

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

Дисертація

ПУКІШ АРСЕН ВОЛОДИМИРОВИЧ

УДК 502.3:504.5:502.05

НАУКОВО-ПРАКТИЧНІ ОСНОВИ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ПІД ЧАС
РОЗРОБКИ НАФТОГАЗОВИХ РОДОВИЩ УКРАЇНИ НА ЗАВЕРШАЛЬНІЙ
СТАДІЇ

Спеціальність 21.06.01 – екологічна безпека

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук

Івано-Франківськ – 2019

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу Міністерства освіти і науки України.

Науковий консультант: доктор технічних наук, професор
Мандрик Олег Миколайович, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Міністерства освіти і науки України, перший проректор.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, старший науковий співробітник **Триснюк Василь Миколайович**, Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАНУ, завідувач відділу досліджень навколишнього середовища;

доктор технічних наук, професор
Петрушка Ігор Михайлович, Національний університет «Львівська політехніка», завідувач кафедри екологічної безпеки та природоохоронної діяльності;

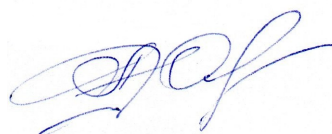
доктор технічних наук, доцент
Акульшин Олександр Олексійович, Український нафтогазовий інститут, заступник Голови Правління з наукової роботи.

Захист відбудеться «12» грудня 2019 р. о ____ годині ____ хв. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 20.052.05 при Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу за адресою: 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу (76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15) та на сайті спеціалізованої вченої ради Д 20.052.05 за електронною адресою: <http://nung.edu.ua/department/210601---екологічна-безпека-технічні-науки/захист-дисертацій>

Автореферат розісланий « ____ » листопада 2019 р.

Учений секретар спеціалізованої вченої ради Д.20.052.05,
доктор технічних наук, професор



Архипова Л.М.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. На сьогоднішній день нафтогазовий комплекс залишається основним джерелом забезпечення енергоресурсами у світі. У той же час світовий досвід свідчить, що темпи споживання природних ресурсів є високими. У зв'язку з цим, провідними країнами світу обрано стратегію на заміну традиційних енергоресурсів альтернативними та відновлюваними джерелами енергії. Потенціал світових, так званих «нетрадиційних» енергоресурсів, багаторазово перевищує обсяги світового енергоспоживання. Все це дозволяє прогнозувати значні перспективи розвитку відновлюваної та альтернативної енергетики та поступове зменшення споживання традиційних енергоносіїв, зокрема нафти і газу. Водночас з цим внаслідок виснаження надр собівартість видобування нафти і газу зростатиме, а їх ціна на світовому ринку в результаті появи альтернативних джерел енергії спадатиме. Все це спричинить до появи в нафтогазовидобувній галузі України та світу значної кількості об'єктів нафтогазового комплексу, експлуатація яких не буде рентабельною. Економічна ситуація на підприємствах нафтогазового комплексу вимагає ліквідування таких об'єктів як точково (окремі об'єкти – свердловини, установки тощо), так і комплексно (інфраструктура нафтогазових родовищ).

У той же час такі об'єкти є носіями підвищеної екологічної небезпеки, а сучасні, відомі світові методи ліквідації об'єктів нафтогазового комплексу не можуть гарантувати повного забезпечення відсутності впливу на довкілля цих об'єктів у майбутньому.

Нафтогазовий комплекс є складною системою, яка включає значну кількість технологічних процесів, що становлять значну потенційну небезпеку для навколишнього середовища. Основними забруднюючими речовинами при цьому є пластові флюїди – нафта, газ, пластові води, а також, меншою мірою, хімреагенти та матеріали, що використовуються для забезпечення виробничої діяльності нафтогазовидобувних підприємств під час буріння свердловин і інтенсифікації видобування нафти і газу. Потрапляння пластових флюїдів до компонентів довкілля спричиняє накопичення забруднюючих речовин та, як наслідок, погіршення якості атмосферного повітря, поверхневих та підземних вод, ґрунтів.

Крім того, в межах нафтогазових родовищ протягом періоду їх експлуатації накопичилась значна кількість екологічних проблем, вирішити які на сьогодні дуже складно. При цьому, значна частина з них достатньою мірою не вивчена. У зв'язку з цим, дослідження дисертаційної роботи спрямовані на розроблення науково-практичних основ екологічної безпеки під час розробки нафтогазових родовищ, аналізу потенційних екологічних ризиків, визначення екологічної ситуації та прогнозування екологічних наслідків видобування нафти і газу. Перелічені дослідження є інноваційними, актуальними та перспективними.

Зв'язок з науковими програмами, планами, темами. Робота спрямована на вирішення екологічних проблем забруднення компонентів довкілля пластовими флюїдами, розроблення та впровадження заходів, які передбачались «Комплексною програмою з охорони довкілля, ліквідування наслідків довготривалого видобування нафти і газу в Сумській області на 2009 – 2012 рр.», «Програмою зменшення загазованості навколишнього середовища території м. Борислав».

Дисертаційна робота виконувалась у відповідності до наукової тематики Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу: «Видобування, транспортування та зберігання нафти і газу в зоні впливу нестабільних гірських масивів» (№ д.р. РК0119U000473). Результати роботи використані під час виконання науково-дослідних робіт Науково-дослідним і проектним інститутом ПАТ «Укрнафта»: «Геолого-економічна оцінка запасів Коржівського нафтогазоконденсатного родовища» (№ д.р. У-16-225/1), «Геолого-економічна оцінка запасів Артюхівського нафтогазоконденсатного родовища» (№ д.р. У-14-96/1), «Геолого-економічна оцінка запасів Анастасівського нафтогазоконденсатного родовища» (№ д.р. У-14-101/1), «Технологічна схема дорозробки Бориславського нафтового родовища», «Авторський нагляд за проведенням дегазації території м. Борислава, оцінка ефективності та розробка рекомендацій щодо зниження загазованості», «Проведення гідрохімічного моніторингу стану підземних, поверхневих вод в межах впливу об'єктів НГВУ «Охтирканафтогаз», «Контроль процесу знешкодження нафтових та сольових забруднень під час виконання робіт з їх ліквідації з наданням рекомендацій», «Розроблення СОУ 90.0-00135390-128:2012 «Технологія відновлення ґрунтів, засолених супутньо-пластовими водами» та ін.

Мета роботи полягає в обґрунтуванні науково-практичних основ захисту довкілля на завершальній стадії розробки нафтогазових родовищ України.

Відповідно до мети дослідження передбачено вирішення таких **завдань**:

- ідентифікувати, класифікувати та визначити пріоритетні екологічні проблеми нафтогазової промисловості;
- вивчити екологічні наслідки довготривалого видобування нафти і газу, розробити класифікацію заходів щодо зниження негативних екологічних наслідків, спрогнозувати подальший розвиток екологічної ситуації на родовищах;
- дослідити особливості формування техногенних водойм, що утворилися в результаті виникнення аварійних ситуацій на нафтогазових родовищах;
- встановити та провести аналіз кореляційних зв'язків між макроіонами в високомінералізованих пластових водах та прісних водах природного походження;
- дослідити закономірності формування водно-сольового балансу ґрунтів, що не зазнають техногенного впливу;
- дослідити закономірності формування водно-сольового балансу ґрунтів, що зазнали впливу пластових вод;
- розробити природоохоронні заходи щодо мінімізації впливу технологічних процесів видобування нафти і газу на ґрунти;
- розробити природоохоронні заходи щодо мінімізації впливу технологічних процесів видобування нафти і газу на природні води.

Об'єкт дослідження – процеси утворення ареалів забруднення підземних та поверхневих вод, ґрунтів, атмосферного повітря внаслідок довготривалої експлуатації вуглеводневих покладів.

Предмет дослідження – компоненти довкілля в межах впливу об'єктів нафтогазового комплексу.

Методи досліджень. Під час планування та виконання експериментальних досліджень було застосовано системний аналіз. Використано стандартні методи

визначення компонентного складу газоповітряних сумішей, фізико-хімічного складу поверхневих, підземних, пластових вод, вмісту макроіонів солей та нафтопродуктів у ґрунті, а саме: хроматографічний аналіз, потенціометричне титрування, полум'яно-фотометричний спектральний аналіз, гравіметричний аналіз, електрометрія, інфрачервоний фотометричний аналіз.

Оброблення отриманих результатів експериментальних досліджень проводилось шляхом попарного та багатофакторного кореляційно-регресійного аналізу.

Наукова новизна отриманих результатів:

- *вперше* проведено ідентифікацію та оцінку техногенних чинників, що впливають на атмосферу, гідросферу та педосферу, а також біорізноманіття у процесі розробки нафтогазових родовищ, що є науковим підґрунтям для розроблення організаційно-управлінських рішень з підвищення рівня екологічної безпеки;
- *вперше* шляхом гідрохімічного моделювання встановлено макрокомпонентний зв'язок між високомінералізованими пластовими та прісними поверхневими і підземними водами внаслідок порушення герметичності нафтогазового обладнання;
- *вперше* розроблено багатокомпонентну математичну модель процесів міграції мінеральних солей у підземних прісних водоносних горизонтах у випадку розгерметизації мероміктичної водойми;
- *вперше* встановлено регресійні залежності між основними іонами у засолених і не засолених ґрунтах, які покладено в основу методу розсолення ґрунтів забруднених пластовими водами під час проведення рекультиваційних робіт;
- *набули подальшого розвитку* теоретичні основи міграції вуглеводневих газів на денну поверхню, що дозволило визначити закономірності поширення вуглеводневих забруднень, розробити класифікацію та визначити найбільш ефективні природоохоронні заходи для підвищення рівня екологічної безпеки на території нафтогазового родовища;
- *набули подальшого розвитку* уявлення щодо властивостей пластових вод, шляхом встановлення закономірностей взаємовпливу концентрацій макроіонів у пластових водах, які виражені у вигляді емпіричних залежностей, що добре корелюють із натурними замірами.

Практичне значення одержаних результатів. Ідентифіковано та оцінено за ступенем впливу на компоненти довкілля основні потенційні екологічні наслідки експлуатації нафтогазових родовищ відповідно до технологічних процесів та середовищ впливу, з яких виділено найбільш суттєві.

Проведено аналіз ефективності та розроблено класифікацію заходів щодо зниження загазованості приповерхневого шару атмосфери. Побудовано карту загазованості приземного шару атмосфери за результатами натурних замірів концентрацій вуглеводневих газів у атмосферному повітрі, визначено зони високих концентрацій. Запропоновано заходи, що дозволять попередити вихід пластових флюїдів на денну поверхню.

Отримані закономірності поширення іонів у пластових та при поверхневих водах дозволили запропонувати спосіб встановлення наявності впливу пластових вод

на підземні прісні водоносні горизонти та поверхневі води за низьких значень мінералізації води. Отримані в дисертації емпіричні залежності дозволять суттєво знизити кількість аналітичних лабораторних досліджень, шляхом математичного розрахунку вмісту макрокомпонентів у залежності від концентрації іонів та мінералізації води.

Отримані залежності водно-сольового балансу ґрунтів пропонується використовувати під час проведення аналітичних досліджень проб ґрунтового покриву, моделювання поширення солей у ґрунті, розроблення заходів щодо відновлення ґрунтів.

Запропоновано спосіб відновлення засолених ґрунтів, що зазнали впливу пластових вод, із застосуванням розчину сульфату магнію, визначено оптимальні концентрації розчину для найбільш ефективного застосування, послідовність виконання технологічних операцій. Розроблено СОУ 90.0-00135390-128:2012 «Технологія відновлення ґрунтів, засолених супутньо-пластовими водами» (наказ ПАТ «Укрнафта» про впровадження стандарту № 68 від 28.02.2012 року).

Результати роботи впроваджено у виробничій діяльності НГВУ «Бориславнафтогаз» (акт впровадження від 27.04.2017р.), НГВУ «Охтирканафтогаз» (акт впровадження від 28.03.2017 р.), а також у навчальний процес кафедри екології ІФНТУНГ (акт впровадження від 03 червня 2019 року).

Особистий внесок здобувача. Автором особисто обґрунтовано напрямки наукових досліджень. Проведено відбирання проб компонентів довкілля, польові та лабораторні дослідження властивостей газоповітряних сумішей, поверхневих, підземних вод, ґрунтів. Сформовано та проведено обробку баз даних результатів досліджень шляхом попарного та багатofакторного кореляційно-регресійного аналізу, в результаті чого отримано модельні залежності між іонами у компонентах довкілля. Розроблено методи визначення впливу пластових вод на природні прісні води та пониження засоленості ґрунтів. Запропоновано спосіб ліквідації потенційних екологічно-небезпечних об'єктів. Сформульовано наукову новизну та висновки дисертаційної роботи. З науковим консультантом доктором технічних наук, професором Мандриком О.М. проведено аналіз і узагальнення результатів наукових досліджень.

Апробація результатів досліджень. Основні положення дисертаційної роботи доповідались на 4-ій науково-практичній конференції «Проблеми та перспективи розвитку нафтогазової галузі України» (м. Ялта, АР Крим, 4-8 жовтня 2010 р.), на Другому міжнародному форумі нафтовиків (м. Борислав, 29-30 серпня 2013 року), Всеукраїнській науково-технічній конференції «Нафта і газ. Наука-освіта-виробництво: шляхи інтеграції та інноваційного розвитку» (м. Дрогобич, 8-9 травня 2015 року), Міжнародній науково-технічній конференції «Перспективи нарощування ресурсної бази нафтогазової енергетики» (м. Івано-Франківськ, 25-27 травня, 2016 року), Міжнародній науково-практичній конференції «Екогеофорум – 2017» (м. Івано-Франківськ, 22-25 березня 2017 року, IV-й Міжнародній науково-практичній конференції «Екологія і природокористування в системі оптимізації відносин природи і суспільства» (м. Тернопіль, 27-28 квітня 2017 року), Міжнародній науково-технічній конференції нафтогазова енергетика – 2019 (м. Івано-Франківськ, 27-31 травня 2019 року).

Публікації. За темою дисертаційної роботи опубліковано 33 наукові праці, із них 15 – у фахових виданнях України, 7 – у провідних наукових виданнях Польщі, Румунії, Австрії, у т.ч. одна стаття включена до МДБ «Scopus», одна стаття – до МДБ «Web of Science», отримано два патенти України на корисну модель, дві статті опубліковані в інших виданнях, одна монографія у співавторстві, шість тез доповідей у збірниках праць конференцій.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, шести розділів, висновків до дисертаційної роботи, переліку використаних джерел із 230 найменувань та шести додатків. Загальний обсяг дисертації становить 335 сторінок (276 сторінок основного тексту), у роботі 109 рисунків, 78 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, розкрито її зв'язок з науковими планами і темами ІФНТУНГ та ПАТ «Укрнафта», сформульовано мету, завдання, об'єкт і предмет досліджень, визначено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів, наведено відомості про їх практичне впровадження, публікації і особистий внесок здобувача, а також заходи щодо апробації матеріалів дисертації.

У першому розділі «Сучасний стан проблеми забруднення довкілля в районі розташування родовищ нафти і газу» проведено аналіз літературних джерел та наукових праць стосовно впливу на довкілля процесів видобування нафти і газу. Вивченням екологічних проблем під час розроблення родовищ нафти і газу займалися відомі вітчизняні та зарубіжні вчені, а саме: О.М. Адаменко, Я.О. Адаменко, А.Н. Васильєв, В.П. Гаврилов, І.В. Дудок, А.А. Жакишева, М.Ю. Журавель, Б.О. Клюк, Н. Клімова, М.Д. Козоріз О. Кудряшов, Я. Мирка, А. Мичак, О.В. Нецький, Л. Пеленичка, О.І. Романюк, Г.І. Рудько, Я.М. Семчук, А.В. Соромотін, А.В. Шамраєв, Т.С. Шоріна, та ін. Аналіз літературних даних вказує на те, що розроблення нафтогазових родовищ включає значну кількість екологічно-небезпечних ризиків, що можуть виникати як внаслідок аварійних ситуацій, так і в процесі здійснення планових технологічних операцій. На даний час реальні екологічні наслідки та екологічна ситуація в районі розташування об'єктів нафтогазової галузі в Україні досліджена недостатньо. Крім того, кожен об'єкт потенційного впливу може мати свої особливості та по-різному впливати на довкілля в різних умовах. У зв'язку з цим постає актуальне завдання дослідження особливостей впливу на компоненти довкілля об'єктів нафтогазового комплексу під час та після закінчення їх експлуатації.

