

502,51
С12

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



САБАН ВІТАЛІЙ ЗІНОВІЙОВИЧ

+504.61:622.276

УДК : 502.51+556.388 +622.276(477.86) (043)

С12

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ЗМЕНШЕННЯ ТЕХНОГЕННОГО
ЗАБРУДНЕННЯ ГІДРОСФЕРИ НА КІНЦЕВІЙ СТАДІЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ
НАФТОВИХ РОДОВИЩ
(на прикладі Долинського нафтового родовища)

21.06.01 – екологічна безпека

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дисертацією є рукопис.

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

Науковий керівник:

доктор технічних наук, професор **Семчук Ярослав Михайлович**,
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
завідувач кафедри безпеки життєдіяльності, м. Івано-Франківськ.

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, доцент **Петрушка Ігор Михайлович**, Національний
університет "Львівська політехніка", завідувач кафедри екологічної безпеки
та природоохоронної діяльності, м. Львів;

кандидат технічних наук **Анпілова Євгенія Сергіївна**, Інститут
телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України,
старший науковий співробітник відділу природних ресурсів, м. Київ.

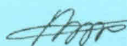
Захист відбудеться « 17 » грудня 2014 р. о 14 год. на засіданні спеціалізованої вченої
ради Д 20.052.05 при Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і
газу за адресою: 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15.

З дисертацією можна ознайомитись у науково-технічній бібліотеці Івано-Франківського
національного технічного університету нафти і газу за адресою: 76019, м. Івано-Франківськ,
вул. Карпатська, 15.

Автореферат розісланий « 15 » листопада 2014 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради Д 20.052.05,

доктор геологічних наук, доцент



Хомин В.Р.

**ГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ**

an2498 роботи. Розробка нафтових родовищ на кінцевій стадії експлуатації призводить до порушення екологічної рівноваги, що у свою чергу зумовлює забруднення атмосфери, рослинного шару, ґрунтів, поверхневих і ґрунтових вод.

При розробці нафтових родовищ існує надзвичайно багато джерел техногенного забруднення водоносних горизонтів нафтою та продуктами її переробки, зворотними пластовими водами. Основні шляхи потрапляння забруднення у навколишнє середовище – системи для підтримки пластового тиску, витoki і розливи з трубопроводів та підземних сховищ, пориви нафтопроводів та трубопроводів нафтопромислових стічних вод, літологічні вікна, тектонічні порушення, утворення воронок та заколонні перетоки. При попаданні мінералізованих вод у водоносні горизонти відбуваються глибокі незворотні зміни морфологічних, фізико-хімічних та мікробіологічних властивостей поверхневих та ґрунтових вод, що істотно впливають на їхню біологічну активність.

Проблема сольового забруднення ґрунтових вод має місце у межах Долинського нафтогазопромислового району у якому переважна більшість нафтових родовищ знаходиться на завершальній стадії розробки. Зокрема, факт формування ареалу сольового забруднення зафіксовано у селі Діброва в межах якого розробляється Долинське нафтове родовище. Вміст солей у колодязях зріс до $16,5 \text{ г/дм}^3$, що призвело до неможливості споживання води.

Вирішення екологічної проблеми, яка пов'язана з експлуатацією нафтових родовищ, вимагало від автора дисертації удосконалення і розроблення нових природоохоронних методів та засобів для зменшення техногенного забруднення гідросфери Долинського нафтогазопромислового району, що зумовлює актуальність роботи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Вибраний напрямок дисертаційного дослідження відповідає “Концепції національної екологічної політики України на період до 2020 року”, а також науково-дослідній тематиці кафедри екології Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу, а власне, “Визначення сучасної екологічної ситуації та проведення екологічного аудиту території у межах рудних і нафтогазових родовищ” (тема №170/06).

Мета і завдання досліджень. *Метою дисертаційної роботи є проведення досліджень, розробка та впровадження у практику методів, природоохоронних заходів для зменшення техногенного забруднення гідросфери на кінцевій стадії експлуатації нафтових родовищ.*

Для досягнення цієї мети необхідно було виконати наступні завдання:

- 1) систематизувати і узагальнити накопичений матеріал щодо зменшення техногенного забруднення гідросфери у районах інтенсифікації видобутку нафти;
- 2) виконати фізико-хімічне моделювання у системі “зворотна пластова вода-порода” при поступленні забруднюючих компонентів “зверху”;

an 2497 - an 2498

3) оцінити вплив фільтраційних процесів на ґрунтовий потік методом моделювання концентрації сольового потоку у ґрунтових водах;

4) провести прогнозне математичне моделювання фільтраційно-міграційних процесів сольового забруднення у водоносному горизонті та його реалізацію у вигляді програмного продукту адаптованого під ЕОМ;

5) удосконалити та впровадити у практику технологію очистки зворотних пластових вод з метою захисту підземних водоносних горизонтів від техногенного забруднення.

Об'єкт дослідження. Процеси забруднення навколишнього середовища мінералізованими водами у процесі експлуатації нафтових родовищ Долинського нафтогазопромислового району на кінцевій стадії розробки.

Предмет дослідження. Зменшення техногенного забруднення підземних вод у районі розробки нафтових родовищ.

Методи дослідження. Методологічну основу дослідження складає комплекс, що включає аналіз сучасного стану екологічної ситуації у районі розробки нафтових родовищ; гідродинамічні методи встановлення фільтраційних параметрів поглинаючого горизонту; геохімічні методи, які включають відбір та аналіз проб ґрунтових та мінералізованих вод у районах видобутку нафти Долинського нафтогазопромислового району; методи математичного моделювання довготривалої міграції зворотних пластових вод у підземних водах; лабораторні методи, які включають технологію підготовки зворотних пластових вод до нагнітання у продуктивні горизонти нафтових родовищ Прикарпаття.

Фактичний матеріал. Вихідні дані для дисертаційної роботи отримані у результаті багаторічних досліджень автора при вивченні умов і факторів формування мінералізованих вод та їх вплив на довкілля. При підготовці дисертаційної роботи використані також фондові матеріали НГВУ “Долинанaftогаз”.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у наступному:

1. Вперше шляхом експериментальних досліджень конкретизовано фізико-хімічні процеси, які відбуваються у пласті внаслідок поступлення зворотних пластових вод “зверху”.

2. Дістав подальший розвиток метод гідрогеологічного моделювання прогнозу змін концентрації солей у водоносному горизонті при інфільтрації їх із амбару-накопичувача у ґрунтові води.

3. Вперше шляхом математичного моделювання створено комп'ютерну програму, яка дає змогу оперативно дослідити і отримати достовірну інформацію про інтенсивність вертикальної і горизонтальної міграції розсолів у пласті, ступінь сольового забруднення і площу його розповсюдження.

4. Удосконалено методи багатоступеневої очистки зворотних пластових вод на розробленій автором установці, що дозволяє повторно використовувати їх у системі підтримки пластового тиску.

Практичне значення одержаних результатів. Розв'язані у дисертаційній роботі завдання дають можливість зменшити шкідливий вплив зворотних пластових вод на навколишнє середовище, особливо на кінцевій стадії розробки нафтових

родовищ, зокрема запобігти сольовому забрудненню ґрунтових вод, які використовуються для питного водозабезпечення населених пунктів.

Результати теоретичних та експериментальних досліджень підтверджено фактичними даними, що були отримані здобувачем у процесі наукових досліджень Долинського нафтового родовища та лабораторних робіт у хімікоаналітичній лабораторії НГВУ “Долина нафтогаз”.

