
16		20	249,65	248,96	248,71
17	-	22	250,31	249,67	249,41
18	-	23,5	250,72	250,22	249,99
19	-	23,7	250,77	250,26	250,04
20	с. Чернолізці Тисменицького району	25	251,33	250,74	250,47
21	с. Слобідка, Чернолізці Тисменицького району	26,5	251,78	251,05	250,75

Продовження додатку Б

1	2	3	4	5	6
22	с. Слобідка Тисменицького району	27	251,95	251,18	250,88
23	-	28,5	253,2	252,56	252,38
24	с. Старі Кривотули	31	256,4	255,75	255,46
25	Тисменицького району	31,5	256,92	256,31	256,07
26	с. Красилівка Тисменицького району	32,5	258,57	258,09	257,88
27	-	34	261,3	260,38	260,1
р. Золота Липа					
1	с. Золота Липа Тлумацького району	0	201,44	199,95	198,87
2		0,5	201,44	199,95	198,87
3	-	2	201,44	199,97	199,09

Додаток В. 1

**Акт впровадження від Івано-Франківського
обласного управління водних ресурсів**

ЗАТВЕРДЖЕНО

Начальник Івано-Франківського

обласного управління водних ресурсів

Р.Й. Михайлюк

16 » жовтня 2015 р.



**АКТ
впровадження результатів науково-дослідної роботи**

С.В. Качали «Комплексне прогнозування гідроекологічного ризику» в частині наукових рекомендацій щодо способу визначення вологості ґрунтів в межах басейну ріки, як складової ступеня гідроекологічного ризику за допомогою пристрою для визначення вологості ґрунту

Ми, що нижче підписалися, склали даний акт на предмет передачі наукових розробок аспіранта кафедри туризму Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу Качали С.В. для включення у пропозиції до стратегічних, програмно-планових документів у сфері управління, використання та відтворення поверхневих водних ресурсів і протипаводкового захисту що знаходяться у віданні Івано-Франківського обласного управління водних ресурсів.

Пристрій для визначення вологості ґрунту пропонується для застосування на виконання завдань і заходів, що випливають з Директиви №2000/60/ЄС про встановлення рамок діяльності Співтовариства у сфері водної політики зі змінами і доповненнями, внесеними Рішенням №2455/2001/ЄС і Директивою 2009/31/ЄС (Водна Рамкова Директива), Директиви №2007/60/ЄС про оцінку та управління ризиками затоплення (Паводкова Директива), розпорядження Кабінету Міністрів України Про схвалення Стратегії виконання Рамкової конвенції про охорону та сталий розвиток Карпат від 16 січня 2007 р. N 11-р, а саме: вжиття відповідних заходів для сприяння політиці, що поєднує стале використання водних ресурсів та планування землекористування, маючи на меті здійснення політики та планів, які ґрунтуються на інтегрованому підході щодо управління річковими басейнами, визнаючи важливість попередження, управління і контролю над забрудненнями і повеннями, зменшення фрагментації водних середовищ існування; провадження політики, спрямованої на стале управління поверхневими та підземними водними ресурсами, яке необхідне для сталого, збалансованого та раціонального водокористування.

Заступник начальника

Козар Олег Павлович

Начальник лабораторії моніторингу
вод та ґрунтів Івано-Франківського
обласного управління водних ресурсів

Засідко Марія Семенівна

Додаток В. 2

**Акт впровадження від Івано-Франківського
обласного управління водних ресурсів**

ЗАТВЕРДЖЕНО
Начальник Івано-Франківського
обласного управління водних ресурсів
Р.Й. Михайлюк
« 18 » листопада 2015 р.



АКТ

**впровадження результатів науково-дослідної роботи
С.В. Качали «Комплексне прогнозування гідроекологічного ризику» в частині
наукових рекомендацій щодо способу визначення ступеня гідроекологічного
ризик**

Ми, що нижче підписалися, склали даний акт на предмет передачі наукових розробок аспіранта кафедри туризму Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу Качали С.В. для включення у пропозиції до стратегічних, програмно-планових документів у сфері управління, використання та відтворення поверхневих водних ресурсів і протипаводкового захисту що знаходяться у віданні Івано-Франківського обласного управління водних ресурсів.

Спосіб визначення ступеня гідроекологічного ризику застосовується на виконання основних завдань Державного агентства водних ресурсів України згідно положення про Державне агентство водних ресурсів України затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 393 від 20 серпня 2014 р., а саме: внесення пропозицій щодо забезпечення формування державної політики у сфері розвитку водного господарства та гідротехнічної меліорації земель, управління, використання та відтворення поверхневих водних ресурсів; забезпечення виконання прикладних науково-дослідних робіт у сфері управління, використання та відтворення поверхневих водних ресурсів; організації розроблення довгострокових прогнозів зміни екологічного стану водних об'єктів; розробці схем комплексного використання та охорони водних ресурсів, формування довгострокового прогнозу водогосподарських балансів, реалізації державної політики у сфері управління, використання та відтворення поверхневих водних ресурсів тощо.

Заступник начальника

Козар Олег Павлович

Начальник лабораторії моніторингу
вод та ґрунтів Івано-Франківського
обласного управління водних ресурсів

Засідко Марія Семенівна

Додаток В. 3

Акт впровадження від ІФТУНГ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
 Проректор з науково-педагогічної роботи
 Івано-Франківського національного
 університету нафти і газу
 проф.  О. М. Мандрик
 «29»  2017 р.

АКТ
 впровадження результатів дисертаційного дослідження
 асистента кафедри туризму
 Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу
 Качали Софії Віталіївни

Ми, що нижче підписалися, комісія у складі:

Голова – д.т.н., проф., зав. кафедри туризму Архипова Л.М.

члени комісії:

- Побігун Олена Володимирівна, к.геогр.н., доцент кафедри туризму;
- Долгопола Галина Євгенівна, старший викладач кафедри туризму, голова метод семінару кафедри туризму,

склали цей акт про те, що результати наукових дисертаційних досліджень асистента кафедри туризму Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу Качали Софії Віталіївни використовуються під час підготовки фахівців за спеціальністю 242-«Туризм», за напрямом 6.040106-«Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування», а саме:

- визначення функціональних закономірностей та залежностей гідроекологічних ризиків водних об'єктів від кліматичних параметрів, процесу формування гідроекологічних ризиків з врахуванням глобальних кліматичних змін при викладанні дисципліни «Основи гідрометеорології і кліматології» для студентів денної та заочної форми навчання за спеціальністю 242-«Туризм»;
- визначення гідроекологічного ризику в межах басейну водного об'єкту при викладанні дисципліни «Гідрологія» для студентів денної та заочної форми навчання за напрямом 6.040106-«Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування», «Основи гідрометеорології і кліматології» для студентів денної та заочної форми навчання за спеціальністю 242-«Туризм»;
- система організації гідроекологічного моніторингу з врахуванням басейнового підходу та гідроекологічних ризиків при викладанні дисципліни «Гідрологія» для студентів денної та заочної форми навчання за напрямом 6.040106-«Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування», «Основи гідрометеорології і кліматології» для студентів денної та заочної форми навчання за спеціальністю 242-«Туризм».

Голова комісії
 д.т.н., проф. кафедри туризму



Л.М. Архипова

Члени комісії:

О.В. Побігун

Г.Є. Долгопола