Загальна оцінка ризику для кожного з компонентів довкілля проводилась відповідно до міжнародних стандартів ISO 13000, ISO 14000 за формулою:

$$R = P \cdot S \cdot T, \quad (1)$$

де P - ймовірність виникнення події, бал;

S – масштаб впливу у просторі, бал;

T – масштаб впливу у часі, бал.

Загальний висновок стосовно величини ризиків зроблено на основі усередненої оцінки для всіх компонентів довкілля згідно з класифікацією:

- усереднена оцінка від одного балу до 31 балу – ризик низький;
- усереднена оцінка від 32 до 63 балів – ризик середній;
- усереднена оцінка від 64 до 94 балів – ризик високий;
- усереднена оцінка від 95 до 125 балів – ризик дуже високий.

За результатами досліджень найбільш небезпечними для довкілля є:

- завершальна стадія розробки родовищ;
- заходи з інтенсифікації видобування нафти і газу;
- транспортування продукції промисловими трубопроводами;
- перероблення продуктів видобутку.

Оскільки на даний час значна кількість нафтогазових родовищ світу перебуває на завершальній стадії розробки, яка характеризується постійним збільшенням відсоткового вмісту води у видобутій суміші, дебіт нафти та газу у свердловинах спадає. У роботі проаналізовано темпи обводнення продукції нафтових свердловин вітчизняних нафтовидобувних підприємств (рисунок 1).

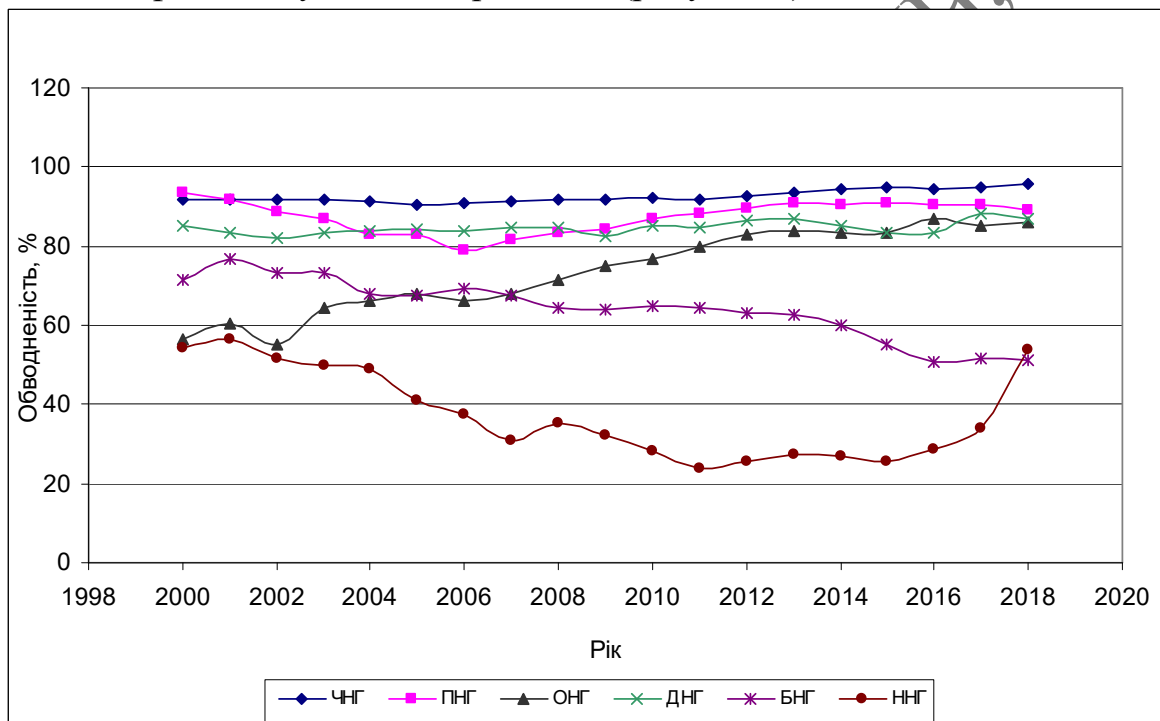


Рис. 1. Динаміка обводненості продукції нафтовидобувних підприємств (ЧНГ – НГВУ «Чернігівнафтогаз»; ПНГ – НГВУ «Полтаванафтогаз»; ОНГ – НГВУ «Охтирканафтогаз»; ДНГ – НГВУ «Долинанафтогаз»; БНГ – НГВУ «Бориславнафтогаз»; ННГ – НГВУ «Надвірнанафтогаз»)

Лише на окремих підприємствах обводненість продукції зменшувалася. Так, наприклад, зростання вмісту нафти у видобутій продукції НГВУ «Бориславнафтогаз» ПАТ «Укрнафта» обумовлено введенням в експлуатацію порівняно «нового» Верхньомасловецького родовища. Станом на 2018 рік відсоток вмісту води у рідині становив по НГВУ «Бориславнафтогаз» – 51,1%.

При цьому в інших структурних одиницях підприємства, що розробляють «старі» родовища, за останні 18 років відсоток води у видобутій продукції суттєво зріс, особливо чітко це прослідковується на прикладі НГВУ «Охтирканафтогаз» – найпотужнішому підприємстві-видобувнику нафти в Україні. За період з 2000 по 2018

роки відсоток води у рідині збільшився із 56 до 86 %, аналогічна ситуація спостерігається також у НГВУ «Полтаванафтогаз» (79 % у 2006 році та 89,2 % у 2018 році, НГВУ «Чернігівнафтогаз» (91,7 % у 2000 році та 95,6 % у 2018 році). Дещо іншою є ситуація у НГВУ «Долинанафтогаз». Тут за період 2000 – 2018 років вміст води у рідині становив 83 – 87 % і суттєво не змінювався.

Таким чином, переважна більшість вітчизняних нафтогазових родовищ є виснаженими і перебувають на завершальній стадії розробки. Особливістю, завершальної стадії є те, що видобування пластових флюїдів потребує все більших капіталовкладень. При цьому кількість товарної продукції зменшується, а обсяги видобутої рідини збільшуються, зростають затрати на утилізацію супутньо-пластових вод. Найбільш значні негативні впливи під час розробки нафтогазових родовищ полягають у неконтрольованому виході пластових флюїдів, а також засоленні ґрунтів, поверхневих і підземних вод в результаті потрапляння пластових вод до компонентів довкілля. При цьому в сучасних наукових дослідженнях довгострокові екологічні впливи «старих» нафтогазових родовищ, пластових вод, а також сольові процеси у ґрунтах вивчені недостатньо і є об'єктом досліджень останніх років. Тому вирішення вищезазначених проблем набуває особливої актуальності.

У другому розділі «Методи проведення досліджень» розглянуто методи досліджень для виконання відповідних робіт. У ході досліджень застосовано сучасні методи аналізу, передбачені атестованими методиками на виконання вимірювань концентрацій вмісту речовин у різних компонентах довкілля, що забезпечує достовірність аналітичних досліджень та достовірність отриманих результатів. Всі вимірювання виконувались в атестованих лабораторіях з використанням сучасних, виключно повірених приладів та засобів вимірювальної техніки.

Третій розділ «Дослідження загазованості атмосфери на прикладі Бориславського нафтогазового родовища» присвячено дослідженням впливу на довкілля Бориславського нафтового родовища. В сучасній науці проблема відновлення нафтогазових родовищ розглядається переважно в контексті пошуків та видобування покладів нафти і газу. Проте, не менш важливою в цьому плані є екологічна складова процесів відновлення вуглеводнів.

Сучасні наукові дослідження вказують на те, що процес надходження вуглеводнів до відносно малих глибин є безперервним, при цьому інтенсивність таких надходжень є набагато меншою за рентабельні промислові обсяги. За таких умов виникає небезпека неконтрольованої міграції пластових флюїдів на денну поверхню у кількостях, що здатні суттєво забруднювати компоненти довкілля та створювати небезпеку виникнення ситуації техногенного характеру.

За результатами натурних замірів встановлено, що найвищі концентрації вуглеводневих газів територіально співпадають з розташуванням шурфів-колодязів і меншою мірою залежать від розташування свердловин.

Виходячи з результатів експериментальних досліджень встановлено, що стан поверхневих та підземних вод на дослідних ділянках Бориславського родовища, здебільшого, задовільний. Лише в окремих пунктах спостережень виявлено локальний техногенний вплив на підземний водоносний горизонт. Поряд з існуючими виробничими об'єктами, які можуть чинити певний негативний вплив на водне середовище слід також відмітити ряд об'єктів природного походження. Так, в районі

вул. Весняна фіксується інтенсивний розмив берегів р. Тисмениця, що в результаті призводить до значного прискорення процесу природних витоків вуглеводнів та мінералізованих вод до компонентів довкілля.

На сьогоднішній день розроблено значну кількість заходів, що дозволяють дещо зменшити рівень загазованості на території нафтогазових родовищ. В результаті проведеного аналізу запропоновано класифікацію таких заходів, яка включає три основні групи.

Перша група передбачає наукові дослідження стану екологічної ситуації, що склалась на території Бориславського родовища, зокрема моніторинг загазованості приповерхневого шару атмосфери, забруднення вод, ґрунтового покриву, загазованості ґрунтових відкладів (геохімічні дослідження), аерокосмічна зйомка території родовища, геоінформаційні дослідження, ідентифікація та картографування джерел загазованості тощо. Ця група першочергових заходів дозволяє оперативно виявляти зони загазованості та швидко приймати управлінські рішення стосовно їх ліквідації.

Друга група поєднує в себе заходи, що мінімізують наслідки міграції пластових флюїдів: буріння дегазаційних свердловин, встановлення вентиляції у підвалах житлових будинків та дренажних систем поблизу будівель, виявлення і ліквідація гірничих виробок, підключення свердловин до вакуумної системи, ліквідація пропусків у системі збору пластових флюїдів, відбирання пластових флюїдів із недіючих гірничих виробок, відновлення забруднених нафтопродуктами ґрунтів та водойм тощо. Заходи другої групи обґрунтовано та значною мірою впроваджено на території міста і на даний час вони відіграють важливу роль в регулюванні рівня загазованості на локальному рівні.

До третьої групи пропонуємо відносити заходи для попередження витоків пластових флюїдів на поверхню. Такі заходи можуть бути найбільш ефективними з точки зору впливу на довкілля, проте вони є найменш дослідженими і, як наслідок, не реалізовані на практиці. Суттєвого зниження рівня загазованості території м. Борислава можна досягнути за рахунок мінімізації вертикального переміщення вуглеводнів. Такий захід може бути реалізований шляхом перехоплення та максимального вилучення пластових флюїдів із глибинних горизонтів нафтонасичених порід до їх виходу на денну поверхню.

Таким чином, навіть після ліквідації нафтогазових гірничих виробок існує значна ймовірність потрапляння вуглеводнів на поверхню із небезпекою забруднення компонентів довкілля.

Четвертий розділ «Вплив нафтогазового комплексу на гідросферу на прикладі Рибальського родовища» присвячений вивченню особливостей впливу процесів нафтогазовидобування на гідросферу на прикладі Рибальського нафтогазового родовища Охтирського району Сумської області.

На початковій стадії освоєння родовища у процесі буріння свердловин 5 та 111 виникли аварійні ситуації, які супроводжувалися відкритим фонтануванням з потраплянням значної кількості високомінералізованих вод на поверхню. Екологічна небезпека пластових вод полягає у високій концентрації солей у їх складі, що у виниклих умовах стають забруднюючими речовинами по відношенню до компонентів навколишнього середовища. З технологічної точки зору транспортування, зберігання,

утилізація (захоронення) та повернення пластових вод є складним процесом, оскільки в системі ППТ використовують високі тиски, при цьому пластові води є агресивним середовищем. Виходячи з цього, ймовірність поривів трубопроводів пластових вод, руйнування стінок обсадних колон та іншого технологічного обладнання є дуже високою.

Для оцінки стану поверхневих вод проведено відбір проб води з кратерів свердловин 111 та 5 як по площі так і на встановлених глибинах. Відбір проб проводився з човна за допомогою спеціально сконструйованого пробовідбірника, відкриття і заповнення якого відбувалось після опускання на відповідну глибину. У 2007, 2011 та 2015 роках відібрано по 11 проб з кратера свердловини 111 та по 13 проб з кратера свердловини 5. З отриманих даних вимірювань видно, що протягом періоду досліджень в кратері водойми свердловини 111 показники якості води по площі та глибинах (максимальна глибина 5,5 м) не перевищують встановлених нормативних величин.

При цьому мінералізація вод, як на поверхні, так на глибинах практично ідентична і коливається в межах від 591 до 700 мг/дм³, зокрема вміст хлоридів – від 92,2 до 194,98 мг/дм³. Закономірностей зміни мінералізації води з глибиною кратера не встановлено (рисунки 2, 3).

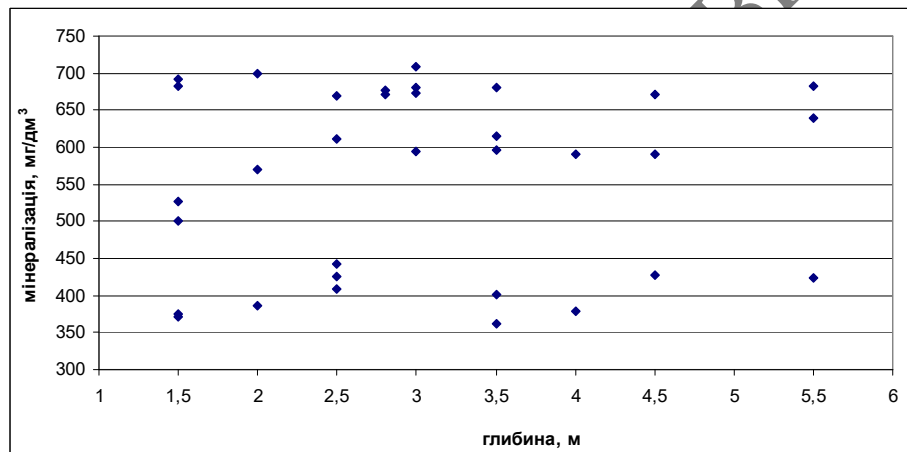


Рис. 2. Зміна загальної мінералізації води із глибиною кратера свердловини 111

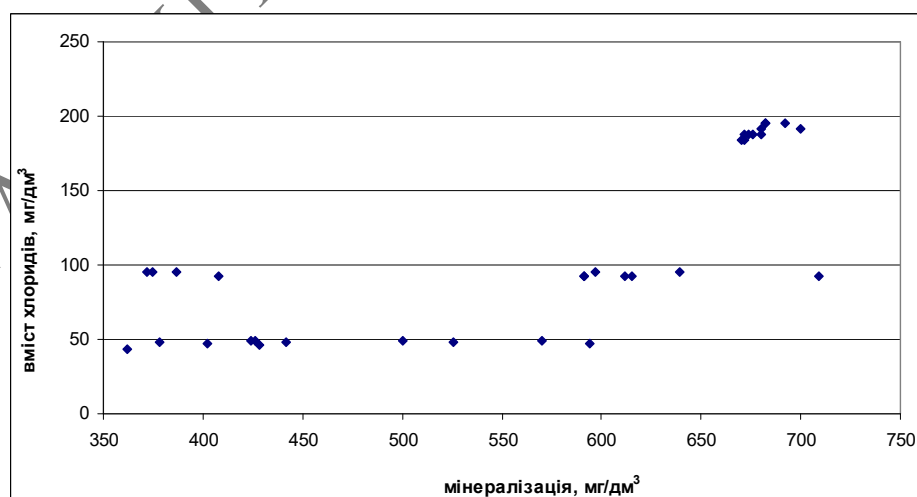


Рис. 3. Співвідношення вмісту хлоридів та загальної мінералізації води кратера свердловини 111

У кратері свердловини 5 мінералізація води зростає із глибиною. Встановлено, що

кратер свердловини 5 фактично є мероміктичною водоймою із стабільним фізико-хімічним складом води, мінералізація якої різко зростає за лінійною залежністю від поверхні до дна водойми. Цей показник добре корелює із глибиною кратера та вмістом хлоридів у воді (рисунки 4, 5).