Народногосподарська та соціальна цінність виконаної роботи полягає у доведенні можливості безпечної утилізації зворотних пластових вод нафтових родовищ у виснажені розробкою поклади вуглеводнів, як один із ефективних методів підвищення екологічної безпеки.

Особистий внесок здобувача полягає у безпосередній його участі на всіх етапах виконання – від формування завдань і експериментальних досліджень до розробки проектів і їх впровадження. Здобувачем особисто вивчено, проаналізовано та узагальнено геоекологічні матеріали з питань охорони поверхневих та підземних вод від забруднень зворотними пластовими водами нафтогазовидобувних підприємств на кінцевій стадії розробки нафтових родовищ, а також розроблено комплекс методів та засобів підвищення екологічної безпеки. Основні ідеї, наукові положення і теоретичні висновки дисертації сформульовані та обґрунтовані здобувачем особисто. У випадках співавторства з Я.М. Семчуком, Б.Й. Масєвським, О.Д. Мельником основні положення останніх базувались на ідеях здобувача. Автор брав безпосередню участь у виконанні експериментальних досліджень, інтерпретації отриманих результатів, підготовці та формуванні висновків.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати дисертаційного дослідження доповідались та обговорювались на наступних конференціях: Всеукраїнська студентська наукова конференція “Геологія XXI століття. Міжнародний рік планети Земля” (Дніпропетровськ-Кривий Ріг, 21-24 квітня 2009 р.); Всеукраїнська наукова конференція молодих вчених “Сучасні проблеми геологічних наук” (Київ, 6-8 квітня 2009 р.); Міжнародна молодіжна наукова конференція “Планета – наш дім” (Алчевськ, Луганська область, 16 квітня 2010 р.); Міжнародна науково-технічна конференція “Еколого-економічні проблеми Карпатського Єврорегіону (ЕЕПКЄ-2011)” (Івано-Франківськ, 25 травня 2011 р.); Всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених і студентів “Безпека об’єктів нафтогазового комплексу” (Івано-Франківськ, 5-7 жовтня 2011 р.); Міжнародна науково-практична конференція “Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування” (Івано-Франківськ, 20-22 вересня 2012 р.); Міжнародна науково-практична конференція молодих учених та студентів “Техніка і прогресивні технології у нафтогазовій інженерії-2012” (Івано-Франківськ, 5-7 листопада 2012 р.); VI конференція молодих спеціалістів ПАТ “Укрнафта” “Вклад молодих спеціалістів Товариства в розвиток нафтогазового комплексу України” (Івано-Франківськ, 17-19 червня 2014 р.). У повному обсязі результати досліджень доповідались і обговорювались на засіданні кафедри безпеки життєдіяльності та науковому семінарі інженерно-екологічного факультету в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу (2010-2014 р.р.).

Публікації. Основні положення, викладені у дисертаційній роботі, опубліковані у 19 друкованих наукових виданнях, в т.ч. 8 статей у фахових виданнях, рекомендованих Департаментом атестації кадрів МОН України, 7-ми збірників матеріалів і тез Міжнародних та Всеукраїнських науково-технічних конференцій, 2 статті в іноземному науковому виданні. Отримано два патенти України.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних літературних джерел, додатків та викладена на 140 сторінках друкованого тексту. Дисертація містить 22 таблиці та 23 рисунки. Список використаних літературних джерел містить 162 найменування на 17 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність, мету та завдання роботи, об'єкт і предмет дослідження, розкрито наукову новизну і практичне значення одержаних результатів.

У першому розділі роботи на підставі аналізу літературних джерел окреслено етапи розв'язання проблеми охорони гідросфери від техногенного забруднення на кінцевій стадії експлуатації нафтових родовищ. Основи загальної концепції охорони гідросфери у районах інтенсифікації видобутку нафти викладені у роботах вітчизняних та закордонних вчених: Адаменка О.М., Барановського В.Д., Боревської Н.В., Борзакова Л.А., Бородавкіна П.П., Васильєва А.М., Веселкова С.В., Гаврилова І.Т., Говдяка Р.М., Гольдберга В.М., Кесельмана Г.С., Косаргина В.Г., Лебедева Б.Я., Леонова В.П., Лозоновської І.М., Панова Г.Є., Піковського Ю.І., Попова А.А., Порохова А.А., Рачевського Б.С., Серафьянова О.М., Семчука Я.М., Титова Н.А., Helfrich J.A., Hunt E.W., Jenkins T.F., Parker L.V. та інших вчених. Результати досліджень цих науковців дозволили закласти теоретичні основи та впровадити на практиці методи захисту поверхневих та ґрунтових вод у районах техногенного впливу нафтових родовищ.

Проте проблема, що розглядається є складною та багатогранною і ще далека від свого вирішення.

Одним із основних родовищ Долинського нафтогазовидобувного району є Долинське нафтове родовище, яке розробляється з 1950 року. Родовище приурочене до Внутрішньої зони Передкарпатського передового прогину, що обумовлює його складну тектонічну будову. Промислові поклади нафти належать до менілітових, вигодсько-бистрицьких та манявських відкладів, представлені пластами пісковиків і алевролітів, які розділяються між собою аргілітами або щільними алевролітами.

Долинське нафтове родовище знаходиться на завершальній стадії розробки. Експлуатація покладів родовища проводиться з використанням системи для підтримання пластового тиску методом закачки у пласт зворотних пластових вод (ЗПВ), які характеризуються підвищеним вмістом хімічних сполук, що перевищують значення ГДК у сотні, і навіть тисячі разів (табл. 1).

У межах розробки Долинського нафтового родовища було зафіксовано факт сольового забруднення мінералізованими розсолами прісного водоносного горизонту, який використовуються для забезпечення питною водою жителів села Діброва.

Фізико-хімічна характеристика зворотних вод, що закачуються у продуктивні пласти Долинського нафтового родовища (за матеріалами НГВУ “Долинанафтогаз”)

Показники, мг/дм ³	Хімічний склад води, що закачується у пласт, мг/дм ³	ГДК, мг/дм ³
Cl ⁻	24425,7	350,0
SO ²⁻ ₄	670,3	500,0
HCO ⁻ ₃	573,4	500,0
Ca ²⁺	841,6	350,0
Mg ²⁺	340,5	50,0
K+Na	15224,0	250,0
Мінералізація	41676,32	1000,0
Вміст нафтопродуктів	94,12	5,0
Вміст зважених частинок	300,0	5,0
pH	6,1	7,0

На основі проведених досліджень встановлено наявність високих концентрацій багатьох шкідливих компонентів, які присутні у ґрунтових водах і перевищують гранично допустимі концентрації (ГДК) для питних вод у сотні разів. Основними забрудниками є: сульфати, гідрокарбонати, хлориди, сполуки кальцію, магнію та інші.

Таким чином, забруднення поверхневих і ґрунтових вод зворотними водами призводить до того, що вони стають непридатними для господарського використання, а іноді і для технічних потреб. Це створює екологічну небезпеку, яка негативно впливає на здоров'я людини, а також тваринний і рослинний світ водою.

Для зменшення цього впливу визначено основні завдання дисертаційної роботи, які приведені вище та розв'язані у наступних розділах.

У другому розділі наведено методику досліджень і результати лабораторних експериментів, а саме зміну фізико-хімічних властивостей підземних вод в умовах техногенного впливу та проведено математичне моделювання прогнозу змін концентрації солей у водоносному горизонті при інфільтрації їх із амбару-накопичувача.