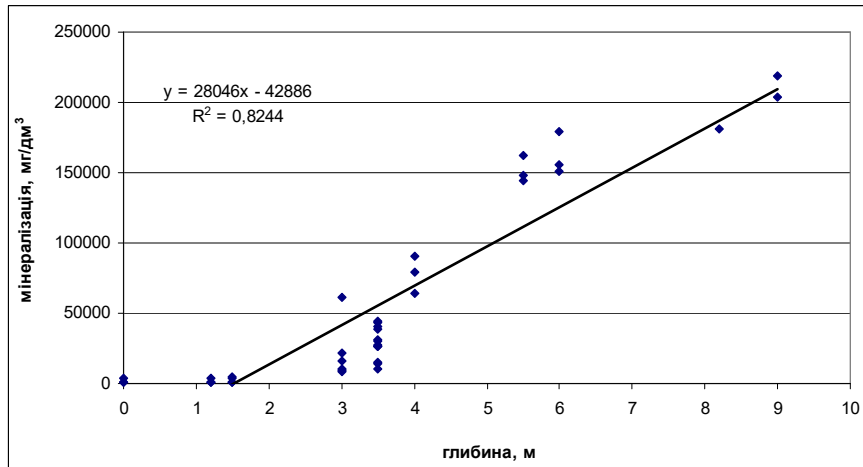


Рис. 4. Зміна загальної мінералізації води із глибиною кратера свердловини 5

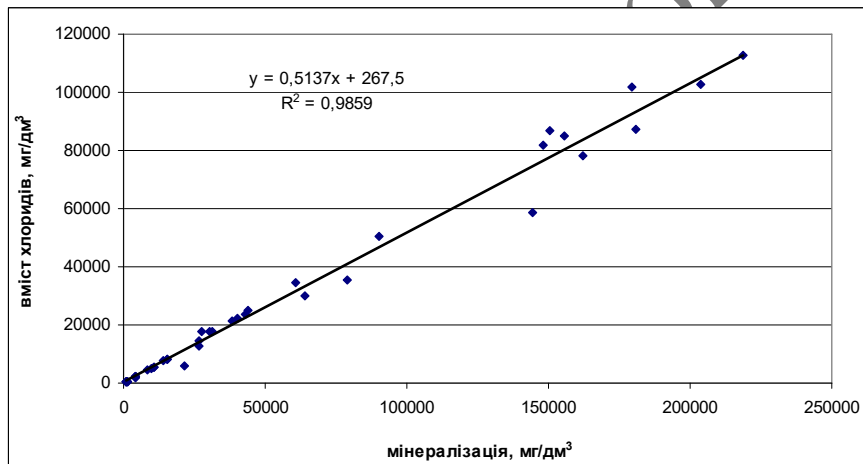


Рис. 5. Співвідношення вмісту хлоридів та загальної мінералізації води кратера свердловини 5

Коливання мінералізації відбувається у поверхневих шарах кратера в результаті падіння рівня води (мінералізація зростає), або його підняття (мінералізація спадає). Концентрація хлоридів коливається в межах від 397,0 до 112553,0 мг/дм³, загальна мінералізація води – від 976,0 до 218630 мг/дм³. Очевидно, що кратер свердловини 5 є нестічною водоймою, що є однією з умов утворення та існування мероміктичної водойми. Крім того, мероміктична водойма може існувати за умови постійного надходження прісних вод з поверхні, або ж солених вод із дна. В даному випадку мероміктична водойма сформувалась за рахунок поверхневого прісного стоку, оскільки в протилежному випадку мінералізація води як на дні так і на поверхні водойми повинна зростати.

Слід також зазначити, що особливістю такого виду водойм є те, що на їх поверхні знаходиться фактично прісна вода. Тому, під час проведення моніторингових досліджень рекомендуємо проводити відбір також глибинних проб, що дозволить об'єктивно оцінити екологічну ситуацію на родовищі.

Безумовно, формування таких водойм несе безпосередню потенційну загрозу для прісних водоносних горизонтів та поверхневих водойм, що розташовані гіпсометрично нижче рівня кратера. Тому їх ліквідація є важливим завданням для забезпечення екологічної безпеки на родовищі.

У випадку розгерметизації кратера свердловини 5 Рибальського родовища високомінералізовані води можуть потрапити до підземних водоносних горизонтів.

Для опису процесу поширення сольового забруднення у водоносному горизонті використовуються моделі дифузійних процесів. Залягання першого від поверхні водоносного горизонту виявлено на глибині 0,5-7,8 м за глибини кратера 9 м.

Для дослідження дифузії шкідливих речовин використовується рівняння дифузії, яке в довільній системі координат записується у вигляді:

$$\frac{\partial}{\partial t} c(\vec{r}, t) = (\nabla, D \nabla c(\vec{r}, t)) + f(\vec{r}, t), \quad (2)$$

де ∇ - оператор коваріантного диференціювання:

$$\nabla_i w^k = \frac{\partial w^k}{\partial \eta^i} + \sum_{j=1}^3 w^j \Gamma_{ij}^k, \quad (3)$$

де w^k – контраваріантна компонента вектора;

Γ_{ij}^k - символи Кристоделя II роду.

Не порушуючи узагальненість моделі з метою спрощення розрахункових схем та алгоритмів, розглядаємо дифузійні процеси в декартовій прямокутній системі координат (вважається, що будь-яку область, в якій проводиться дослідження процесу, можна помістити в прямокутну область $V = \{(x; y); 0 \leq x \leq L_1; 0 \leq y \leq L_2\}$). В такому випадку рівняння (2) може бути записане у вигляді:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(a(x; y; t) \frac{\partial c}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(a(x; y; t) \frac{\partial c}{\partial y} \right), \quad (4)$$

де c – концентрація речовини в точці $(x; y)$ в момент часу t ;

$a(x, y, t)$ – коефіцієнт дифузії в кожній точці досліджуваної області V .

В даному випадку шкідлива речовина надходить в область через її границю, тому $f(x, y, t) = 0$, а джерела надходження шкідливих речовин описуються в граничних умовах. Якщо вважати, що $a(x, y, t) = const = a^2$, то рівняння (4) запишеться у вигляді:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = a^2 \left(\frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} \right). \quad (5)$$

Вважається, що в початковий момент часу концентрація солей у прісному водоносному горизонті є заданою:

$$c(x, y, t) \Big|_{t=0} = c_0(x, y), \quad (6)$$

концентрація солей на границі досліджуваної області задається співвідношеннями:

$$\begin{cases} c|_{x=0} = c_1(y, t); \\ c|_{x=L_1} = c_2(y, t); \\ c|_{y=0} = c_3(x, t); \\ c|_{y=L_2} = c_4(x, t). \end{cases} \quad (7)$$

Для рівнянь (4) і (5) з початковими умовами (6) та граничними (7) існують аналітичні розв'язки, які базуються на фундаментальних результатах. Зокрема для рівняння (5) при умові $a(x, y, t) = const = a^2$ з початковими умовами (6) за методом Фур'є одержується для прямокутника $(0; L_1) \times (0; L_2)$:

$$C(x, y, t) = \frac{4}{L_1 \cdot L_2} \sum_{k, j=1}^{\infty} a_{kj} \cdot e^{-\pi^2 a^2 \left(\frac{k^2}{L_1^2} + \frac{j^2}{L_2^2} \right) t} \cdot \sin \frac{k\pi x}{L_1} \cdot \sin \frac{j\pi y}{L_2}, \quad (8)$$

де

$$a_{kj} = \int_0^{L_1} \int_0^{L_2} C_0(x; y) \cdot \sin \frac{k\pi x}{L_1} \cdot \sin \frac{j\pi y}{L_2} dx dy \quad . \quad (9)$$

При моделюванні граничних умов (9) використовуються наступні формули:

$$C_0(x; y) = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{K_i [(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 + 1]}, \quad (10)$$

яка задає n джерел забруднення, зосереджених в точках $(x_i; y_i)$ з інтенсивностями C_i та коефіцієнтом дифузії K_i , або у формі

$$C_0(x; y) = \sum_{i=1}^n \left[\frac{C_{ix}}{K_i (x - x_0)^2 + 1} \cdot \frac{C_{iy}}{K_i (y - y_0)^2 + 1} \right], \quad (11)$$

яка дозволяє одержати більш прості аналітичні залежності. В такому випадку подвійні інтеграли (9) замінюються двома звичайними інтегралами Рімана.

Проведено аналітичний розв'язок у формі (8), (9) для випадку, коли у прямокутній області початковий розподіл концентрації на границі області задається так, як зображено на рисунку 6; цей розподіл $C(x; y) = z$ концентрації – кусково лінійна функція.

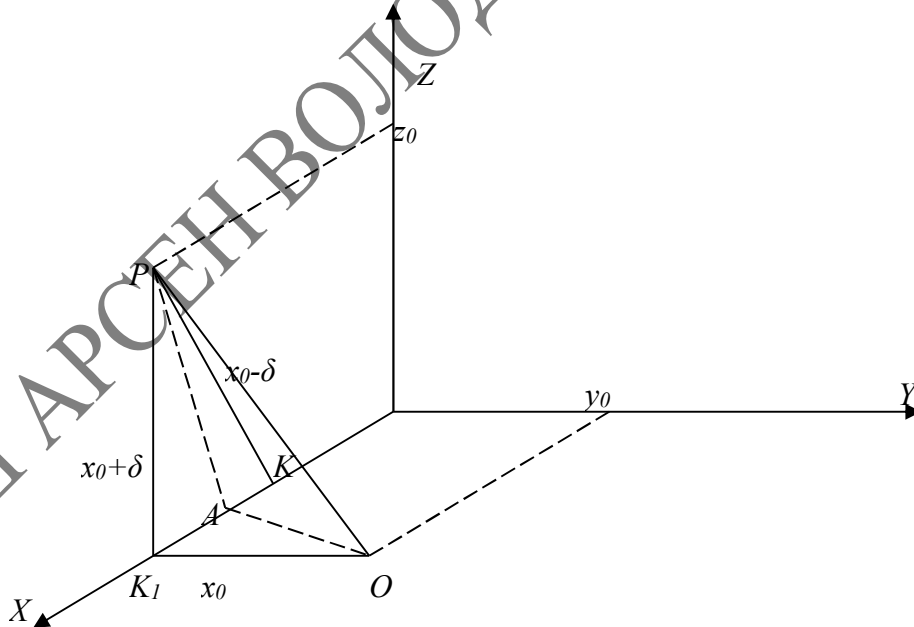


Рис.6. Розподіл концентрації солей в початковий момент їх надходження

Приведені результати засвідчують, що одержання аналітичних формул пов'язане з проведенням громіздких обчислень, тому в подальшому доцільно приділити увагу методам чисельного розв'язання задачі.

При чисельному розв'язанні рівнянь (4) або (5) з початковими умовами (6) та граничними (7) використовують метод змінних напрямків, який дозволяє для вказаних рівнянь (наприклад для рівняння (5)) записати систему різницьових рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{2(\tilde{c}_{k,m} - c_{k,m}^n)}{\tau} = a^2 \frac{\tilde{c}_{k+1,m} - 2\tilde{c}_{k,m} + \tilde{c}_{k-1,m}}{h_x^2} + a^2 \frac{c_{k+1,m}^n - 2c_{k,m}^n + c_{k-1,m}^n}{h_y^2} + f_{k,m}^n \\ \frac{2(c_{k,m}^{n+1} - \tilde{c}_{k,m})}{\tau} = a^2 \frac{\tilde{c}_{k+1,m} - 2\tilde{c}_{k,m} + \tilde{c}_{k-1,m}}{h_x^2} + a^2 \frac{c_{k+1,m}^{n+1} - 2c_{k,m}^{n+1} + c_{k-1,m}^{n+1}}{h_y^2} + f_{k,m}^n \end{cases} \quad (12)$$

Різницєва схема в першій групі рівнянь (12) є явною за координатою y , а в другій групі – явною за координатою x . При цьому на завершальному етапі розрахункової процедури розв'язують систему лінійних алгебраїчних рівнянь з тридіагональною матрицею. При дослідженні стійкості різницьових схем використовується спектральна ознака стійкості, з використанням якої встановлюються умови стійкості:

$$\lambda_1 = \frac{1 - \frac{2\tau}{h_y^2} \sin^2 \frac{\varphi}{2}}{1 + \frac{2\tau}{h_x^2} \sin^2 \frac{\psi}{2}}; \quad (13)$$

$$\lambda_2 = \frac{1 - \frac{2\tau}{h_x^2} \sin^2 \frac{\psi}{2}}{1 + \frac{2\tau}{h_y^2} \sin^2 \frac{\varphi}{2}}. \quad (14)$$

Умовою стійкості є:

$$|\lambda^*| = |\lambda_1 \cdot \lambda_2| \leq 1, \quad (15)$$

яка виконується для будь-яких значень τ ; h_x ; h_y ; $\sin^2 \frac{\varphi}{2}$; $\sin^2 \frac{\psi}{2}$ з урахуванням того, що ці величини за модулем набагато менші за 1. Тому різницєві схеми є абсолютно стійкими, а, отже, вказані значення вибираються лише з виконанням умови забезпечення необхідного рівня точності розрахунків. Реалізація системи (12) проводиться шляхом розв'язання двох систем з три-діагональною матрицею за методом прогонки.

На рисунку 7 наведено одержані з використанням моделі (12); (13) з умовами (14); (15) розподіли концентрацій для двох джерел надходження різної інтенсивності. Одиниці вимірювання є умовними.

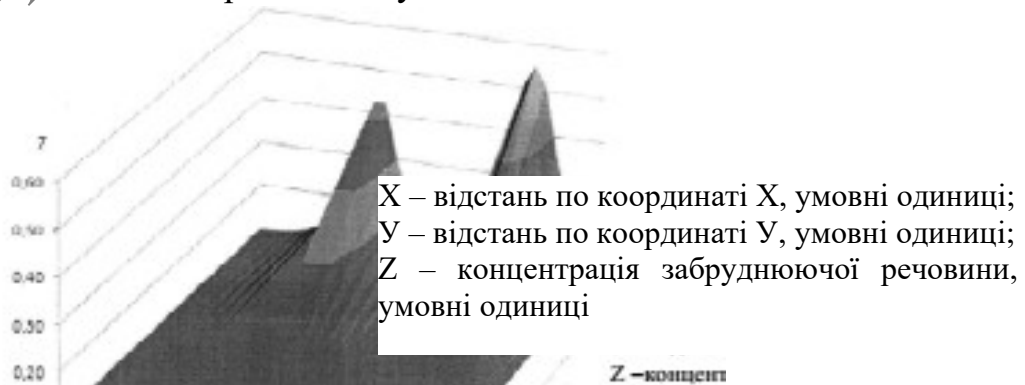


Рис. 7. Розподіл концентрації солей в досліджуваній зоні для випадку наявності двох джерел їх надходження

На рисунку 8 наведено розподіл концентрації по перерізах, перпендикулярних осі O_y . При розрахунках задавалося, що $a^2 = const$, тому граничні умови (6) дають симетричний розподіл концентрації солей по області дослідження.

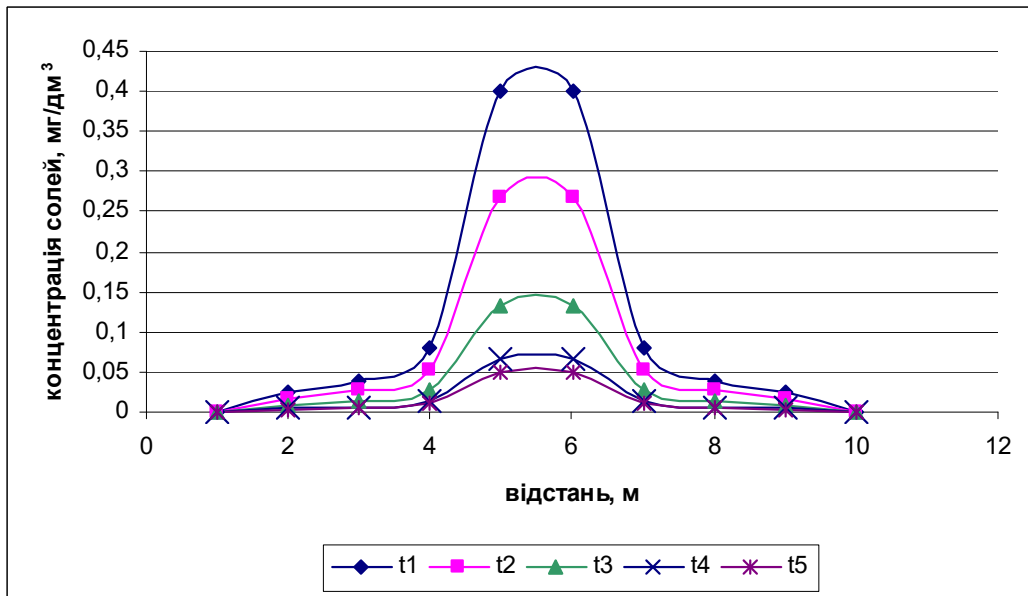


Рис. 8. Розподіл концентрації по перерізах у випадку розташування джерела надходження на прямій $y = 0$

На рисунку 9 наведено розподіл концентрації солей для різних місць розташування джерел надходження: одне з них – на лівій границі досліджуваної області, інше – на правій. Інтенсивність витоків різна.

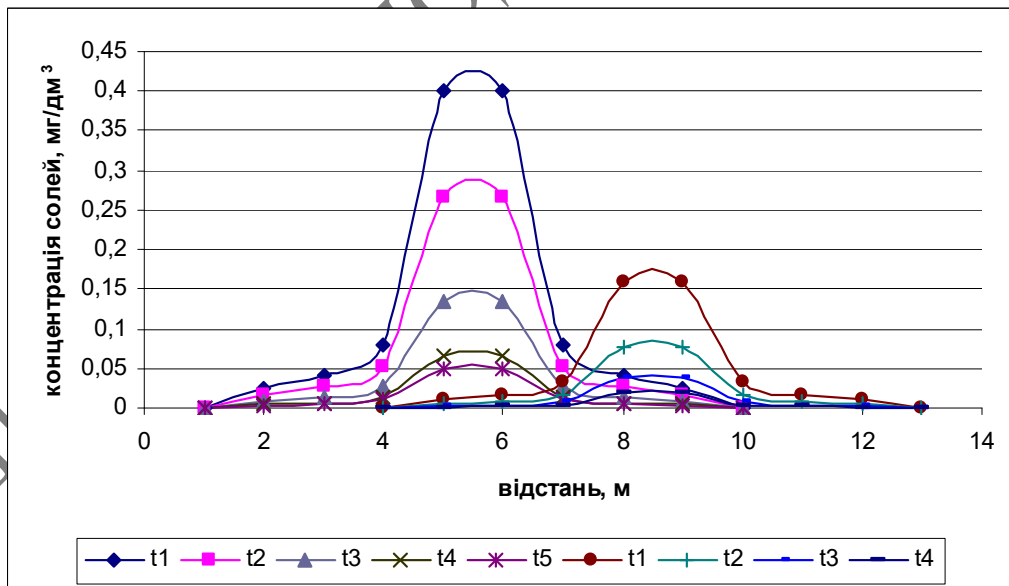


Рис. 9. Розподіл концентрації солей для випадку наявності двох джерел надходження, одне з яких на прямій $y = 0$, $y = L_2$

На рисунку 10 представлені результати розрахунків за умови $a^2 \neq const$, $a^2 = a^2(x, y, t)$. Виявлено порушення симетрії розподілу концентрацій через неоднорідність середовища, в яке потрапляють солі.

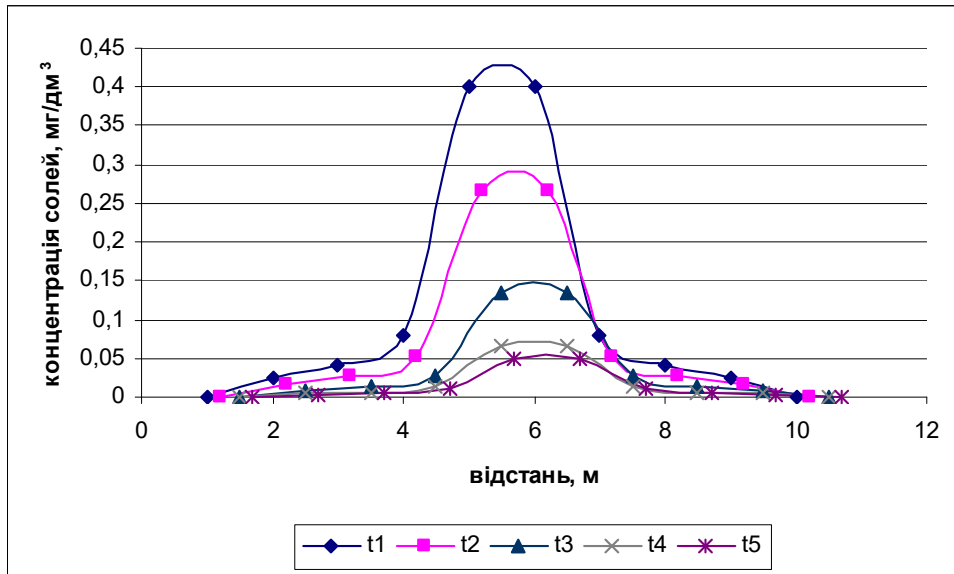


Рис. 10. Вплив неоднорідності властивостей середовища на розподіл концентрацій солей

На рисунку 11 показано, яким чином змінюється концентрація шкідливих речовин з часом, при однакових значеннях коефіцієнта дифузії.

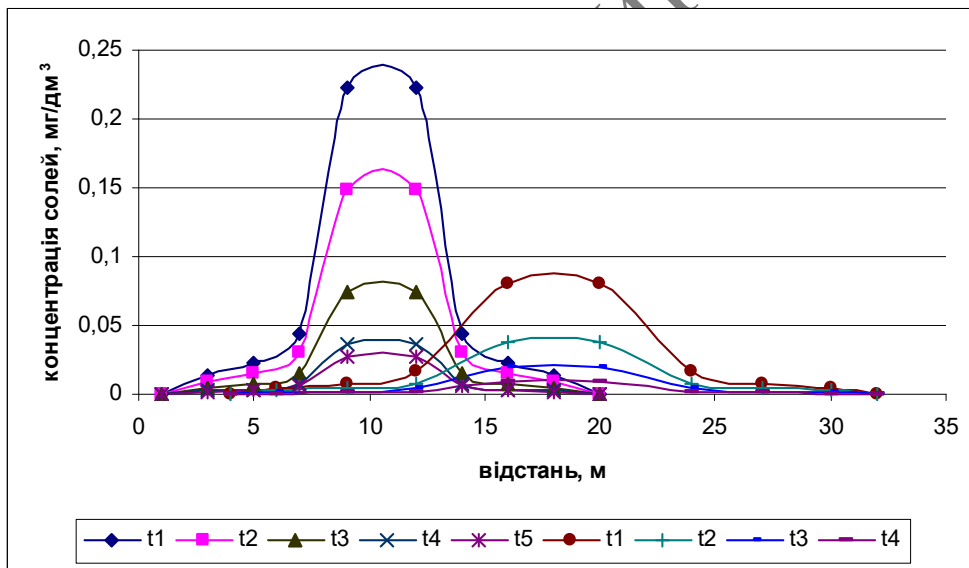


Рис. 11. Зміна концентрації солей в досліджуваній області в часі

Проведені дослідження показали, що аналітичні методи знаходження концентрації шкідливих речовин доцільно застосовувати лише у випадках, коли початкові умови моделюються простими аналітичними співвідношеннями, наприклад, лінійними функціями. Чисельні методи дозволяють моделювати процеси поширення шкідливих речовин з урахуванням кількості джерел їх надходження в досліджувану область, неоднорідності властивостей середовища, в яке надходить шкідлива речовина; оцінювати динаміку зміни концентрації вказаних речовин в часі.

За результатами проведених досліджень стану підземних вод (на початковій стадії – СВНЦ «Інтелект-Сервіс», а з 2006 року НДП ПАТ «Укрнафта») встановлено, що у спостережних свердловинах 2, 3, 4, 5, 7, 9, 192 якість води

залишалась стабільною, вода прісна. Підвищену мінералізацію води на родовищі виявлено у спостережних свердловинах 197, 198, 1, 6, 8. Поверхневі та підземні води не забруднені нафтопродуктами, основним джерелом забруднення вод на родовищі є високомінералізовані пластові води.

На основі багаторічних спостережень нами розраховано коефіцієнт кореляції Пірсона попарно для кожного з катіонів та аніонів у пластовій воді (таблиця 1).

Таблиця 1 – Розраховані коефіцієнти кореляції Пірсона між складовими розчинених солей пластових вод

Показник	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺ +Na ⁺	мінералізація
Cl ⁻	1						
SO ₄ ²⁻	-0,55	1					
HCO ₃ ⁻	-0,15	-0,26	1				
Ca ²⁺	0,84	-0,63	-0,09	1			
Mg ²⁺	0,22	-0,18	0,11	0,17	1		
K ⁺ +Na ⁺	0,96	-0,44	-0,18	0,67	0,11	1	
мінералізація	0,99	-0,53	-0,15	0,82	0,20	0,97	1

Як видно із результатів розрахунків, прямий тісний кореляційний зв'язок спостерігається між загальною мінералізацією води, та концентрацією катіонів натрію і кальцію (коефіцієнти кореляції становлять відповідно 0,97 та 0,82), а також хлорид аніону (коефіцієнт кореляції 0,99). Відповідно тісний кореляційний зв'язок спостерігається також між хлорид аніоном та аніоном кальцію (коефіцієнт кореляції 0,84), хлорид аніоном та катіонами натрію і калію (коефіцієнт кореляції 0,96).

Катіони кальцію і натрію володіють прямим зв'язком середньої сили між собою (коефіцієнт кореляції складає 0,67), який при цьому близький до значення тісного (0,70). Аналогічно, обернений середній зв'язок спостерігається між катіоном кальцію та сульфат аніоном (-0,63). У цьому випадку значення кореляційного зв'язку теж наближається до значення тісного.

Крім того, середньої сили обернений кореляційний зв'язок встановлено між сульфат аніоном і хлорид аніоном, а також середньої сили обернений кореляційний зв'язок між загальною мінералізацією води та сульфат катіоном. Проте значення коефіцієнта кореляції як у першому (-0,55), так і у другому (-0,53) випадках є близьким до помірному (0,49). Між іншими парами макрокомпонентів солей пластових вод величина зв'язку була слабкою або дуже слабкою.

На основі визначених критеріїв взаємозв'язків між макроіонами у пластових водах розроблено метод визначення впливу пластових вод на прісні природні води.

Висока загальна мінералізація пластової води і, особливо, підвищений вміст хлорид-іону це ті фактори, що негативно впливають на поверхневі і ґрунтові води, і є основними критеріями для оцінки їх забруднення. Такий підхід щодо встановлення негативного впливу пластових вод на поверхневі і ґрунтові води у більшості випадків є правильним, проте даний метод дозволяє встановити негативні екологічні зміни на пізній стадії коли цей вплив є значним і суттєво змінює фізико-хімічні властивості вод. У зв'язку з цим нами запропоновано метод визначення впливу супутньо-пластових вод на поверхневі і ґрунтові води, який дозволяє встановити вплив ще на стадії, коли забруднення є мінімальним,

мініралізація поверхневих і ґрунтових вод ще не є високою, тобто вплив пластових вод є незначним.

Так, з метою визначення природи формування фізико-хімічного складу поверхневих і ґрунтових вод, у межах Рибальського нафтового родовища було розраховано кореляційні зв'язки між вмістом основних макроіонів у досліджуваних водах та загальною мініралізацією води. Після цього проводилось порівняння визначених зв'язків із аналогічними показниками, характерними для супутньо-пластових вод.

Для проведення досліджень використовували проби поверхневих і ґрунтових вод, відібрані на пунктах моніторингових спостережень у межах Рибальського нафтового родовища.

За наявності тісних кореляційних зв'язків у парі хлориди-мініралізація, а також тісних або середньої сили зв'язків у парах натрій-хлориди, натрій-мініралізація, кальцій-хлориди, кальцій-мініралізація води відносять до таких, що зазнають впливу пластових вод.

Якщо у водах відсутні тісні кореляційні і середньої сили кореляційні зв'язки або наявні тісні чи середньої сили кореляційні зв'язки у парах мініралізація-сульфати та/або мініралізація-гідрокарбонати, а також середньої сили або тісні кореляційні зв'язки у парах кальцій (магній, натрій, калій)-гідрокарбонати, кальцій (магній, натрій, калій)-сульфати, води відносять до таких, що не зазнають впливу пластових вод.

За наявності тісних та середньої сили кореляційних зв'язків для пар натрій-хлориди, натрій-мініралізація, кальцій-хлориди, хлориди-мініралізація, а також для пар мініралізація-сульфати, мініралізація-гідрокарбонати, гідрокарбонати-сульфати, мініралізація гідрокарбонати, гідрокарбонати-калій, гідрокарбонати-магній, сульфати-магній, сульфати-калій, то такі води класифікують, як такі, що зазнають впливу пластових вод, проте ще зберігаються зв'язки, характерні для їх природного стану.

При цьому ступінь мініралізації води, а також величина концентрації окремих іонів не є визначальним чинником для встановлення факту впливу високомінералізованих пластових вод на природні води. Саме цим запропонований спосіб відрізняється від підходів до оцінки впливу пластових вод на при поверхневі та поверхневі води, які традиційно застосовуються на практиці.

У переважній більшості пунктів спостережень, де впливу супутньо-пластових вод не зафіксовано, мініралізація води не перевищує 1000 мг/дм³. Характерною особливістю таких вод є наявність тісних кореляційних зв'язків між загальною мініралізацією води та вмістом гідрокарбонатів, зокрема такі зв'язки присутні у водах спостережної свердловини 192, артсвердловини цеху видобування нафти і газу (ЦВНГ) № 1, криниці КСП с. Лутище, спостережній свердловині 06 Рибальського родовища. А також тісні кореляційні зв'язки існують між вмістом сульфатів та мініралізацією води (артсвердловина ЦВНГ-1, спостережна свердловина 192, криниця у с. Лутище КСП, криниця у с. Українка).

У водах, з можливим впливом пластових вод, спостерігаються тісні кореляційні зв'язки, характерні для пластових вод. Зокрема між хлоридами, іонами натрію, кальцію та мініралізацією води. В даному випадку до таких вод, безумовно, належать води з високою мініралізацією (свердловини 197, 198). Тут чітко прослідковуються кореляційні зв'язки між іонами кальцію, натрію, хлоридами та загальною мініралізацією.

У спостережній свердловині 01 Рибальського родовища загальна мінералізація води складає 2184 мг/дм³. Такі значення мінералізації можуть бути притаманні як для природних вод, так і для вод, які зазнають впливу пластових вод. Проте аналіз кореляційних зв'язків вказує на те, що підземні води в районі розташування свердловини 01 зазнають впливу саме пластових вод. Такий висновок дозволяє зробити наявність тісного зв'язку у парах: мінералізація-хлориди (0,72); мінералізація-натрій (0,75), а також відсутність кореляційного зв'язку у парах: мінералізація-сульфати (-0,42), мінералізація-гідрокарбонати (0,16);

У спостережній свердловині 02 Рибальського родовища загальна мінералізація води складає лише 1205,8 мг/дм³, проте вплив пластових вод на підземні водоносні горизонти в районі розташування вказаної свердловини простежуються ще більш чітко: мінералізація-хлориди – 0,98; мінералізація-кальцій – 0,89; мінералізація-натрій – 0,82; хлориди-натрій – 0,79. Порівняно невеликі значення кореляційного зв'язку спостерігаються у парах: гідрокарбонати-натрій (0,42), сульфати-натрій (0,52); сульфати-мінералізація (-0,34); гідрокарбонати-мінералізація (-0,27).

В артсвердловині цеху видобування нафти і газу № 1 НГВУ «Охтирканафтогаз» спостерігаються тісні кореляційні зв'язки у парах: гідрокарбонати-мінералізація (0,89); сульфати-мінералізація (0,72); гідрокарбонати-сульфати (0,57). Такий характер взаємозв'язків вказує на природний характер гідрохімічного складу вод у свердловині. Вплив пластових вод не спостерігається.

У спостережній свердловині 192 тісні кореляційні зв'язки спостерігаються у парах: гідрокарбонати-мінералізація (0,83); сульфати-мінералізація (0,75); сульфати-кальцій (0,67); натрій- мінералізація (0,61); гідрокарбонати-кальцій (0,57). Перелічені значення гідрохімічних взаємозв'язків характеризують води свердловини як такі, що не зазнають впливу пластових вод.