Експериментальні дослідження з контактування ЗПВ з різними породами проводили методом подачі-фільтрування ЗПВ “зверху”, оскільки вони закачуються з поверхні землі.

У дисертаційній роботі дослідження проводились з використанням трьох типів порід, які є характерними для досліджуваного регіону. У першому випадку розріз повністю складався з пісковиків; другий випадок – у пісковниках в якості домішок були присутні карбонати; третій – у якості домішок присутні глини.

У дослідженнях проводили зміну складу модельної води, що відповідала певним середнім значенням показників ЗПВ, а також використовували реальні ЗПВ відібрані із амбару-накопичувача.

Результати узагальнених показників експериментальних досліджень приведено у таблиці 2.

Таблиця 2

Результати експериментальних досліджень

№ п/п	Показники, мг/дм ³	Хімічний склад ЗПВ до початку експерименту, мг/дм ³	Експеримент - 1	Експеримент - 2	Експеримент - 3	Експеримент - 4	Експеримент - 5	Експеримент - 6						
									м о д е л ь					
									пісковик	карбонатно-глиниста		піщано-глиниста		
1	Ca ²⁺	795,5	754,2	763,4	781,2	789,8	779,7	785,6						
2	Mg ²⁺	315,4	261,4	273,7	294,4	301,9	289,3	298,5						
3	Cl ⁻	25253,1	23121,4	24799,7	24659,4	25189,9	24564,5	25131,1						
4	HCO ₃ ⁻	537,2	419,7	480,4	499,8	530,8	424,3	432,2						
5	SO ₄ ²⁻	250,2	232,2	241,5	247,3	249,4	245,1	248,7						
6	K+Na	12451,3	10735,4	11541,7	12111,4	12344,5	11988,8	12421,1						
7	Мінералізація	39341,6	36899,3	37574,3	38774,3	39211,1	38585,6	39123,4						
8	Нафтопродукти	35,1	-	28,6	-	32,2	-	30,4						
9	pH (одн.)	6,7	7,5	6,9	6,8	7,6	7,2	6,7						

У першому варіанті досліджень (Е-1, Е-2) аналіз показників ЗПВ показав, що подача ЗПВ, для яких характерним є незначний вміст сульфатів, у пласт пісковиків призводить до підвищення рН води – до значення 6,9. Зміна складу модельної води ЗПВ в експерименті частково позначилася на фізико-хімічних показниках підземних вод. Так, вміст Cl⁻ становив 23121,4 мг/дм³, SO₄²⁻ – 232,2 мг/дм³, а HCO₃⁻ складав у розчині 419,7 мг/дм³. Катіонний склад досліджуваного розчину характеризувався наступними показниками: K+Na – 10735,4 мг/дм³, Mg²⁺ – 261,4 мг/дм³, Ca²⁺ – 754,2. Мінералізація води при цьому становила – 36899,3 мг/дм³.

Аналіз складу реальних ЗПВ у першому варіанті після контактування з піщавою породою показав, що кількість хлоридів зменшилась від 25253,1 мг/дм³ до 24799,7 мг/дм³, що можна пояснити незначною сорбційною здатністю піщавика.

Другий варіант досліджень (Е-3, Е-4) відбувався за контактування ЗПВ з карбонатним модельним розрізом (керном) в який було додано глинистий матеріал. Результати досліджень показали, що склад ЗПВ істотно не змінився – сульфати та хлориди зменшились від 250,2 мг/дм³ до 249,4 мг/дм³ та від 25253,1 мг/дм³ до 25189,9 мг/дм³ відповідно. Проведені дослідження за умовами другого варіанту експерименту показали, що коли у системі присутній карбонат кальцію у кількості 0,0012 моль, спостерігається різке розчинення карбонатнатів породи, що стимулює

ріст концентрації кальцію у воді. У міру збільшення кількості додавання ЗПВ, вода, що формується при цьому процесі характеризується збільшенням рН з 6,7 до 7,6.

Дослідження з прокачування ЗПВ через третій тип модельного керну (Е-5, Е-6) характеризуються помітною зміною складу підземних вод. Вміст сульфатів у реальних ЗПВ зменшився з 537,2 мг/дм³ до 432,2 мг/дм³, а показник хлору суттєво не змінився. Мінералізація досліджуваної води дещо знизилась і наприкінці експерименту становила 39123,4 мг/дм³, водневий показник (рН) не зазнав зміни і становив 6,7 одиниць.

Таким чином, результати проведених досліджень вказують, що у підземній воді внаслідок її контакту із ЗПВ спостерігається підвищений вміст кальцію та магнію, що призводить до збільшення мінералізації води вище значення ГДК; внаслідок надходження незначних об'ємів ЗПВ хлоридно-натрієвого складу, підземні води набувають хлоридно-гідрокарбонатного натрієво-кальцієвого типу з невеликим показником мінералізації; в результаті взаємодії ЗПВ з прісними водами у водоносних горизонтах прослідковується збільшення концентрації сульфатів та кальцію вище ГДК, що призводить до збільшення їх мінералізації у еоценових відкладах.

Автором дисертаційної роботи проведено математичне моделювання прогнозу змін концентрації солей у водоносному горизонті при інфільтрації їх із амбару-накопичувача, який використовується для додаткового відстою зворотних пластових вод.

Загальний приплив мінералізованих вод із амбару Q_a у ґрунтові води розподіляється на два припливи q_1 і q_2 , які розділяються "вниз" і "вверх" по потоку.

Після змішування з природними ґрунтовими водами з витратою Q_n під амбаром утворюється розчин з мінералізацією C_0 , який рухається частково за течією потоку ($q_1 + Q_n$), а частково за рахунок дифузійних процесів, проти течії на незначну відстань ($q_2 - Q_n$) (рис. 1).

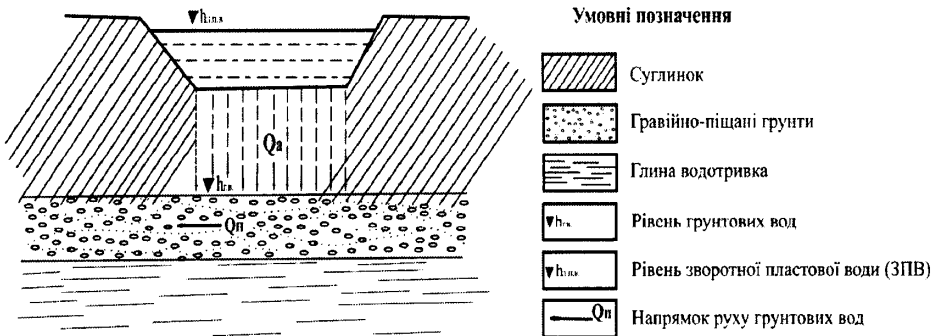


Рис. 1. Фільтраційна модель засолення ґрунтових вод

Враховуючи наведене, а також дослідження у роботі [В.М. Шестакова] складемо балансове рівняння витрат мінералізованих вод із амбару-накопичувача у ґрунтові води:

$$Q_a = q_1 + q_2 + n_n \cdot S_a \cdot \frac{dh_a}{dt}, \quad (1)$$

де h_a – середній рівень ґрунтових вод під амбаром-накопичувачем, м;
 n_n – пористість суглинків.