У спостережній свердловині 197 найбільш тісними є взаємозв'язки у парах: хлориди-мінералізація (0,93); натрій-мінералізація (0,72); хлориди-кальцій (0,58). Характер взаємозв'язків вказує на наявність впливу пластових вод у свердловині.

У с. Лутище незначного впливу пластових вод, можливо, зазнають води у криниці по вул. Пушкіна. Такого твердження можна дійти в результаті аналізу кореляційних зв'язків у парах: хлориди-мінералізація (0,69); кальцій-мінералізація (0,91); натрій-мінералізація (0,74); хлориди-натрій (0,66). Водночас порівняно високі значення коефіцієнтів кореляції, що вказують на зв'язки середньої сили між іонами, характерними для природних прісних вод, спостерігаються у парах: сульфати-мінералізація (0,64); гідрокарбонати-мінералізація (0,67); сульфати-калій (0,62); гідрокарбонати- натрій (0,58); сульфати-натрій (0,57).

Вищенаведене свідчить про задовільну якість води у шахтному колодязі, при цьому загальна мінералізація води становить 582 мг/дм³.

Щодо інших шахтних колодязів, у яких проводяться моніторингові спостереження, то тут переважають середньої сили та/або тісні кореляційні зв'язки притаманні для природних вод, а саме: у парах сульфати-мінералізація, гідрокарбонати-мінералізація, кальцій-мінералізація.

Таким чином, проведені нами дослідження дозволили запропонувати новий метод для визначення впливу пластових вод на поверхневі та ґрунтові води.

У п'ятому розділі «Дослідження особливостей забруднення ґрунтів об'єктами нафтогазової промисловості» висвітлено результати досліджень щодо впливу процесів видобування нафти і газу на ґрунти. Водно-сольовий режим ґрунтів відіграє надзвичайно важливу роль для нормального функціонування педосфери. Збалансованість вмісту макроелементів у ґрунті є одним із визначальних чинників, що впливає на можливість агротехнічного використання ґрунту. Порушення водно-сольового режиму може відбуватись під впливом різноманітних факторів як техногенного, так і природного походження. Зокрема до природних чинників належать рельєф, клімат, характер підстилаючих порід, склад підземних вод тощо. Техногенні фактори, в свою чергу, поділяються на прямі та опосередковані. Опосередковані техногенні фактори передбачають штучну зміну чинників, що здатні безпосередньо впливати на водно-сольовий режим ґрунту. Прикладом цього може слугувати зміна форм рельєфу в процесі будівництва, структури ґрунту під час оброблення земель тощо. Прямі ж фактори стають причиною безпосереднього внесення водорозчинних солей у ґрунтовий покрив. Одним із таких прямих факторів є розливи пластових вод.

Автором проведено визначено попарні кореляційні зв'язки та проведено багатофакторний кореляційно-регресійний аналіз зв'язків між основними іонами, що визначають засолення ґрунтів, зокрема катіонами Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , аніонами HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} . Також, для повноти та об'єктивності кореляційно-регресійного аналізу визначено вплив на результативну ознаку таких параметрів, як рН, сумарний вміст токсичних солей, величина щільного залишку та вміст нафтопродуктів.

З метою визначення особливостей формування вмісту солей у ґрунтах проведено дослідження на ділянках, що розташовані в околі нафтових родовищ та об'єктів нафтогазової промисловості Охтирського та Полтавського нафтопромислових районів.

Для проведення розрахунків результати аналізів були поділені на дві групи - перша група включала результати аналізів проб ґрунту із низьким, наближеним до «фонових» значень загальним вмістом токсичних солей (менше 500 мг/кг), друга відповідно, із підвищеним вмістом токсичних солей, концентрацією понад 500 мг/кг. Обидві групи результатів аналізів включали по 80 результатів досліджень.

На першому етапі досліджень розрахунок кореляційних зв'язків проводився попарно для кожного із показників окремо для двох визначених груп. Результати розрахунків коефіцієнтів кореляції для першої групи ґрунтів наведені у таблиці 2.

З результатів досліджень видно, що тісні кореляційні зв'язки спостерігаються лише у трьох парах: токсичні солі-гідрокарбонати; токсичні солі-натрій; гідрокарбонати-рН;

Середній кореляційний зв'язок зафіксовано у семи пар компонентів: токсичні солі-рН; гідрокарбонати-кальцій; гідрокарбонати-щільний залишок; магній-кальцій; магній-сульфати; натрій-щільний залишок; токсичні солі-щільний залишок.

Таблиця 2 – Розраховані попарні коефіцієнти кореляції між компонентами ґрунтів із вмістом токсичних солей менше 500 мг/кг

Показник	pH	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	K ⁺	Щільн. зал.	Токс. солі	Нафто-прод
pH	1,00										
HCO ₃ ⁻	0,82	1,00									
Cl ⁻	0,25	0,30	1,00								
Ca ²⁺	0,46	0,56	0,49	1,00							
Mg ²⁺	0,13	0,17	0,38	0,67	1,00						
SO ₄ ²⁻	0,17	0,17	0,31	0,43	0,66	1,00					
Na ⁺	0,38	0,42	0,32	0,12	0,17	0,27	1,00				
K ⁺	0,13	0,19	0,26	0,16	0,03	-0,15	-0,03	1,00			
Щільн. зал.	0,39	0,55	0,34	0,31	0,24	0,26	0,57	0,11	1,00		
Токс. солі	0,59	0,72	0,42	0,17	0,15	0,41	0,70	0,06	0,63	1,00	
Нафтопрод.	-0,13	0,07	0,18	0,04	0,25	0,22	0,04	-0,07	0,31	0,22	1,00

тип кореляційного зв'язку

	Сильний або тісний
	Середній
	Помірний
	Слабкий або дуже слабкий

Таким чином, встановлені зв'язки у перелічених вище парах притаманні для незабруднених солями ґрунтів. Щодо окремих досліджуваних компонентів, то тут слід вказати на відсутність сильних та середньої сили кореляційних зв'язків для нафтопродуктів та катіону калію, а також хлоридів.

Результати розрахунків коефіцієнтів кореляції для другої групи ґрунтів наведені у таблиці 3.

Таблиця 3 – Розраховані попарні коефіцієнти кореляції між компонентами ґрунтів з вмістом токсичних солей більше 500 мг/кг

Показник	pH	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	K ⁺	Щільн. зал.	Токс. солі	Нафто-прод
pH	1,00										
HCO ₃ ⁻	0,49	1,00									
Cl ⁻	-0,47	-0,29	1,00								
Ca ²⁺	-0,49	-0,17	0,68	1,00							
Mg ²⁺	-0,40	-0,08	0,59	0,73	1,00						
SO ₄ ²⁻	-0,30	-0,20	-0,01	-0,01	-0,02	1,00					
Na ⁺	-0,34	-0,18	0,89	0,60	0,59	-0,05	1,00				
K ⁺	0,01	0,14	0,50	0,46	0,51	0,07	0,58	1,00			
Щільн. зал.	-0,36	-0,22	0,83	0,75	0,64	0,14	0,82	0,74	1,00		
Токс. солі	-0,41	-0,15	0,97	0,66	0,61	-0,02	0,94	0,57	0,84	1,00	
Нафтопрод	-0,20	-0,07	0,16	0,01	-0,08	0,16	0,17	0,07	0,03	0,17	1,00

тип кореляційного зв'язку

	Сильний або тісний
	Середній
	Помірний
	Слабкий або дуже слабкий

За результатами розрахунків кореляційних зв'язків для ґрунтів із підвищеним вмістом токсичних солей встановлено тісні кореляційні зв'язки у восьми парах: хлориди-натрій; хлориди-щільний залишок; хлориди-токсичні солі; кальцій-щільний залишок; натрій-щільний залишок; натрій-токсичні солі; калій- щільний залишок; щільний залишок-токсичні солі.

Середньої сили кореляційні зв'язки спостерігаються у парах: хлориди-кальцій; хлориди-магній; хлориди-калій; кальцій-магній; кальцій-натрій; кальцій-токсичні солі; магній-натрій; магній-калій; магній-щільний залишок; магній-токсичні солі; натрій-калій; калій-токсичні солі.

У ґрунтах з підвищеним вмістом токсичних солей відзначаємо відсутність попарних кореляційних зв'язків для сульфатів і гідрокарбонатів, а також водневого показника рН.

Більш інформативним є комплексний вплив вмісту іонів на концентрацію одного з них. Такі дослідження дають можливість більш точно визначити залежності співвідношення іонів у ґрунтах.

Нами проведено дослідження комплексного впливу відносно концентрацій катіонів Ca^{2+} , Mg^{2+} та аніонів Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- . Для кожного випадку концентрація одного з іонів буде результативною ознакою, а концентрація інших – факторами, що впливають на неї. Отримані нами залежності наведені в таблиці 4.

Як видно з результатів досліджень, у незасолених ґрунтах найбільшого впливу в залежності від вмісту інших макрокомпонентів у ґрунтах зазнають концентрації гідрокарбонатів, кальцію, магнію, рН та токсичних солей, отримані нами залежності для цих складових ґрунту дуже добре корелюють із значеннями, отриманими шляхом натурних замірів. Менш тісні кореляційні зв'язки між змодельованими та реальними значеннями у в ґрунтах першої групи зафіксовано для вмісту хлоридів та сульфатів. Помірний кореляційний зв'язок між модельними та реальними значеннями зафіксовано для концентрацій натрію, щільного залишку та нафтопродуктів. Для вмісту калію лінійна багатofакторна залежність у ґрунтах першої групи відсутня.

У ґрунтах із вмістом токсичних солей понад 500 мг/кг тісні кореляційні зв'язки між розрахованими та визначеними лабораторно значеннями вмісту макрокомпонентів у ґрунтах встановлено для вмісту хлоридів, кальцію, магнію, натрію, калію, щільного залишку, токсичних солей. Помірний кореляційний зв'язок між розрахованими значеннями та значеннями визначеними аналітично встановлено для концентрацій рН, гідрокарбонатів, сульфатів. Регресійна залежність у ґрунтах другої групи відсутня для вмісту нафтопродуктів.

Нами запропоновано залежність для визначення вмісту токсичних солей у ґрунтах першої групи:

$$C_{(m.c.)} = 1220,46C_{(щ.з.)} + 80,06pH - 519,51, \quad (16)$$

де $C_{(m.c.)}$ – вміст токсичних солей, мг/кг;

$C_{(щ.з.)}$ – щільний залишок, %;

pH – водневий показник рН.

Таблиця 4 – Емпіричні залежності вмісту макрокомпонентів у ґрунтах

Назва показника	ґрунти з вмістом токсичних солей менше 500 мг/кг (перша група)		ґрунти з вмістом токсичних солей понад 500 мг/кг (друга група)	
	Залежність	$K_{кор}$	Залежність	$K_{кор}$
pH	$pH = -0,000033C_{(нафт.)} + 0,004849 C_{(HCO_3^-)} + 6,741$	0,84	$pH = -0,0017C_{(SO_4^{2-})} + 0,000401C_{(HCO_3^-)} + 9,241$	0,52
HCO_3^-	$C_{(HCO_3^-)} = 105,60pH + 0,0046C_{(нафт.)} - 1,48C_{(Mg^{2+})} + 1,43C_{(Ca^{2+})} - 694,77$	0,87	$C_{(HCO_3^-)} = 315,05pH - 751,57C_{(щ.з.)} + 9,45C_{(K^+)}$	0,51
Cl^-	$C_{(Cl^-)} = 1,7C_{(K^+)} + 0,36C_{(Na^+)} + 0,606C_{(Ca^{2+})}$	0,59	$C_{(Cl^-)} = 2067,24C_{(щ.з.)} + 1,014C_{(Na^+)}$	0,91
Ca^{2+}	$C_{(Ca^{2+})} = 0,212C_{(Cl^-)} + 0,16C_{(HCO_3^-)} + 0,00159C_{(нафт.)} - 0,272C_{(Na^+)} + 1,024C_{(Mg^{2+})}$	0,85	$C_{(Ca^{2+})} = 260,54C_{(щ.з.)} - 0,033C_{(Na^+)} - 0,27C_{(SO_4^{2-})} + 1,57C_{(Mg^{2+})}$	0,82
Mg^{2+}	$C_{(Mg^{2+})} = 0,382C_{(Ca^{2+})} - 0,062C_{(HCO_3^-)} + 0,000871C_{(нафт.)} + 0,199C_{(SO_4^{2-})}$	0,83	$C_{(Mg^{2+})} = 0,133 C_{(Ca^{2+})} + 0,45C_{(K^+)}$	0,75
SO_4^{2-}	$C_{(SO_4^{2-})} = 1,15C_{(Mg^{2+})}$	0,66	$C_{(SO_4^{2-})} = -0,275C_{(Ca^{2+})} - 65,31pH + 191,71C_{(щ.з.)} + 638,77$	0,52
Na^+	$C_{(Na^+)} = -0,48C_{(Ca^{2+})} + 0,222C_{(Cl^-)} - 0,0018C_{(нафт.)} + 379,92C_{(щ.з.)}$	0,38	$C_{(Na^+)} = -2,19C_{(Ca^{2+})} + 0,39C_{(Cl^-)} + 1307,82C_{(щ.з.)}$	0,90
K^+	Регресійна залежність відсутня	-	$C_{(K^+)} = 56,54C_{(щ.з.)}$	0,74
Щ. з.	$C_{(щ.з.)} = 0,0000021C_{(нафт.)}$	0,31	$C_{(щ.з.)} = 0,0069C_{(K^+)} + 0,000654C_{(SO_4^{2-})} + 0,000933C_{(Ca^{2+})} - 0,0000106C_{(нафт.)}$	0,86
Т.с.	$C_{(т.с.)} = 1220,46 C_{(щ.з.)} + 80,06pH - 519,506$	0,73	$C_{(т.с.)} = 7622,43 C_{(щ.з.)}$ або $C_{(т.с.)} = 0,76C_{(Na^+)} + 1,035C_{(Cl^-)} + C_{(HCO_3^-)}$	0,84 0,99
Нафт.	$C_{(нафт.)} = -3174,79pH + 39330,44C_{(щ.з.)} + 92,09C_{(Mg^{2+})} + 21532,84$	0,44	Регресійна залежність відсутня	-

де

$K_{кор}$ – коефіцієнт кореляції між розрахованими значеннями і значеннями визначеними аналітично;

pH – водневий показник рН;

$C_{(нафт.)}$ – концентрація нафтопродуктів, мг/кг;

$C_{(HCO_3^-)}$ – концентрація гідрокарбонат-іону, мг/кг;

$C_{(Mg^{2+})}$ – концентрація магній-іону, мг/кг;

$C_{(Ca^{2+})}$ – концентрація кальцій-іону, мг/кг;

$C_{(K^+)}$ – концентрація іону калію, мг/кг;

$C_{(Na^+)}$ – концентрація іону натрію, мг/кг;

$C_{(SO_4^{2-})}$ – концентрація сульфат-іону, мг/кг;

$C_{(Cl^-)}$ – концентрація хлорид-іону, мг/кг;

$C_{(щ.з.)}$ – щільний залишок, %;

$C_{(т.с.)}$ – вміст токсичних солей, мг/кг.

На рисунку 12 наведено динаміку зміни розрахованих значень вмісту токсичних солей та значень, визначених інструментально.

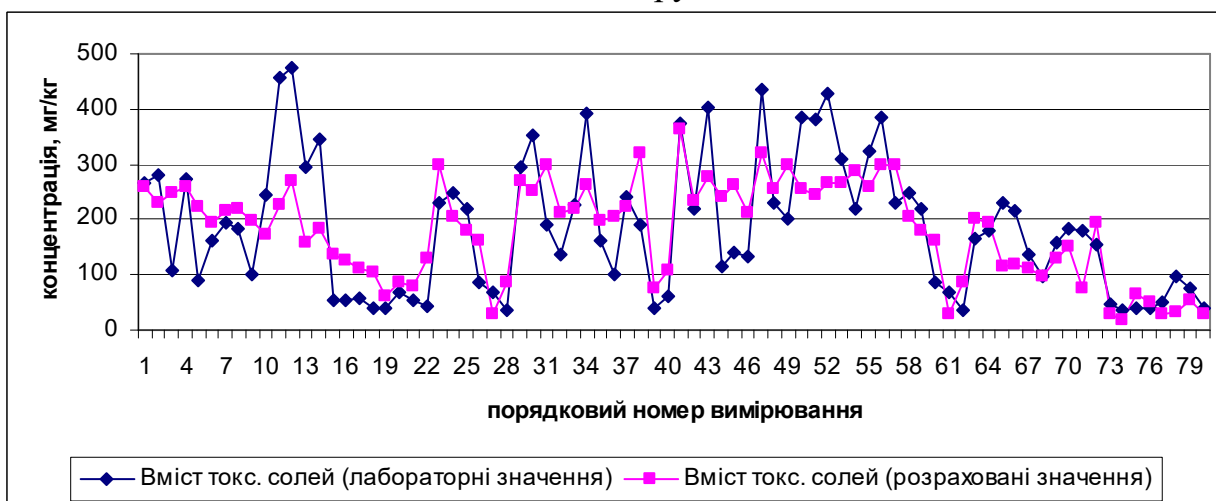


Рис. 12. Порівняння розрахованих значень вмісту токсичних солей (залежність (16)) та значень натурних вимірювань для ґрунтів першої групи

Коефіцієнт кореляції між розрахунковими значеннями і значеннями натурних замірів для вмісту токсичних солей у першій групі ґрунтів становить 0,73.

Для ґрунтів з високим вмістом токсичних солей нами запропоновано рівняння для визначення суми токсичних солей:

$$C(m.c.) = 0,76C(Na^+) + 1,035C(Cl^-) + C(HCO_3^-) , \quad (17)$$

де $C(m.c.)$ – вміст токсичних солей, мг/кг;

$C(Na^+)$ – концентрація іону натрію, мг/кг;

$C(Cl^-)$ – концентрація хлорид-іону, мг/кг;

$C(HCO_3^-)$ – концентрація гідрокарбонат-іону, мг/кг.

На рисунку 13 відображено динаміку зміни розрахованих за рівнянням (17) значень вмісту токсичних солей та значень, визначених інструментально.

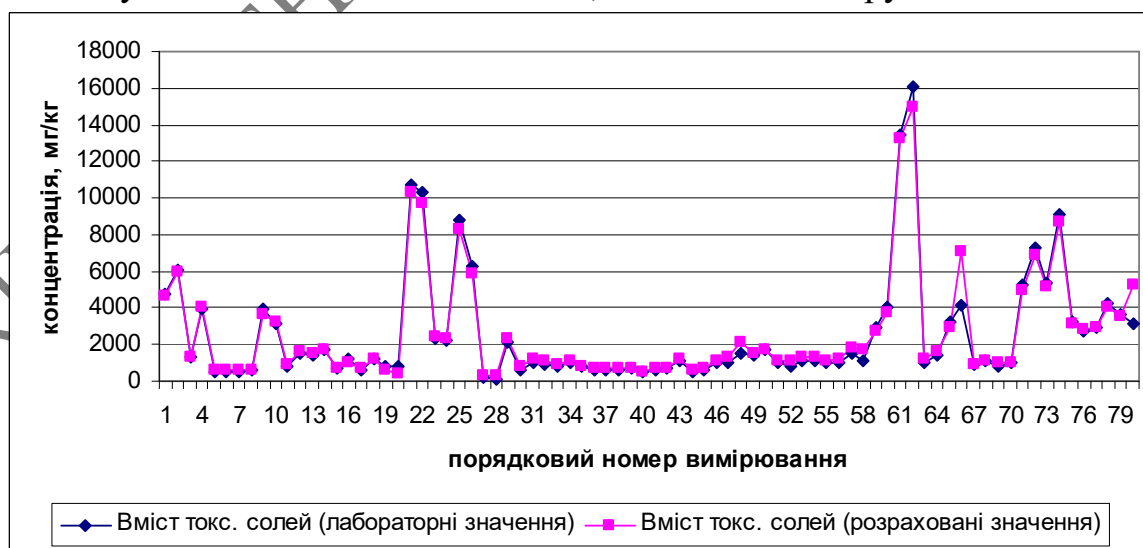


Рис. 13. Порівняння розрахованих значень вмісту токсичних солей (залежність (17)) та значень інструментальних вимірювань для ґрунтів другої групи

Коефіцієнт кореляції між розрахунковими значеннями та значеннями концентрацій токсичних солей становить 0,99, тобто залежність є практично функціональною.

Таким чином, отримано залежності, які дозволяють достовірно розрахувати значення вмісту токсичних солей в ґрунтах Охтирського та Полтавського нафтопромислових районів, що підтверджується статистичними показниками.

Отримані залежності можуть бути використані під час проведення аналітичних досліджень проб ґрунтового покриву, моделювання ареалу поширення солей у ґрунті, розроблення заходів щодо відновлення ґрунтів, розрахунку об'ємів внесення допоміжних хімреагентів для відновлення засолених ґрунтів.

Шостий розділ «Розроблення природоохоронних заходів з метою зменшення техногенного впливу пластових вод на компоненти довкілля» присвячено розробленню природоохоронних заходів щодо мінімізації негативних екологічних наслідків експлуатації нафтових і газових родовищ.

Досліджено вплив часу промивання ґрунту на концентрацію солей. Для проведення експерименту відбирались проби засоленого ґрунту. Відібрана проба ґрунту була поділена на шість частин масою 60 г. Кожна із частин поміщалась до конічної колби і заливалась прісною водою у співвідношенні 1:5. Водно-ґрунтову суміш перемішували протягом різних часових періодів, які тривали 0 хв, 2 хв, 5 хв, 20 хв, 60 хв, 120 хв.

Основна частина хлорид-іону та натрій іону вилуговується з ґрунтів впродовж перших 20 хвилин контактування з водою. Аналогічно відбувається зниження концентрацій калій-іону. Вміст кальцію та сульфатів знижується протягом 120 хв. Основна частина токсичних солей та щільного залишку вилуговувалась відповідно до пониження концентрацій основних компонентів засолення – хлоридів та натрію. Слід також відзначити зростання значення водневого показника рН із зменшенням кількості солей у ґрунті.

Таким чином, оптимальним часом промивання засолених пластовими водами ґрунтів є 20 хв. Загалом за один такт промивання концентрація гідрокарбонатів зменшується на 28 %, хлоридів – на 38 %, кальцію – на 36 %, вмісту сульфатів – на 13 %, вмісту натрію – на 32 %, вмісту калію – на 30 %, щільного залишку – на 29 %, вмісту токсичних солей – на 35 %; вміст магнію залишився незмінним.

На другому етапі досліджень нами визначався вплив розчинів солей на зниження концентрації токсичних солей, а також витіснення іону натрію із ґрунтово-поглинального комплексу.

Для проведення досліджень були використані такі солі: ацетат магнію ($Mg(CH_3COO)_2$); сульфат магнію ($MgSO_4$); калімагnezія ($K_2SO_4 \times MgSO_4$); сульфат цинку ($ZnSO_4$); хлорид кальцію ($CaCl_2$).

Із солей готували розчини на основі дистильованої води, концентрацією 0,5 моль/дм³. Наважки ґрунту масою 60 г поміщали у конічні колби з широкою горловиною і заливали розчином солей об'ємом 300 мл. Після цього колби поміщали до перемішуючого пристрою і перемішували протягом 30 хвилин. Отриману суспензію відфільтровували, визначали вміст основних іонів та розраховували вміст токсичних солей у ґрунті. Результати досліджень наведено в таблиці 5.

Таблиця 5 - Результати досліджень ефективності знесолення ґрунтів від використання різних солей

Розчин солі	рН водної витяжки, од. рН	вміст карбонатів, мг/кг	вміст бікарбонатів, мг/кг	вміст хлоридів, мг/кг	вміст кальцію, мг/кг	вміст магнію, мг/кг	вміст сульфатів, мг/кг	вміст натрію, мг/кг	вміст калію, мг/кг	щільний залишок, %	токсичні солі, мг/кг
Вихідна проба	6,24	н/в	61,0	11880,1	985,0	155,6	33,8	7669,2	130,0	2,48	19704,8
Mg(CH ₃ COO) ₂	7,30	н/в	25894,5	9469,6	1775,0	5935,3	11,7	5587,5	115,0	6,26	41493,9
MgSO ₄	6,12	н/в	274,5	8780,9	1415,0	3257,4	868,0	4410,0	119,0	4,00	16448,3
K ₂ SO ₄ × MgSO ₄	9,63	105,0	427,0	23243,6	940,0	1159,0	194,1	6197,5	9600,0	5,24	30600,1
ZnSO ₄	5,90	н/в	106,8	6026,1	40,0	2696,2	864,9	3010,0	70,0	2,94	12585,3
CaCl ₂	6,57	н/в	91,5	26859,3	9980,0	280,6	236,5	6902,5	127,5	5,29	34042,4

Найбільш ефективним для зниження вмісту хлоридів у ґрунті є сульфати цинку та магнію. Слід зазначити, що ці ж солі також були найкращими для витіснення іону натрію. Сульфат цинку дозволяє знизити вміст хлоридів на 49,3 %, а сульфат магнію – на 26,1 %.

Калімагнезія спричиняє зростання вмісту хлоридів, очевидно внаслідок наявності у самому складі добрива солей хлороводневої кислоти. Логічним є також зростання вмісту хлоридів під час оброблення ґрунтів хлоридом кальцію. Оброблення ґрунтів калімагнезією призводить до зростання вмісту хлоридів на 95,7 %, а хлоридом кальцію на 126,1 %. Ацетат магнію дозволяє знизити вміст хлоридів у засолених ґрунтах на 20,3 %.

Найбільш суттєве зростання концентрації водорозчинних гідрокарбонатів відбувається під час оброблення ґрунту ацетатом магнію (від 61,0 мг/кг у вихідному зразку до 25894,5 мг/кг у обробленому), такий процес може відбуватися в результаті реакції розкладу солі. В результаті взаємодії інших сольових розчинів із засоленими ґрунтами у всіх випадках відбувається зростання концентрації гідрокарбонат-іону. Зокрема у випадку оброблення ґрунту сульфатом магнію відбувається зростання концентрації гідрокарбонатів від 61,0 мг/кг у вихідному зразку до 274,5 мг/кг у обробленому, у випадку використання калімагнезії вміст токсичних солей зростає до 427,0 мг/кг, сульфат цинку та хлорид кальцію спричиняють до підвищення вмісту гідрокарбонатів – до 106,7 мг/кг та 91,5 мг/кг відповідно.

Результати визначення залишкового вмісту кальцію після оброблення ґрунтів розчинами солей. Як видно з результатів досліджень, суттєве зростання вмісту кальцій-іону закономірно відбувається при обробленні ґрунту хлоридом кальцію, концентрація катіону кальцію при цьому зростає у 10,13 рази.

У результаті оброблення іншими розчинами солей було отримано такі результати:

- взаємодія ацетату магнію та засоленого ґрунту призводить до зростання концентрації кальцій-іону на 80 %;
- оброблення засолених ґрунтів сульфатом магнію спричиняє до підвищення концентрацій кальцій іону на 43 %;
- взаємодія калімагнезії та засоленого ґрунту не призводить до суттєвих змін концентрації катіону кальцію;

- сульфат цинку знижує вміст кальцій-іону у засоленому ґрунті на 95 %.

З результатів досліджень визначення залишкового вмісту магнію після оброблення засоленого ґрунту видно, що найбільше насичення засоленого ґрунту магнієм відбувається під час контактування засолених ґрунтів із сульфатом та ацетатом магнію (вміст магнію зростає у 38,14 та 21 разів відповідно). Крім того, вміст катіону магнію суттєво зростає внаслідок оброблення ґрунту сульфатом цинку (у 17,3 разів). Зростання вмісту катіону магнію після оброблення калімагнезією та хлоридом кальцію не таке суттєве і становить у 7,0 та 1,16 разів відповідно.

Зростання концентрації водорозчинного катіону магнію у засоленому ґрунті під час оброблення розчинами солей можна пояснити обмінними реакціями, що сприяє до переходу магній-іону із нерозчинних форм у розчинні.

Найбільше зростання вмісту сульфатів відбувається в результаті контактування ґрунту із сульфатами магнію та цинку внаслідок привнесення даного аніону безпосередньо у складі самих розчинів солей. Зокрема внаслідок дії розчинів сульфатів магнію і цинку концентрація сульфат аніону зростає у 25 разів. Оброблення засоленого ґрунту калімагнезією призводить до зростання вмісту сульфатів у 5,7 рази. Щодо розчину хлориду кальцію, то у разі його застосування для знесолення ґрунтів відбуваються обмінні реакції, які і призводять до підвищення концентрації сульфатів у сім разів. Оброблення ґрунту ацетатом магнію знижує концентрацію сульфатів на 65 %.

Всі застосовані розчини солей сприяють витісненню катіону натрію із ґрунту. При цьому найбільш ефективними є розчини сульфату магнію і сульфату цинку. За умови застосування цих солей забезпечується зниження концентрації натрій-іону на 42 % та 61 % відповідно. Використання інших солей дозволяє зменшити вміст натрій іону таким чином: ацетат магнію на 27 %; калімагнезія на 19 %; хлорид кальцію на 10 %.

У випадку засолення ґрунтів супутньо-пластовими водами вміст калію залишається низьким. Ймовірно, що це відбувається внаслідок витіснення калію катіоном натрію із ґрунту. Зростання вмісту калію зафіксовано тільки у випадку безпосереднього його привнесення разом із калімагнезією: концентрація цього іону різко зростає від 130 мг/кг у вихідному зразку до 9600 мг/кг у обробленому ґрунті. У всіх інших випадках вміст калію залишається практично на рівні «вихідного» значення: ацетат магнію – 115,0 мг/кг; сульфат магнію – 119,0 мг/кг; сульфат цинку – 70,0 мг/кг; хлорид кальцію – 127,5 мг/кг.

На основі результатів проведених досліджень можна зробити висновок, що у випадку знесолення ґрунтів з метою підвищення рівня поживних елементів є доцільним додавання у невеликих кількостях мінеральних добрив, що містять катіон калію.

Зниження сумарного вмісту токсичних солей відбувається у випадку застосування сульфату цинку та сульфату магнію – на 36,13 % та 16,5 % відповідно. Слід зазначити, що при використанні сульфату цинку зростає концентрація щільного залишку на 18,7 %, сульфату магнію – на 61,1 %. При застосуванні інших розчинів вміст токсичних солей зростає наступним чином:

- при застосуванні ацетату магнію – на 110 %;
- при застосуванні калімагнезії – на 55,3 %;

- при застосуванні хлориду кальцію – на 113,4 %.

Концентрація щільного залишку при цьому також зростає:

- при обробленні ґрунту ацетатом магнію на 152 %;
- при обробленні ґрунту калімагnezією на 111 %;
- при обробленні ґрунту хлоридом кальцію на 72,8 %.

Таким чином, найбільш оптимальними є застосування сульфату цинку та сульфату магнію, проте, з точки зору токсичності цих солей, а також їх вартості доцільніше використання сульфат магнію.

На наступному етапі нами проведено дослідження із встановлення оптимальної концентрації сульфату магнію для оброблення засолених ґрунтів. Для цього готували розчини сульфату магнію з концентрацією солі 0,05 моль/дм³, 0,1 моль/дм³, 0,3 моль/дм³, 0,5 моль/дм³. Зразки ґрунту масою 60 г поміщали у конічні колби, заливали розчинами солі і перемішували протягом 30 хв. Після цього рідку фазу відфільтровували та визначали залишковий вміст водорозчинних іонів у ґрунті. Найбільш ефективним пониження вмісту токсичних солей було для оброблення ґрунтів розчином сульфату магнію з концентрацією 0,3 моль/дм³.

Таким чином, в результаті проведених досліджень встановлено, що оброблення засолених ґрунтів розчином сульфату магнію концентрацією 0,3 моль/дм³ сприяє зниженню вмісту хлоридів, натрію, кальцію; при цьому зростає вміст магнію та сульфатів, проте загальний вміст токсичних солей і щільного залишку в ґрунті зменшується на 60,9 % та 45,6 % відповідно. Отже, оброблення засолених ґрунтів розчином сульфату магнію сприяє їх знесоленню і може бути використане під час виконання робіт з рекультивациі.

У випадку виникнення аварійних розливів супутньо-пластових вод на ґрунт технологія знесолення ґрунтів повинна включати наступні роботи для мінімізації шкідливого впливу та ліквідації забруднення:

- збір та відкачування розлитих супутньо-пластових вод із ділянки;
- встановлення меж засоленої ділянки за результатом зовнішнього візуального огляду (ознаки засолення ґрунту – білий колір ґрунтів, пригнічення рослинного покриву);
- промивання засоленої ділянки прісною водою. Норма води для промивання складає 0,5 – 1,0 тис м³/га. Відведення води відбувається через систему дренажу у траншеї;
- промивання засоленої ділянки розчином сульфату магнію концентрацією 0,3 моль/дм³, за норми витрати 0,1 тис м³/га;
- встановлення контрольних точок із розрахунку 10 – 25 точок/га і відбирання проб для визначення фізико-механічних, хімічних і біологічних характеристик ґрунтів;
- внесення калійних та інших добрив на ділянку (за необхідності).