Тепер складемо рівняння сольового балансу, враховуючи, що приплив із амбару розповсюджується по обидві сторони потоку ґрунтових вод:

$$C_a Q_a = C_0 \cdot (q_1 + q_2) + C_0 \cdot n_n \cdot S_a \cdot \frac{dh_a}{dt} + n_0 \cdot S_a \cdot h_a \cdot \frac{dC_0}{dt}, \quad (2)$$

де n_0 – активна пористість ґрунтів.

Або, враховуючи вираз (1) отримаємо:

$$C_a Q_a = C_0 \cdot Q_a + n_0 \cdot S_a \cdot h_a \cdot \frac{dC_0}{dt}. \quad (3)$$

Позначимо:

$$\frac{C_0}{C_a} = \bar{c} \quad \text{і} \quad \frac{Q_a}{n_0 \cdot S_a \cdot h_a} = \alpha,$$

де α – параметр часу, доба⁻¹; \bar{c} – відносна концентрація солей у ґрунтових водах.

Тоді запишемо:

$$\frac{d\bar{c}}{dt} = \alpha (1 - \bar{c}). \quad (4)$$

Осереднюючи величину α у межах розрахункового відрізка часу, проінтегруємо рівняння (4), тоді $-\ln(1 - \bar{c}) = \alpha t + A$. (5)

Маючи на увазі, що при $\bar{c} = 0$, $t = 0$, отримаємо довільну постійну $A = \theta$ і кінцевий вираз:

$$\bar{c} = \frac{C_0}{C_a} = (1 - e^{-\alpha t}). \quad (6)$$

Одержані вищенаведені залежності, а також результати вивчення інженерно-геологічних умов розташування амбару-накопичувача з пластовими зворотними водами, які закачують у глибокозалягаючі горизонти для підтримання пластового тиску, дозволяють виконати прогностні розрахунки сольового забруднення ґрунтових вод.

Інтенсивність інфільтрації мінералізованих вод із амбару-накопичувача у ґрунтові води за даними наших досліджень становить $K_i = 2 \cdot 10^{-4}$ м/добу; площа амбару-накопичувача $S_a = 500$ м²; середній рівень потоку під амбаром-накопичувачем $h_a = 15$ м; пористість ґрунту $n_0 = 0,3$. Для проведення розрахунків використовуємо рівняння (6), маючи на увазі, що:

$$\frac{Q_a}{S_a} = K_i \quad \text{і} \quad \alpha = \frac{K_i}{n_0 h_a} = \frac{2 \cdot 10^{-4}}{0,3 \cdot 15} = 4,4 \cdot 10^{-5} \text{ (добу)}.$$

Подальші розрахунки приведемо у формі таблиці (табл. 3).

**Результати прогнозного розрахунку сольового забруднення ґрунтових вод
упродовж 5 років**

Розрахункові параметри	Одержані результати розрахунку				
$t_{\text{днів}}$	365	730	1 095	1 460	1 825
αt	0,016	0,032	0,048	0,064	0,080
$e^{-\alpha t}$	0,984	0,969	0,953	0,938	0,924
\bar{c}	0,016	0,031	0,047	0,062	0,076

Аналізуючи отримані результати можна стверджувати, що сольове забруднення ґрунтових вод, яке має місце у межах досліджуваного регіону, характеризується негативною динамікою, а саме наростаючим щорічним збільшенням концентрації сольового забруднення в середньому на 0,046.

Третій розділ дисертаційної роботи присвячено вивченню фільтраційно-міграційних процесів сольового забруднення у водоносних горизонтах шляхом математичного моделювання. На основі експериментальних і натурних спостережень розроблено математичну модель і відповідний їй програмний комплекс “Gidrofiltrazion”, який дає можливість визначити швидкість утворення зони забруднення та її масштаби.

У якості найбільш використовуваного методу кількісного опису фільтраційних процесів у підземній гідромеханіці застосовується макроскопічний метод в основі якого лежить гіпотеза суцільного середовища, а також закони механіки.

Основними рівняннями, що описують рух рідини в пористому середовищі є рівняння нерозривності і закон фільтрації Дарсі. З урахуванням пористості закон збереження маси у пористому середовищі, або рівняння нерозривності у дивергентній формі і декартовій системі координат для однорідної рідини в недеформованому середовищі має вигляд:

$$m \frac{\partial s}{\partial t} + \text{div}(\rho \vec{u}) = 0, \quad (7)$$

де s – насиченість пористого середовища, m – пористість матеріалу, ρ – густина, $\vec{u}(u_x, u_y, u_z)$ – вектор швидкості фільтрації, u_x, u_y, u_z – компоненти вектора фільтрації, x, y, z – координати, t – час.

Розглянемо тривимірну постановку задачі геофільтрації, яка є вихідною для більшості моделей, які використовуються у задачах геоєкології. Рух рідини і повітря з урахуванням взаємозв'язку фільтраційних властивостей порід за рівнем та інтенсивністю їх забруднення у тривимірній постановці описується системою рівнянь у декартовій системі координат:

$$m \frac{\partial s}{\partial t} + \left[\frac{\partial(\rho_1 u_x)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho_1 u_y)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho_1 u_z)}{\partial z} \right] = 0, \quad (8)$$

$$m \frac{\partial(1-s)}{\partial t} + \left[\frac{\partial(\rho_2 u_x)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho_2 u_y)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho_2 u_z)}{\partial z} \right] = 0.$$

В умовах, що розглядаються закон фільтрації (закон Дарсі) записується у вигляді (9), індекси 1, 2 відносяться до рідини і повітря:

$$u_1 = -k \frac{k_1(s)}{\mu_1} (\nabla p_1 - \rho_1 \vec{g}), \quad u_2 = -k \frac{k_2(s)}{\mu_2} (\nabla p_2 - \rho_2 \vec{g}). \quad (9)$$

Співвідношення (9), що задає зв'язок p_i і $k_i(s)$ з фазовими насиченостями s_i визначає характер моделі.

Підставимо рівняння (9) у рівняння нерозривності (8). У результаті отримаємо (10):

$$m \frac{\partial s}{\partial t} = \operatorname{div} \left[k \frac{k_1(s)}{\mu_1} (\nabla p_1 - \rho_1 \vec{g}) \right], \quad (10)$$

$$m \frac{\partial (1-s)}{\partial t} = \operatorname{div} \left[k \frac{k_2(s)}{\mu_2} (\nabla p_2 - \rho_2 \vec{g}) \right], \quad (11)$$

$$p_2 = p_1 + p_c(s), \quad (12)$$

$$s_1 + s_2 = 1, \text{ при } s \equiv s_1 \text{ значення } s_2 = 1 - s.$$

Рівняння (10) і (11) після низки перетворень з урахуванням виразу (12) запишемо у безрозмірній формі:

$$\begin{aligned} \operatorname{div} \left[k \left(\frac{k_1(s)}{\mu_1} + \frac{k_2(s)}{\mu_2} \right) \nabla p_1 \right] = \\ = - \operatorname{div} \left[k \frac{k_2(s)}{\mu_2} \nabla p_c(s) \right] + k \frac{\partial k_1(s)}{\mu_1 \partial z} \rho_1 \vec{g} + k \frac{\partial k_2(s)}{\mu_2 \partial z} \rho_2 \vec{g}. \end{aligned} \quad (13)$$

Припустимо, що відношення в'язкості фаз $\mu_0 = \mu_1 / \mu_2$ і $p = p_1$, тоді (13) перепишемо у вигляді:

$$\operatorname{div} [(k_1(s) + \mu_0 k_2(s)) \nabla p] = - \operatorname{div} [\mu_0 k_2(s) \nabla p_c(s)] + k_1(s) \rho_1 \vec{g} + \mu_0 k_2(s) \rho_2 \vec{g}. \quad (14)$$

Сформулюємо постановку задачі, а саме задамо умови в початковий момент часу і граничні умови на границі досліджуваної області, яка представляє собою частину простору (рис.2).