Для відновлення рН водної витяжки проводять гіпсування (якщо рН > 8,2) або вапнування (якщо рН < 5,5).

Після внесення реагентів за сприятливих погодних умов земельну ділянку засівають рослинами-галофітами. У жовтні вегетативну масу рослин скошують і прибирають з ділянки.

Після відбирання проб із контрольних точок та фонові проби проводять їх

аналіз. Виходячи із одержаних результатів досліджень в залежності від ступеня забруднення ґрунту, згідно з розрахованими нормами в нього вносять гіпс (або вапно), тирсу (солому), органічні добрива, а при позитивних результатах досліджень ґрунту – переорюють ділянку без внесення реагентів і залишають до весни.

Таким чином, нами удосконалено технологію знесолення ґрунтів, забруднених пластовими водами, із використанням розчину сульфату магнію, що дає змогу ефективно знизити вміст токсичних солей в ґрунті. Технологія знесолення ґрунтів впроваджена в ПАТ «Укрнафта» стандартом СОУ 90.0-00135390-128:2012 «Охорона довкілля. Технологія відновлення ґрунтів, засолених супутньо-пластовими водами» (наказ про впровадження стандарту № 68 від 28.02.2012 року) і застосовується на практиці під час проведення рекультиваційних робіт.

У випадку встановлення нестічного характеру водоїм пропонуємо проводити ліквідацію засоленості шляхом постійного відбору високомінералізованих вод із дна водоїми. Така вода може бути використана в системах підтримання пластового тиску на родовищі. В процесі відбору вод відбуватиметься поступова заміна високомінералізованих вод прісними водами поверхневого стоку. Таким чином, з часом мінералізація води кратера свердловини зменшуватиметься аж до досягнення безпечних значень концентрацій мінералізації води.

За результатами аналітичних досліджень встановлено, що донні проби води кратера свердловини 5 містять мехдомішки концентрацією 245 мг/дм^3 (за нормативного значення – 50 мг/дм^3).

У зв'язку із невідповідністю показників якості вод вимогам СОУ 09.1-00135390-150:2013 «Вода для заводнення нафтових покладів. Технічні вимоги» виникає необхідність у проведенні попередньої підготовки води кратера перед скиданням до системи підтримання пластового тиску.

Запропоновано принципову схему підготовки вод кратера свердловини 5 до закачування в систему підтримання пластового тиску Рибальського родовища (рисунок 14), яка передбачає:

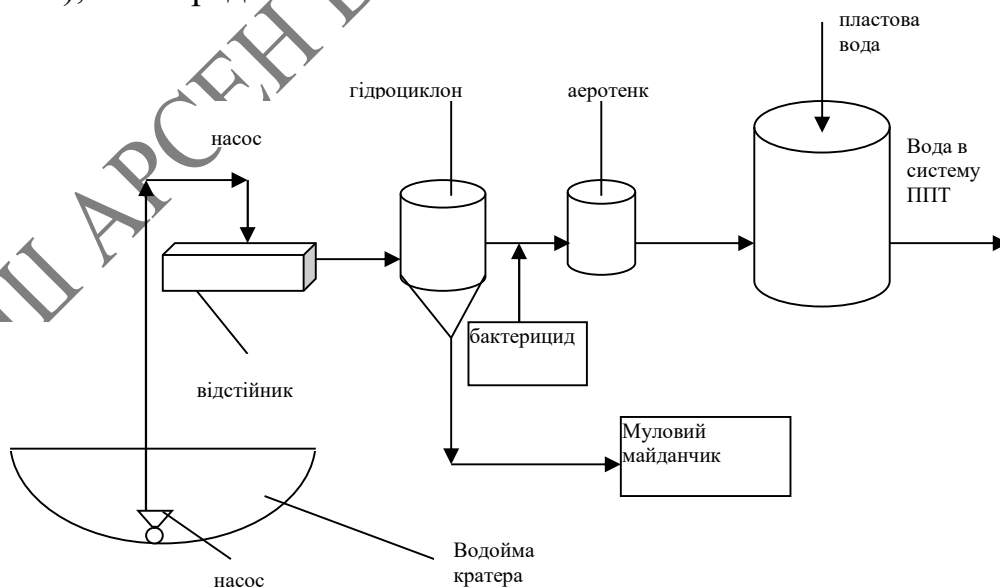


Рис. 14. Принципова схема очищення води з кратера свердловини 5

- організацію водозабору із дна водойми;
- очищення вод від завислих частинок за допомогою відстійника та гідроциклону;
- оброблення води бактерицидом;
- окислення розчиненого у воді сірководню до сульфатів киснем повітря;
- змішування вод із водою, що закачується до покладів Рибальського родовища;
- видалення мулу з гідроциклону на муловий майданчик для подальшого зневоднення.

Враховуючи те, що заводнення покладів Рибальського родовища частково проводиться із спеціальних водозабірних свердловин, річна економія води, яка використовується для заводнення, може становити 6,5 % – 10 %.

Таким чином, зниження мінералізації вод кратера свердловини 5 Рибальського родовища дозволить не лише ліквідувати потенційно екологічно небезпечний об'єкт, а й заощадити використання свіжої води для закачування у поклади.

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що переважна більшість вітчизняних нафтогазових родовищ є виснаженими і перебувають на завершальній стадії розробки. Особливістю, завершальної стадії є те, що видобування пластових флюїдів потребує все більших капіталовкладень. При цьому кількість товарної продукції зменшується, обсяги видобутої рідини збільшуються, зростають затрати на утилізацію супутніх пластових вод, що можуть становити значну екологічну небезпеку.

2. Обґрунтовано можливість довготривалого впливу на довкілля після завершення розробки нафтогазових родовищ, виведення з експлуатації та/або ліквідації об'єктів нафтогазового комплексу. На прикладі Бориславського родовища доведено, що розроблення родовищ на завершальній стадії та виведення їх з розробки може мати суттєві екологічні наслідки і потребує детального вивчення, з точки зору впливу на довкілля. Встановлено, що найбільш ефективним заходом зменшення впливу на навколишнє середовище є перехоплення та максимального вилучення пластових флюїдів із глибинних горизонтів нафтонасичених порід до їх виходу на денну поверхню.

3. Встановлено, що внаслідок виникнення аварійної ситуації за рахунок потрапляння пластових вод на поверхню на території нафтогазових родовищ можливе формування техногенних мероміктичних водойм. Підтвердженням цього є кратер свердловини № 5 на Рибальському нафтовому родовищі. Загальна мінералізація води кратера зростає за лінійною залежністю з глибиною водойми, аналогічна залежність характерна для вмісту хлорид-іону.

4. Встановлено, що за наявності у досліджуваних водах тісних кореляційних зв'язків у парі хлориди-мінералізація, а також тісних або середньої сили зв'язків у парах натрій-хлориди, натрій-мінералізація, кальцій-хлориди, кальцій-мінералізація природні води зазнають впливу пластових вод. Такий вплив може бути зумовлений як техногенними, так і природними шляхами надходження пластових вод. Кореляція між вмістом хлорид-іону та загальною мінералізацією

води не залежить від величини загальної мінералізації, у той час як для гідрокарбонат та сульфат іонів кореляція є більш характерною для вод із низькою мінералізацією води.

5. Встановлено, що у незасолених ґрунтах найбільшого впливу в залежності від вмісту інших макрокомпонентів у ґрунтах зазнають концентрації гідрокарбонатів, кальцію, магнію, рН та токсичних солей. Отримані нами залежності для цих складових ґрунту добре корелюють із значеннями, отриманими шляхом натурних замірів. Менш тісні кореляційні зв'язки між змодельованими та реальними значеннями у ґрунтах першої групи зафіксовано для вмісту хлоридів та сульфатів. Помірний кореляційний зв'язок між модельними та реальними значеннями зафіксовано для концентрацій натрію, щільного залишку та нафтопродуктів. Для вмісту калію лінійна багатофакторна залежність у ґрунтах першої групи відсутня.

6. Встановлено, що у ґрунтах з вмістом токсичних солей понад 500 мг/кг тісні кореляційні зв'язки між модельними та реальними значеннями вмісту макрокомпонентів у ґрунтах встановлено для вмісту хлоридів, кальцію, магнію, натрію, калію, щільного залишку, токсичних солей. Помірний кореляційний зв'язок між розрахованими значеннями та значеннями, визначеними аналітично, встановлено для водневого показника рН, концентрацій гідрокарбонатів, сульфатів. Регресійна залежність для ґрунтів другої групи відсутня для вмісту нафтопродуктів.

7. Удосконалено технологію розсолення ґрунтів забруднених пластовими водами із використанням розчину сульфату магнію, застосування якої дозволяє більш ефективно знизити вміст токсичних солей в ґрунті. Технологія розсолення ґрунтів впроваджена в ПАТ «Укрнафта» стандартом СОУ 90.0-00135390-128:2012 «Охорона довкілля. Технологія відновлення ґрунтів, засолених супутньо-пластовими водами» (наказ про впровадження стандарту № 68 від 28.02.2012 року) і застосовується на практиці у ході проведення рекультиваційних робіт.

8. Розроблено технологію ліквідування засолення водойми кратера свердловини 5 Рибальського родовища. Зокрема, встановлено сумісність вод кратера із пластовими водами родовища та запропоновано принципову технологічну схему підготовки води кратера свердловини 5 Рибальці для подальшого використання в системі підтримання пластового тиску. Зниження мінералізації вод кратера свердловини 5 Рибальського родовища дозволить не лише ліквідувати потенційно екологічно небезпечний об'єкт, а й заощадити на 6,5 % – 10 % використання свіжої води для закачування у поклади.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Колективна монографія:

1. Використання поверхнево-активних речовин в процесах нафтовидобутку на родовищах ВАТ «Укрнафта» / В. Михайлюк, М. Рудий [А. Пукіш та ін.]; НДПІ ВАТ «Укрнафта». Івано-Франківськ, ПП «Галицька друкарня ПЛЮС», 2009. 399 с. *Здобувачем описано основні потенційні впливи на довкілля в результаті здійснення технологічних операцій та виникнення аварійних ситуацій під час виконання робіт з інтенсифікації видобування нафти і газу.*

Публікації у фахових виданнях:

2. Екологічний гідромоніторинг в межах впливу газопереробних виробництв / Хомин В.Р., Дригулич П.Г., Пукіш А.В., Мельник О.Д. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*. 2009. № 1 (30). С. 93-99.

Здобувачем проведено аналіз потенційних джерел надходження забруднюючих речовин, визначено та сформовано перелік показників для проведення досліджень. Сформовано висновки щодо стану компонентів довкілля.

3. Дослідження техногенного забруднення геологічного середовища в районі Гнідинцівського ГПЗ / Маєвський Б.Й., Дригулич, П.Г., Пукіш Т.М., Хомин В.Р., Пукіш, А.В. *Науковий вісник ІФНТУНГ*. 2009. № 3(21). С. 144-152.

Здобувачем проведено польові дослідження, сформульовано концепцію потенційних екологічних наслідків процесів підготовки нафти.

4. Дослідження впливу на навколишнє середовище місць зберігання нафтошламів / А.В. Троценко, П.Г. Дригулич, А.В. Пукіш. *Науковий вісник ІФНТУНГ*. 2010. №1(23). С. 171–177.

Здобувачем здійснено планування місць розташування точок відбирання проб, проведено аналіз та узагальнення отриманих результатів досліджень, надано рекомендації щодо поводження з нафтовмісними відходами.

5. Дослідження стану ґрунтового покриву в районі розташування місць зберігання нафтошламів / А.В. Троценко, П.Г. Дригулич, В.Й. Сенічак, А.В. Пукіш. *Проблеми нафтогазової промисловості*. 2010. № 8. С. 224-229.

Здобувачем проведено польові дослідження, визначено найбільш проблемні аспекти забруднення ґрунту.

6. Дригулич П.Г., Пукіш А.В. Дослідження стану загазованості території Бориславського нафтового родовища *Науковий вісник ІФНТУНГ*. 2011. № 4(30). С. 71–76.

Здобувачем проведено аналіз результатів замрів концентрацій вуглеводневих газів у приземному шарі атмосферного повітря, визначено ділянки, що характеризуються найвищим рівнем загазованості.

7. Перспективи вдосконалення законодавства у сфері поводження з відходами у нафтогазовому комплексі України / П.Г. Дригулич, А.В. Пукіш, М.П. Шпек. *Нафтова і газова промисловість*. 2012. № 3. С. 55-58.

Здобувачем визначено проблемні аспекти та запропоновано законодавчі механізми мінімізації впливу на довкілля відходів нафтогазової промисловості.

8. Дригулич П.Г., Пукіш А.В. Проблеми урбанізованих територій під час розробки нафтогазових родовищ (на прикладі міста Борислава). *Нафтогазова галузь України*. 2013. №. 2. С. 44-49.

Здобувач здійснив формування та аналіз причин виникнення загазованості, визначив джерела надходження вуглеводневих газів, розробив класифікацію джерел еманції вуглеводневих газів на денну поверхню.

9. Дослідження нових деемульгаторів для утилізації нафтовмісних відходів / Я.М. Семчук, Я.О. Адаменко, П.Г. Дригулич, А.В. Пукіш. *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування*. 2014. № 2. С. 22-28.

Здобувачем проведено експериментальні дослідження нафти та пластових вод, розроблено рекомендації щодо утилізації відходів.

10. Аналіз заходів щодо зниження рівня загазованості міста Борислава / А.В. Пукіш, П.Г. Дригулич, Я.О. Адаменко. *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування*. 2015. №1(11). С. 70–75.

Здобувачем розроблено класифікацію заходів щодо зниження загазованості та визначено найбільш ефективні з них.

11. Моніторингові дослідження під час проведення гідророзривів пластів у слабопроникних флішових відкладах / Хомин В.Р., Пукіш А.В., Дригулич П.Г. Броніцька Н.В. *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування*. 2015. № 2(12). С. 63-68.

Здобувачем обґрунтовано періодичність відбирання проб, обґрунтовано місія розташування спостережних свердловин.

12. Проблемні аспекти поводження з насосно-компресорними трубами, що забруднені природними радіонуклідами / П.Г. Дригулич, А.В. Пукіш, В.А. Новоставський, М.П. Шпек. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*. 2015. №3. С. 134-139.

Здобувачем проведено обстеження технологічного обладнання для транспортування водно-нафтової емульсії, пластових вод, зроблено висновки стосовно місць накопичення радіонуклідів у технологічному обладнанні.

13. Проблеми поводження з небезпечними відходами у нафтогазовій галузі України / В.О. Заєць, В.В. Дмитрик, П.Г. Дригулич, А.В. Пукіш. *Нафтогазова галузь України*. 2017. №1. С. 32–36.

Здобувачем запропоновано шляхи раціонального поводження з відходами процесів транспортування та підготовки нафти і газу.

14. Пукіш А.В. Дослідження особливостей формування фізико-хімічного складу поверхневих та підземних вод в межах нафтового родовища. *Нафтогазова галузь України*. 2017. №2. С. 36–38.

15. Пукіш А.В. Дослідження особливостей катіонно-аніонного складу поверхневих та підземних вод в межах нафтового родовища. *Нафтогазова галузь України*. 2017. №4. С. 38–41.

16. Пукіш А.В. Дригулич П.Г. Екологічні аспекти відновлення вуглеводневих покладів. *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування*. 2017. № 2. С. 5-10.

Запропоновано та обґрунтовано концепцію потенційного забруднення довкілля пластовими флюїдами після завершення розробки нафтогазових покладів.

Публікації у виданнях, що входять до міжнародних науково-метричних баз:

17. An assessment of the influence of the main oil industry technological processes on the environment / Mandryk O. M., Pukish A. V., Mykhailiuk Y. D. *AGH Drilling, Oil, Gas*. 2015. T. 32. №. 4. С. 723–729. (Index Copernicus)

Здобувачем проаналізовано основні технологічні процеси видобування нафти і газу. Розроблено класифікацію впливів на довкілля відповідно до етапів розробки родовищ. Визначено найбільш екологічнонебезпечні технологічні процеси.