Система рівнянь (8-14) розглядається в області $\Omega \times [0; T]$, де Ω – тривимірний куб з границею Γ , $\Omega = [0; l_1] \times [0; l_2] \times [0; l_3]$.

Початкові умови:

$$\text{– при } t = 0: s = 1, (x, y, z) \in \Omega_0,$$

$$p = \rho_1 \vec{g} \cdot z + p_{\text{атм}}(x, y, z) \in \Omega_0,$$

$$s = 0, (x, y, z) \in \Omega_0 \setminus \Omega_0, p = 1, (x, y, z) \in \Omega_0 \setminus \Omega_0. \quad (15)$$

Граничні умови:

$$\text{– границя з атмосферою } (\Gamma_1).$$

На поверхні контакту з атмосферою маємо умови $p = p_{\text{атм}}$,

де $p_{\text{атм}}$ – атмосферний тиск;

– на границі (Γ_2) між фазами тиску води має місце умова:

$$p = p_{\text{атм}} + p_c(s); \quad (16)$$

– непроникна межа (Γ_3) .

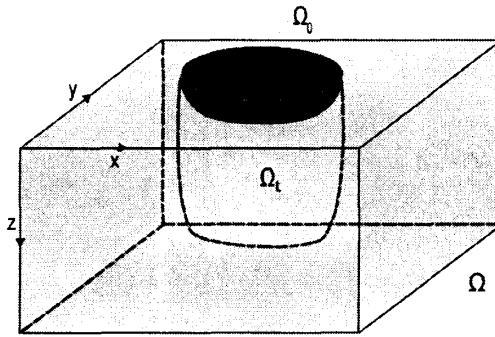


Рис. 2. Формальне представлення предметної області (Ω_t – область фільтрації рідини, Ω_0 – область поступлення водонафтової емульсії, Ω – розрахункова область)

Рідина не проходить через непроникну границю, тому умову непроникності можна записати у наступному вигляді:

$$k \frac{k_1(s)}{\mu_1} (\nabla p_1 - \rho_1 \vec{g}) \cdot \vec{n} \Big|_{\Gamma_3} = 0, \quad (17)$$

де \vec{n} – вектор нормалі до границі Γ_3 .

Побудована математична модель ґрунтується на двофазній фільтрації із врахуванням діючих факторів та дає можливість вирішувати низку завдань, а саме: вивчити динаміку поширення ареалу сольового забруднення, проаналізувати взаємозв'язок фільтраційних властивостей різного типу ґрунтів з інтенсивністю їх забруднення та визначити закономірність зміни забрудненої зони.

Розроблений алгоритм і програма моделювання процесу забруднення ґрунтів і ґрунтових вод оформлені у вигляді інформаційно-обчислювальної системи, яка дозволяє чисельно аналізувати вплив основних фізико-механічних параметрів на характеристики досліджуваного процесу сольового забруднення (рис. 3-4).

Вхідними даними для реалізації графічного відтворення та оцінки інтенсивності забруднення ґрунтів і ґрунтових вод є пористість ґрунту m і його проникність k ; густина рідини ρ_1 , густина повітря ρ_2 ; в'язкість рідини μ_1 ; в'язкість повітря μ_2 ; висота і ширина області фільтрації рідини L_2 ; граничні значення насиченості s^* , s_* ; насиченість на верхній границі області S_0 ; прискорення вільного падіння g .

Побудована математична модель дозволяє проводити дослідження динаміки розповсюдження сольового забруднення з урахуванням впливу зовнішніх чинників на цей процес. Особливістю складеної математичної моделі фільтраційного процесу є її об'єктно-орієнтований характер, який дозволяє візуалізувати формальну модель і реалізувати її на етапі дослідження області сольового забруднення ґрунтів та

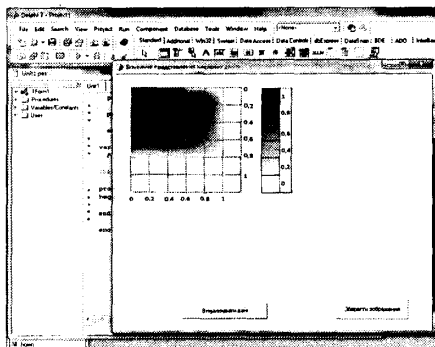


Рис. 3. Вікно для аналізу інтенсивності забруднення ґрунту у вертикальному розрізі

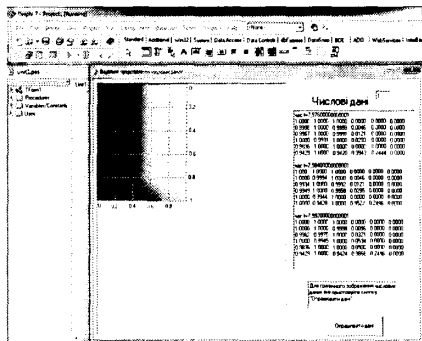


Рис. 4. Вікно для оцінки області та ступеня забруднення ґрунтових вод при інфільтрації мінералізованих розсолів у динамічному режимі

ґрунтових вод, а також отримати результати моделювання, як чисельно так і графічно.

У четвертому розділі наведено основні хіміко-технологічні методи очистки зворотних пластових вод від забруднення з подальшим нагнітанням їх у продуктивні пласти, що дає можливість вирішити проблему очистки нафтопромислових вод до нормативних значень (вміст залишкової нафти у воді нижче 5 мг/дм^3 , зважених частинок $1\text{-}5 \text{ мг/дм}^3$ з розміром твердих частинок менше 5 мкм).

Розроблено установку і спосіб очищення зворотних пластових вод, який є екологічно-безпечним процесом завдяки замкнутості системи очистки та сприяє покращенню екологічної ситуації у регіоні.

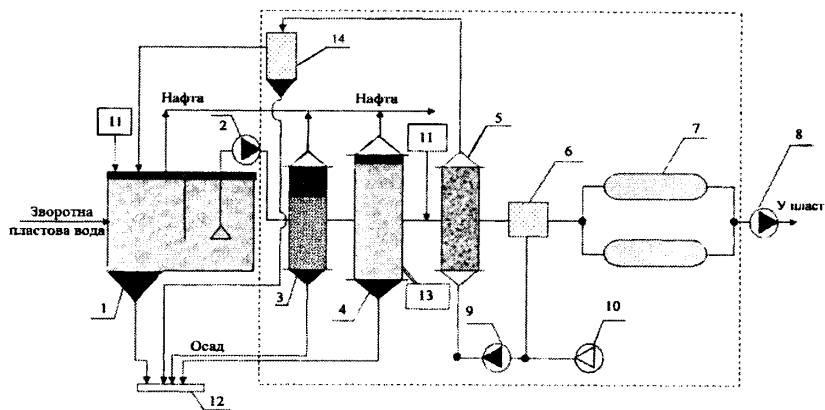
Зворотна пластова вода містить значну кількість солей, агресивних газів, диспергованих вуглеводнів. Використання її у системі заводнення нафтових родовищ дозволяє мати постійне джерело води і одночасно вирішувати проблему захисту водойм від забруднення зворотними пластовими водами.

Стосовно питання очищення зворотних вод великий інтерес становить процес флотажного вилучення дрібних частинок розміром 10 мкм і менше. Флотація таких частинок отримала назву мікрофлотації. На відміну від звичайної флотації, мікрофлотація є колоїдно-хімічним процесом.

Ефект флотажного вилучення дрібних частинок може бути істотно збільшений шляхом введення у воду поліелектролітів, коагулянтів і флокулянтів. При введенні поліелектролітів товщина дифузійної частини подвійного шару зменшується, що призводить до спадання сил електролітичного відштовхування. При введенні коагулянту, пластівці якого володіють протилежним знаком заряду, частинки забруднень сорбуються коагулянтом, а потім вилучаються флотацією.

На основі отриманих результатів досліджень, проведених у роботі, була розроблена і рекомендована технологія підготовки зворотної пластової води.

Розроблено варіант очисної установки, а також технологію водопідготовки продуктивністю 6 тис. м³/добу (рис. 5).



- 1 – накопичувач; 2 – насосна станція; 3 – гідрофобний фільтр; 4 – електрофлотатор;
 5 – фільтр з силіційованим кальцитом; 6 – резервуар для чистої води;
 7 – ультрафіолетові лампи; 8 – куцтова насосна станція; 9 – промивний насос;
 10 – компресор; 11 – реагентне господарство; 12 – майданчик для зневоднення осаду;
 13 – джерело електроживлення; 14 – відстійник.

Рис. 5. Технологічна схема установки для очистки зворотних пластових вод

З накопичувача 1 ЗПВ подається насосом із насосної станції 2 у гідрофобний фільтр 3. Початковий вміст нафти може становити до 150 мг/дм³, зважених частинок – до 350 мг/дм³. Далі вода подається в електрофлотатор 4, у якому відбувається перша ступінь очищення від нафти і зважених частинок.

У фільтрі із зернистим мінеральним матеріалом 5 відбувається доочищення води від забруднюючих речовин. З цією метою перед фільтром дозують реагент, який утворює пластівці гідроксиду металу на поверхні зерен фільтруючого матеріалу. У цьому випадку фільтр працює у режимі контактної коагуляції, а сам фільтр називають контактним. Фільтр наповнений спеціальним фільтруючим матеріалом – силіційованим кальцитом, який володіє каталітичним ефектом прискорюючи процес утворення гідроксидів металу і сприяє ефективному вилученню забруднюючих речовин.

Очищена вода накопичується у резервуарі для чистої води 6, незаражується ультрафіолетовими променями ламп 7, а потім закачується у пласт. Фільтр 5 промивається зворотним струмом води і повітря за допомогою насоса 9 і компресора 10. Промивна вода після відстоювання надходить у головну частину очисної установки. Нафта вилучається у накопичувачі 1, гідрофобному фільтрі 3 і флотаторі 4 та змішується з товарною нафтою. Осад вилучається із накопичувача 1², гідрофобного фільтра 3, флотатора 4 і відстійника 14 та поступає на майданчик зневоднення осаду 12.

Результати досліджень з очищення зворотних пластових вод наведено у таблиці 4.

Таблиця 4

Результати досліджень багатоступеневої системи очистки ЗПВ

Параметр	Початкове значення	Після накопичувача		Після гідрофобного фільтра		Після електрофлотації		Після зернистого фільтра		Загальний ефект очистки, %
			Ефект очистки, %		Ефект очистки, %		Ефект очистки, %		Ефект очистки, %	
Нафта, мг/дм ³	100	65	35,0	33,9	47,8	14,9	56,1	4,2	71,8	95,8
Зважені частинки, мг/дм ³	300	90,3	69,9	13	85,6	3,1	76,1	0,94	69,7	99,7
Мінералізація, мг/дм ³	35143,4	19000	45,9	12700	33,2	6700	47,2	1100	83,5	96,9
pH	-	6,07	-	6,75	-	6,88	-	7,2	-	-

У накопичувачі відбувається спливання і збір до 35,0 % вуглеводнів нафти і 69,9 % зважених частинок. З наведених результатів випливає, що методом зернистого фільтрування при початковій концентрації нафти 100 мг/дм³ досягнуто високий ефект очищення води від нафти – 71,8 %. Високу ефективність очищення від нафти показала також і реагентна електрофлотація – 56,1 %. Дослідження показали високий ефект очищення зворотних пластових вод методом рідинного фільтрування на гідрофобних фільтрах. Після застосування всіх методів очистки значення показника pH знаходиться у рекомендованому інтервалі 6-7.

Техніко-економічні розрахунки запропонованої установки з очищення зворотних пластових вод продуктивністю 6 тис. м³/добу показали, що собівартість очищення води становить 0,79 коп./м³, а річний економічний ефект від отриманого додаткового об'єму нафти – 3 790 890,00 грн., що свідчить про високу ефективність запропонованих методів і технологій.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі висвітлена актуальна наукова проблема екологічної безпеки гідросфери у районах, які піддаються високій ступені техногенного забруднення. Теоретичні та методичні дослідження виконані дисертантом з метою обґрунтування екологічної безпеки нафтопромислового району видобуток нафти у якому ведеться із застосуванням системи для підтримки пластового тиску, а також

розроблені наукові і методичні основи інженерного моделювання та екологічного ризику дають змогу зробити наступні висновки:

1. Проаналізовано та узагальнено фактичний матеріал стосовно вирішення проблеми впливу техногенного забруднення на гідросферу у районах інтенсифікації видобутку нафти. Встановлено, що в межах розробки Долинського нафтового родовища у селі Діброва відбулося сольове забруднення мінералізованими водами ґрунтових вод, які використовуються для водопостачання жителів згаданого населеного пункту. Загальна мінералізація досліджуваних проб води перевищує значення ГДК у 16 разів ($16500,62 \text{ мг/дм}^3$), що і призвело до необхідності розробки природоохоронних методів та засобів.

2. Проведено фізико-хімічне моделювання у системі “зворотна пластова вода – порода” при поступленні забруднюючих компонентів “зверху”. У першому варіанті експерименту розріз повністю складався з пісковиків; другий випадок – у пісковиках у якості домішок присутні карбонати; третій – у якості домішок присутні глини. Встановлено, що після контактування зворотних пластових вод (ЗПВ) з пісковиковою породою, кількість хлоридів зменшилась від $25253,1 \text{ мг/дм}^3$ до $24799,7 \text{ мг/дм}^3$, що можна пояснити незначною сорбційною здатністю пісковика; результати досліджень за умовами другого варіанту експерименту показали, що склад ЗПВ істотно не змінився – сульфати і хлориди зменшились від $250,2 \text{ мг/дм}^3$ до $249,4 \text{ мг/дм}^3$ та $25253,1 \text{ мг/дм}^3$ до $25189,9 \text{ мг/дм}^3$ відповідно; прокачування ЗПВ через третій тип модельного керну характеризується помітною зміною складу досліджуваної води. Вміст сульфатів у ЗПВ зменшився з $537,2 \text{ мг/дм}^3$ до $432,2 \text{ мг/дм}^3$. Мінералізація води дещо знизилась і наприкінці експерименту становила $39123,4 \text{ мг/дм}^3$, водневий показник (рН) не зазнав зміни і становив 6,7 одиниць.