18. Negative consequences of long-term oil and gas production on example of Boryslav oilfield / O.Mandryk, A. Pukish, P. Drygulych, A. Zelmanovych. *Scientific Bulletin Series D: Mining, Mineral Processing, Non-Ferrous Metallurgy, Geology and Environmental Engineering*. 2016. №30(2). С. 101–111. (ProQuest, EBSCO, Erih Plus)

Здобувачем сформульовано теоретичні основи особливостей міграції пластових флюїдів на денну поверхню, проведено польові дослідження, їх обробку, побудована карта загазованості м. Борислав, сформульовано висновки роботи.

19. Formation peculiarities of physical and chemical composition of highly mineralized edge water / O. Mandryk, A. Pukish, A. Zelmanovych. *Mining of Mineral Deposits*. 2017. №11. С. 72–79. (Web of Science Core Collection)

Здобувачем досліджено фізико-хімічний склад пластових вод, проведено статистичну обробку отриманих даних, зроблено висновки про особливості та закономірності формування катіонно-аніонного складу вод.

20. Theoretical and methodological foundations of sustainable development of Geosystems / O. M. Mandryk, L. M. Arkhyrova, A. V. Pukish та ін. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2017. №200(No. 1). С. 1–5. (Scopus)

Здобувач приймав участь у розробленні об'єктно-суб'єктної структури гідроекології.

21. Pukish A. Study of the restoration features of soils that were influenced by formation waters. *Scientific Bulletin Series D: Mining, Mineral Processing, Non-Ferrous Metallurgy, Geology and Environmental Engineering*. 2017. №31(2). С. 71–76. (ProQuest, EBSCO, Erih Plus)

22. Pukish A. Pedological processes in technosoils / A. Pukish, Y. Adamenko, M. Coman. *Scientific Bulletin Series D: Mining, Mineral Processing, Non-Ferrous Metallurgy, Geology and Environmental Engineering*. 2018. №32(1) С. 73–79. (ProQuest, EBSCO, Erih Plus)

Здобувачем проведено експериментальні та польові дослідження, проведено статистичне оброблення отриманих результатів, визначено емпіричні залежності вмісту макроіонів у ґрунтах.

23. Pukish A. Study of formation features of technogenic meromictic reservoirs within the oilfields territory. // *Journal of new technologies in environmental science*. 2018. №2. С. 84–89. (Index Copernicus)

Патенти на корисну модель:

24. Патент на корисну модель № 122650 U Україна, МПК G01N 33/18. Спосіб визначення впливу високомінералізованих пластових вод на природні води / Пукіш А.В., Мандрик О.М.; заявник і патентовласник Івано-Франків. нац. техн. ун-т нафти і газу. - № у 2016 13137 ; заявлено 22.12.16 ; опубл. 25.01.18, Бюл. № 2. – 4 с.

Здобувачем сформульовано загальну концепцію впливу пластових вод на природні води, проведено експериментальні дослідження, статистичну обробку результатів досліджень.

25. Патент на корисну модель № 134891 U Україна, МПК C01F 5/40 (2006.01) G01N 33/18 (2006.01). Спосіб відновлення забруднених пластовими водами ґрунтів з

використанням сульфату магнію патент / Мандрик О.М.; Пукіш А.В., Сидоренко О.І. заявник і патентовласник Івано-Франків. нац. техн. ун-т нафти і газу. - № у 2018 12857; заявлено 26.12.18 ; опубл. 10.06.19, Бюл. № 11. – 4 с.

Здобувачем сформульовано загальну концепцію відновлення засолених пластовими водами ґрунтів, проведено експериментальні дослідження, визначено порядок проведення робіт.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

26. Оцінка впливу на навколишнє середовище місць зберігання нафтошламів / А. Троценко, П. Дригулич, А. Пукіш, О. Максимчук 4-та науково-практична конференція “Проблеми та перспективи розвитку нафтогазової галузі України”, (4-8 жовтня 2010 р., м. Ялта, АР Крим): зб. тез доп. Ялта, 2010 С. 29-30.

27. Проблеми загазованості територій під час розробки нафтогазових родовищ на прикладі міста Борислава / П. Дригулич, А. Пукіш: Другий міжнародний форум нафтовиків, (29-30 серпня 2013 р., Борислав): зб. тез доп. Борислав, 2013. С. 18-20.

28. Проблемні аспекти поводження з обладнанням та НКТ, що містять NORM / П. Дригулич, А. Пукіш: Всеукраїнська науково-технічна конференція «Нафта і газ. Наука – освіта – виробництво: шляхи інтеграції та інноваційного розвитку», (8-9 травня 2015 р., Дрогобич): зб. тез доп. Дрогобич, 2015. С 69-73.

29. Вплив основних технологічних процесів у нафтовій промисловості на довкілля / О. Мандрик, А. Пукіш, О. Сидоренко: Міжнародна науково-технічна конференція “Перспективи нарощування ресурсної бази нафтогазової енергетики” (25-27 травня 2016 р., Івано-Франківськ): зб. тез доп. Івано-Франківськ, 2016. С. 304-306.

30. Пукіш А.В. Дослідження особливостей забруднення ґрунтового покриву пластовими водами: Міжнародна науково-практична конференція «Екогеофорум-2017. Актуальні проблеми та інновації», (22-25 березня, Івано-Франківськ): зб. тез доп. Івано-Франківськ, 2017 С. 232-233.

31. Пукіш А.В. Особливості екологічних проблем під час експлуатації родовищ на завершальній стадії розробки: IV Міжнародна науково-практична конференція «Екологія і природокористування в системі оптимізації відносин природи і суспільства», (27-28 квітня 2017 р., Тернопіль): зб. тез доп. Тернопіль, 2017. С. 94-96.

Праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

32. Правові колізії реалізації державної екологічної експертизи в нафтогазовому комплексі України / П. Дригулич, А. Пукіш, М. Шпек. *Підприємництво, господарство і право*. 2011. №5. С. 73–77. (видання фахове на юридичні та економічні науки).

Здобувачем проведено аналіз чинних законодавчих актів, висвітлено недосконалість окремих положень нормативних документів, запропоновано шляхи удосконалення законодавства.

33. Pukish A. Regarding the modern analyse methods for characterisation the salty soils in Ukraine / A. Pukish, Y. Adamenko, M. Coman. *Wulfenia journal*. (ISSN:1561-882X) 2017. P. 124–132.

Здобувачем проведено відбирання проб, експериментальні дослідження, побудовано регресійні залежності, отримано емпіричні формули, сформульовано висновки роботи.

Нормативні документи:

34. СОУ 90.0-00135390-128:2012 "Охорона довкілля. Технологія відновлення ґрунтів, засолених супутньо-пластовими водами" (наказ про впровадження стандарту № 68 від 28.02.2012 року), Івано-Франківськ, - 2012 (керівник розробки Пукіш А.В.)

Здобувач здійснював загальне керівництво розробкою документа, планування та проведення експериментальних досліджень, розроблення рекомендацій та ґрунтоохоронних заходів, визначення порядку проведення робіт.

АНОТАЦІЯ

Пукіш А.В. Науково-практичні основи захисту довкілля під час розробки нафтогазових родовищ України на завершальній стадії. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека. Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. Спеціалізована вчена рада Д 20.052.05.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню науково-прикладної проблеми – мінімізації впливу на довкілля нафтогазових родовищ на завершальній стадії розробки шляхом розроблення заходів щодо захисту навколишнього середовища.

В роботі обґрунтовано можливість довготривалого впливу на довкілля після завершення розробки нафтогазових родовищ, виведення з експлуатації та/або ліквідації об'єктів нафтогазового комплексу. На прикладі Бориславського родовища доведено, що розроблення родовищ на завершальній стадії та виведення їх з розробки може мати суттєві екологічні наслідки і потребує детального вивчення, з точки зору впливу на довкілля. Побудовано карту загазованості приземного шару атмосфери за результатами натурних замірів концентрацій вуглеводневих газів у атмосферному повітрі, визначено зони їх високих концентрацій. Запропоновано заходи з попередження виходу пластових флюїдів на денну поверхню.

Встановлено, що внаслідок виникнення аварійної ситуації за рахунок потрапляння пластових вод на поверхню на території нафтогазових родовищ можливе формування техногенних мероміктичних водойм. Загальна мінералізація води зростає за лінійною залежністю із глибиною такої водойми; аналогічна залежність характерна для вмісту хлорид-іону.

Встановлено гідрохімічний зв'язок пластових та природних прісних поверхневих і підземних вод внаслідок експлуатації нафтогазового родовища шляхом розрахунку значень попарних кореляційних зв'язків між іонами водорозчинних солей, характерних для пластових вод та «фонових» прісних вод.

Отримані закономірності поширення іонів у пластових та природних водах дозволили запропонувати спосіб встановлення наявного впливу пластових вод на підземні прісні водоносні горизонти та поверхневі води, за низьких значень мінералізації води.

Встановлено регресійні залежності між основними іонами у засолених і незасолених ґрунтах, що дозволило створити наукові засади розробки методу знесолення забруднених пластовими водами ґрунтів із застосуванням розчину сульфату магнію у ході проведення рекультиваційних робіт.

У незасолених ґрунтах найбільшого впливу в залежності від вмісту інших макрокомпонентів у ґрунтах зазнають концентрації гідрокарбонатів, кальцію, магнію, рН та токсичних солей, отримані нами залежності для цих складових ґрунту дуже добре корелюють із значеннями отриманими шляхом натурних замірів. Менш тісні кореляційні зв'язки між змодельованими та реальними значеннями у в ґрунтах першої групи зафіксовано для вмісту хлоридів та сульфатів. Помірний кореляційний зв'язок між модельними та реальними значеннями зафіксовано для концентрацій натрію, щільного залишку та нафтопродуктів. Для вмісту калію лінійна багатофакторна залежність у ґрунтах першої групи відсутня.

У ґрунтах з вмістом токсичних солей понад 500 мг/кг тісні кореляційні зв'язки між модельними та реальними значеннями вмісту макрокомпонентів у ґрунтах встановлено для вмісту хлоридів, кальцію, магнію, натрію, калію, щільного залишку, токсичних солей. Помірний кореляційний зв'язок між розрахованими значеннями та значеннями визначеними аналітично встановлено для концентрацій рН, гідрокарбонатів, сульфатів. Регресійна залежність у ґрунтах другої групи відсутня для вмісту нафтопродуктів.

Запропоновано спосіб відновлення засолених ґрунтів, що зазнали впливу пластових вод, із застосуванням розчину сульфату магнію; визначено оптимальні концентрації розчину для найбільш ефективного застосування, встановлено послідовність виконання технологічних операцій. Розроблено СОУ 90.0-00135390-128:2012 «Технологія відновлення ґрунтів, засолених супутньо-пластовими водами» (наказ про впровадження стандарту № 68 від 28.02.2012 року).

Розроблено технологію знесолення мероміктичних водойм. Зокрема, встановлено сумісність вод кратера свердловини 5 із пластовими водами Рибальського родовища та запропоновано принципову технологічну схему підготовки води вказаного кратера для подальшого використання в системі підтримання пластового тиску Рибальського родовища.

Практична цінність отриманих в роботі результатів підтверджується результатами промислових випробувань, двома патентами на корисну модель, розробленими нормативними документами та актами впровадження результатів дисертаційної роботи у виробничі процеси.

Ключові слова: загазованість, пластові води, засолення, довкілля, відновлення ґрунтів.

ABSTRACT

Pukish A. V. Scientific and practical fundamentals of environmental protection during the development of oil and gas fields of Ukraine at the final stage. – Qualification scientific paper, manuscript.

Thesis for the degree of doctor 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, 2019. Specialized Academic Council D 20.052.05.

The relevant scientific and practical task of minimizing the environmental impact of oil and gas fields at the final stage of development was solved in the thesis by developing measures for environmental protection.

The possibility of long-term environmental impact after completion of oil and gas fields development, decommissioning and/or liquidation of oil and gas complex objects was justified. On the example of Boryslav field it was proved that the development of the fields at the final stage and their withdrawal from development can have significant environmental consequences and requires detailed study from the point of view of environmental impact. A map of gas pollution of the atmosphere surface layer was built based on the results of natural measurements of hydrocarbon gases concentrations in the atmospheric air, and the zones of high concentrations were determined. Measures for preventing the reservoir fluids broaching on the surface were proposed.

The interconnections between reservoir water ions were studied. The results of the calculations show that there is a strong direct correlation between the total mineralization of water and the concentration of sodium and calcium cations (correlation coefficients are 0,97 and 0,82 respectively), and anion chloride (correlation coefficient is 0,99). Respectively, a strong correlation is also observed between anion chloride and calcium anion (correlation coefficient is 0,84), anion chloride and sodium cation (correlation coefficient is 0,96). Calcium and sodium cations have a moderate direct relationship (correlation coefficient is 0,67), which is close to the value of strong one (0,70). Similarly, an inverse moderate relationship is observed between calcium cation and sulfate anion (-0,63). In this case the closeness of the correlation relationship also approaches the value of strong one.

The author determined that the formation of man-made meromictic reservoirs is possible as a result of an emergency due to reservoir water reaching the surface within oil and gas fields. Moreover, the total mineralization of water increases linearly with the increasing of the reservoir depth. A similar dependence is characteristic of the chloride ion content.

Hydrochemical relationship between reservoir and natural fresh surface and groundwater due to the exploitation of the oil and gas field was determined by calculating the values of pairwise correlation between the water-soluble ions characteristic of the reservoir water and the "background" freshwater.

Obtained regularities of ion propagation in reservoir and natural waters allowed to offer a method of determining the presence of reservoir water influence on underground fresh water-bearing horizon and surface waters at low values of water mineralization.

Regression dependences were determined between the main ions in saline and non-saline soils, which made it possible to make scientific fundamentals for the development of the desalinizing method of soils that were contaminated with reservoir waters with the use of magnesium sulfate solution during the reclamation works.

In non-saline soils the concentrations of hydrocarbonates, calcium, magnesium, pH, and toxic salts undergo the greatest influence depending on the content of other macro components in soils. The dependences obtained for these soil components correlate very well with the values obtained by field measurements. Less correlation between the simulated and real values in the soils of the first group was fixed for the chloride and sulfate content. A moderate correlation between model and real values was fixed for concentrations of sodium, dense residue and oil products. There is no linear multivariate

dependence for potassium content in soils of the first group.

A strong correlation between model and real values of the content of macro components in soils with toxic salts content higher than 500 mg / kg was determined for the content of chlorides, calcium, magnesium, sodium, potassium, dense residue, toxic salts. A moderate correlation was determined between the calculated values and the values defined analytically for concentrations of pH, hydrocarbons, sulfates. The regression dependence in the soils of the second group was absent for the oil products content.

The method of restoration for saline soils exposed to reservoir waters with the use of magnesium sulfate solution was proposed, the optimum concentration of the solution for the most effective application was determined, the sequence of technological operations was determined. The optimum washing time of the soil salted by reservoir waters is 1200 s. In general, during one cycle of washing the concentration of hydrocarbonates is reduced by 28%, chlorides by 38%, calcium by 36%, sulfate content by 13%, sodium content by 32%, dense residue by 29%, toxic salts content by 35%, magnesium content remained unchanged.

The conducted studies showed that the treatment of saline soils with a solution of magnesium sulfate at a concentration of 0,3 mol/dm³ helps to reduce the content of chlorides, sodium, calcium, while the content of magnesium and chlorides increases, but the total content of toxic salts and dense residue in the soil decreases by 60,9% and 45,6% respectively.

The method of restoration for saline soils exposed to reservoir waters with the use of magnesium sulfate solution was proposed, the optimum concentration of the solution for the most effective application was determined, the sequence of technological operations was determined. SOU 90.0-00135390-128: 2012 "Technology of restoration of soils salted by concomitant reservoir waters" was developed (order on implementation of standard No. 68 from 28.02.2012).

The technology of elimination of meromictic reservoirs salinization was developed. In particular, the compatibility of the crater waters with the reservoir waters of Rybalske field was determined, basic technological scheme of preparation of the crater water for further use in the system of reservoir pressure support of Rybalske field was proposed.

The practical significance of the results obtained in the thesis is proved by the results of industrial tests, two utility model patents, developed normative documents and acts of implementation of the dissertation thesis results in production processes.

Key words: gas pollution, reservoir waters, salinization, environment, soil restoration.