3. Виконано моделювання концентрації сольового потоку у ґрунтових водах шляхом оцінки впливу фільтраційних процесів з амбару-накопичувача на ґрунтовий потік. Встановлено, що в умовах розташування джерел забруднення підземних вод в районі Долинського нафтового родовища сольове забруднення ґрунтових вод з кожним роком зростатиме на 0,046 і через 5 років становитиме 0,232.

4. Проведено математичне моделювання фільтраційно-міграційних процесів, що дає можливість вирішувати широке коло завдань пов'язаних із визначенням динаміки поширення ареалу сольового забруднення у ґрунтах і ґрунтових водах, проаналізувати взаємозв'язок фільтраційних властивостей різного типу ґрунтів з інтенсивністю їх забруднення та визначити закономірність зміни забрудненої зони. Розроблено комп'ютерну програму *Gidrofiltrazion*, яка реалізує математичну модель фільтраційного процесу і дозволяє візуалізувати формальну модель та реалізувати її на етапі дослідження області техногенного забруднення ґрунтів та ґрунтових вод.

5. Запропоновано багатоступеневий метод очистки зворотних пластових вод, продуктивністю 6 тис. $\text{м}^3/\text{добу}$, за схемою: накопичувач, гідрофобний фільтр з інертним фільтруючим матеріалом, електрофлотатор із введенням і без введення реагенту, зернистий фільтр із силіційованим кальцитом, який дає можливість очистити зворотні пластові води до параметрів, які дозволяють застосовувати їх у системі підтримки пластового тиску. Виконано техніко-економічні розрахунки запропонованої методики по очистці зворотних пластових вод. Собівартість очищення

води становить 0,79 коп./м³, що свідчить про високу ефективність запропонованих методів і технологій.

Результати дисертаційної роботи, а також технологічна схема установки для очищення зворотних пластових вод прийняті до впровадження на об'єктах ПАТ "Укрнафта".

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Контроль за станом і охороною поверхневих та підземних вод у процесі спорудження та експлуатації свердловин / **В.З. Сабан**, Я.М. Семчук // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. – 2009. – №1 (19). – С. 16-19. *Автору належать розробка методології досліджень та аналіз отриманих результатів.*

2. Потенційні екологічні небезпеки у процесі експлуатації нафтових родовищ на кінцевій стадії розробки (на прикладі Північно-Долинського та Долинського родовищ) / **В.З. Сабан**, Я.М. Семчук // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. – 2009. – №2 (20). – С. 127-130. *Здобувачем розроблена ідея роботи та узагальнено результати досліджень.*

3. Оцінювання впливу вторинних методів інтенсифікації видобутку нафти на довкілля / **В.З. Сабан**, Я.М. Семчук // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. – 2009. – №4 (22). – С. 142-147. *Автору належать узагальнення результатів досліджень, наукове обґрунтування висновків щодо техногенного впливу вторинних методів видобутку нафти на довкілля.*

4. До питання екологічних проблем Долинського нафтогазовидобувного району / **В.З. Сабан**, Я.М. Семчук // Прикарпатський вісник НТШ. Пульс. – 2009. – №4 (8). – С. 174-180. *Здобувачем узагальнено теоретичні результати досліджень.*

5. Охорона гідросфери шляхом інтенсифікації очищення стічних вод флокулянтами / **В.З. Сабан**, Я.М. Семчук // Нафтова і газова промисловість. – 2010. – №1. – С. 60-62. *Дисертант є автором в частині виконання лабораторних досліджень та науковому обґрунтуванні висновків щодо переваг використання синтетичних флокулянтів.*

6. Досвід захисту гідросфери від забруднень у районах інтенсифікації видобутку нафти / **В.З. Сабан**, Я.М. Семчук // Нафтова і газова промисловість. – 2010. – №3. – С. 56-59. *Здобувачем узагальнено теоретичні результати досліджень.*

7. Оцінка екологічного впливу пластових вод Долинського нафтового родовища на довкілля / **В.З. Сабан**, Я.М. Семчук // Нафтова і газова промисловість. – 2010. – №4. – С. 56-58. *Дисертант є автором запропонованої методики зменшення техногенного впливу на навколишнє середовище.*

8. Дослідження впливу пластових вод Долинського нафтового родовища на гідросферу / **В.З. Сабан**, Я.М. Семчук // Нафтова і газова промисловість. – 2011. – №1. – С. 62-64. *Автору належать виконання та узагальнення результатів лабораторних досліджень, наукове обґрунтування висновків.*

9. Заходи із забезпечення екологічної безпеки підземних вод при експлуатації нафтових родовищ на кінцевій стадії розробки / **В.З. Сабан**, Я.М. Семчук, Б.Ю. Депутат // Науковий вісник Кременчуцького національного університету ім. Михайла Остроградського “Екологічна безпека”. – 2012. – №2. – С. 25-28. *Здобувачу належать ідея роботи, обґрунтування природоохоронних заходів та наукове узагальнення результатів досліджень.*

10. Mathematic modeling of salt pollution filter-migration processes in water carrying horizons / **V.Z. Saban** // Scientific bulletin of North university of Baia Mare. – 2013. – Volume XXVII No. 1. – P. 113-118.

11. Modelling of the technogenic transformation of highly mineralized waters under condition of aquifer contamination / **V.Z. Saban**, Y.M. Semchuk, B.J. Mayevskyy, O.D. Melnyk // Scientific bulletin of North university of Baia Mare. – 2013. – Volume XXVII No. 2. – P. 87-95. *Автору належать розробка моделі розрахунку техногенної трансформації мінералізованих вод при забрудненні водоносних горизонтів та аналіз отриманих результатів моделювання.*

12. Пат. №96203 Україна, МПК C02F №3/12. – Установка для очищення стічних вод / **Сабан В.З.**, Семчук Я.М., Гедзик С.І.; заявник і патентовласник Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. – № а 2010 00992; заявл. 01.02.10; опубл.10.10.11, Бюл. №19. *Дисертанту належать ідея винаходу, розробка креслення та наукове обґрунтування висновків.*

13. Пат. №70229 Україна, МПК E21B №43/27. – Спосіб видалення кольматуючих утворень із вуглеводнеоутримуючих пластів / **Сабан В.З.**, Семчук Я.М., Маєвський Б.Й.; заявник і патентовласник Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. – № а 2010 03758; заявл. 01.04.10; опубл. 11.06.12, Бюл. №11. *Здобувачу належать ідея винаходу та узагальнення результатів експериментальних досліджень.*

14. **Сабан В.З.** Контроль за станом і охороною поверхневих та підземних вод при будівництві та експлуатації свердловин / **В.З. Сабан** // Міжнародний рік планети Земля: Матеріали Всеукр. студ. наук. конф. Геологія 21-го століття, Дніпропетровськ-Кривий Ріг, 21-24 квітня 2009 р. – Дніпропетровськ-Кривий Ріг, 2009. – С. 70-72.

15. **Сабан В.З.** Захоронення промислових стічних вод як один із методів захисту гідросфери у районах інтенсифікації видобутку нафти / **В.З. Сабан** // Междунар. молодеж. науч. конф. “Планета – наш дом”: Тези доп. Междунар. молодеж. науч. конф., Алчевск, 16 апреля 2010 р. – Алчевск, 2010. – С. 211-214.

16. **Сабан В.З.** Результати дослідження сольового забруднення підземних вод на кінцевій стадії розробки нафтових родовищ Прикарпаття (на прикладі Долинського нафтового родовища) / **В.З. Сабан** // VIII міжнар. наук.-тех. конф. “Еколого-економічні проблеми Карпатського євросередині “ЕЕПКЕ-2011”, Івано-Франківськ, 24-26 травня 2011 р. – Івано-Франківськ. – 2011. – С. 247-249.

17. **Сабан В.З.** Установа для очищення супутніх пластів вод, як ефективний метод попередження сольового забруднення / **В.З. Сабан**, Я.М. Семчук, Б.Ю. Депутат // Безпека об’єктів нафтогазового комплексу: Матер. Всеукр. наук.-практ. конф. молод. учених і студ., Івано-Франківськ, 5-7 жовтня 2011 р. – Івано-

Франківськ. – 2011. – С. 174-176. *Автору належать ідея та узагальнення результатів досліджень.*

18. **Сабан В.З.** Основні заходи та засоби охорони підземних вод від засолення на території Долинського нафтопромислового району / **В.З. Сабан, Я.М. Семчук, Б.Ю. Депутат** // I-а Міжнародна наук.-практ. конф. “Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування”, Івано-Франківськ, 20-22 вересня 2012 р. – Івано-Франківськ. – 2012. – С. 172. *Здобувачем узагальнено результати експериментальних досліджень, що дозволило обґрунтувати заходи захисту підземних вод від засолення.*

19. **Сабан В.З.** Математичне моделювання нейтралізації сольового забруднення у водоносних пластах / **В.З. Сабан, Я.М. Семчук, Б.Ю. Депутат** // Техніка і прогресивні технології у нафтогазовій інженерії: Тези допов. Міжнар. наук.-практ. конф. молод. учених та студ., Івано-Франківськ, 5-7 листопада 2012 р. – Івано-Франківськ. – 2012. – С. 283-288. *Здобувачу належить частина наукового узагальнення результатів дослідження.*

АНОТАЦІЯ

Сабан В.З. Удосконалення методів зменшення техногенного забруднення гідросфери на кінцевій стадії експлуатації нафтових родовищ (на прикладі Долинського нафтового родовища). – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека. – Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, 2014.

Дисертацію присвячено вирішенню важливої екологічної проблеми – зменшення техногенного забруднення гідросфери на кінцевій стадії експлуатації нафтових родовищ шляхом удосконалення та розробки науково-технічних методів.

Встановлено масштаби техногенного впливу Долинського нафтового родовища на гідросферу. Проведено фізико-хімічні дослідження відібраних із колодязів проб води.

Побудовано математичну модель прогнозу змін концентрації солей у водоносному горизонті при інфільтрації їх із амбару-накопичувача у ґрунтові води.

Шляхом математичного моделювання створено комп'ютерну програму, що дає змогу оперативного дослідити і отримати достовірну інформацію про інтенсивність вертикальної і горизонтальної міграції розсолу у пласті, ступінь сольового забруднення і площу його розповсюдження.

Удосконалено методи багатоступеневої очистки зворотних пластових вод на розробленій автором установці, що дозволяє повторно використовувати їх у системі підтримки пластового тиску.

Ключові слова: екологічна безпека, нафтове родовище, техногенне забруднення, доквілля, гідросфера, математична модель, інфільтрація, сорбція, розсіл.

АННОТАЦИЯ

Сабан В.З. Совершенствование методов уменьшения техногенного загрязнения гидросферы на конечной стадии эксплуатации нефтяных месторождений (на примере Долинского нефтяного месторождения). – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 21.06.01 – экологическая безопасность. – Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, Ивано-Франковск, 2014.

Диссертация посвящена решению важной экологической проблемы – уменьшению техногенного загрязнения гидросферы на конечной стадии эксплуатации нефтяных месторождений путем совершенствования и разработки научно-технических методов.

Установлены масштабы техногенного воздействия на гидросферу Долинского нефтяного месторождения. Проведены физико-химические исследования отобранных из колодцев проб воды, результаты анализа которых показали, что их общая минерализация превышает значение ПДК в 16 раз. В воде присутствуют такие вредные компоненты как ионы Cl^- , SO_4^{2-} .

Проведены экспериментальные исследования по контактированию обратных пластовых вод с различными породами методом подачи-фильтрации обратных пластовых вод “сверху”. В первом случае разрез полностью состоял из песчаников; во втором случае – из песчаников, в которых в качестве примесей присутствовали карбонаты; в третьем – в качестве примесей присутствовали глины.

Построена математическая модель прогноза изменений концентрации солей в водоносном горизонте при инфильтрации их с амбара-накопителя в грунтовые воды. Установлено, что в условиях расположения источников загрязнения подземных вод в районе Долинского нефтяного месторождения, солевое загрязнение грунтовых вод с каждым годом будет расти на $0,0464 \text{ г/дм}^3$ и через 5 лет составит $0,232 \text{ г/дм}^3$.

Путем математического моделирования создана компьютерная программа, позволяющая оперативно исследовать и получить достоверную информацию об интенсивности вертикальной и горизонтальной миграции рассола в пласте, степень солевого загрязнения и площадь его распространения.

Усовершенствованы методы многоступенчатой очистки обратных пластовых вод на разработанной автором установке, что позволяет повторно их использовать в системе поддержания пластового давления.

Предложена технологическая схема установки производительностью $6 \text{ тыс. м}^3/\text{сутки}$. Данная установка реализует многоступенчатый метод очистки минерализованных вод и дает возможность очистить обратные пластовые воды до параметров, позволяющих повторно применять их в системе поддержания пластового давления.

Выполненные лабораторные исследования на модельной установке показали, что общий эффект очистки обратной пластовой воды от нефти составляет $95,8\%$, взвешенных частиц – $98,4\%$, солей – $96,9\%$, что соответствует требованиям к водам, нагнетаемым в пласт.

Выполнены технико-экономические расчеты предложенной методики по очистке обратных пластовых вод. Себестоимость очистки воды составляет 0,79 коп./м³, что делает доступными предложенные методы и технологии.

Ключевые слова: экологическая безопасность, нефтяное месторождение, техногенное загрязнение, окружающая среда, гидросфера, математическая модель, инфильтрация, сорбция, рассол.

ABSTRACT

Saban V.Z. Improving of the hydrosphere anthropogenic pollution reducing methods on the final stage of oil fields exploration (Dolyna oil field case study). – Manuscript.

Dissertation thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy in 21.06.01 – Environmental safety. – Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, 2014.

The dissertation thesis is devoted to the problem of hydrosphere anthropogenic pollution reducing on the final stage of oil fields exploration by developing scientific and technical methods.

It was estimated the scale of contamination of saline brines surface water and groundwater using the intensive spatial-temporal modeling. It was developed the software system by mathematical modeling that allows to explore quickly and to obtain reliable information about the intensity of vertical and horizontal migration of brines in the reservoir, the extent of salt contamination and the area of its distribution. It was developed the the classification of the territory with high degree of anthropogenic impact, this classification is estimation of the natural protection of fresh groundwater from contamination by saline water and the degree of anthropogenic impact on groundwater. It was further developed the method of experimental research of physical and chemical processes in the system “water-rock”, which allowed specifying the chemical composition of the associated formation waters and the possible ways of receiving saline brines in surface water and groundwater. It was improved the method of flotation associated formation waters from organic components with developed by author stand, allowing their re-use in the system of reservoir pressure maintenance.

Keywords: environmental security, oil fields, saline pollution, environment, hydrosphere, water reservoir, filtration, sorption, brine.