

**ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАФТИ І ГАЗУ**

На правах рукопису

МАНЮК ОКСАНА РОМАНІВНА

УДК 504.4(477.86)

**НАУКОВО-ПРАКТИЧНІ ЗАСАДИ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ВІД
ЗАБРУДНЕННЯ ВИСОКОМІНЕРАЛІЗОВАНИМИ РОЗСОЛАМИ
(на прикладі Калуш - Голинського родовища калійних солей)**

Спеціальність 21.06.01 – екологічна безпека

Дисертація на здобуття наукового ступеня
кандидата геологічних наук

Науковий керівник:
Семчук Ярослав Михайлович
доктор технічних наук,
професор

Івано-Франківськ – 2009

Зміст

	стор.
ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1	
СТАН ПРОБЛЕМИ УТИЛІЗАЦІЇ ШКІДЛИВИХ ВІДХОДІВ У ПРОЦЕСІ РОЗРОБКИ РОДОВИЩ КАЛІЙНИХ СОЛЕЙ	9
РОЗДІЛ 2	
ВИВЧЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ГЕОЛОГІЧНОЇ БУДОВИ ДОСЛІДЖУВАНОВОГО РАЙОНУ І ГРИНІВСЬКОГО ГАЗОВОГО РОДОВИЩА ЯК ОБ'ЄКТА УТИЛІЗАЦІЇ РОЗСОЛУ	27
2.1. Літолого-стратиграфічний опис досліджуваного району	31
2.2. Гідрогеологічна характеристика об'єкта захоронення	34
2.3. Фізико-літологічна характеристика колекторів продуктивних пластів та покришок за результатами вивчення керна	40
2.4. Сучасний стан гідродинаміки нижньобаденського горизонту	44
2.5. Обґрунтування вибору поглинального горизонту для захоронення високомінералізованих розсолів	45
РОЗДІЛ 3	
ОЦІНКА СУМІСНОСТІ ПЛАСТОВИХ ВОД І ВИСОКОМІНЕРАЛІЗОВАНИХ РОЗСОЛІВ КАЛУШ-ГОЛИНСЬКОГО РОДОВИЩА КАЛІЙНИХ СОЛЕЙ ПРИ ПІДЗЕМНОМУ ЇХ ЗАХОРОНЕННІ	
3.1. Характеристика високомінералізованих розсолів калуш-Голинського родовища калійних солей	50
3.2. Характеристика пластових вод і вміст у них	

основних мікрокомпонентів	57
3.3. Моделювання сумісності пластових вод та високомінералізованих розсолів при підземному їх захороненні	60
3.4. Технологічна підготовка високомінералізованих розсолів перед закачуванням у поглинальний горизонт	64
3.5. Попередній розрахунок промислового закачування розсолів у нижньодашавський поглинальний горизонт Гринівського газового родовища	69
3.6. Попередній розрахунок допустимого тиску гідророзриву поглинального резервуару та його глинистого флюїдоупору	72
РОЗДІЛ 4	
ПРОГНОЗНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДОВГОТРИВАЛОЇ МІГРАЦІЇ РОЗСОЛІВ У ВОДОНОСНОМУ ПЛАСТІ ГРИНІВСЬКОГО ГАЗОВОГО РОДОВИЩА	76
РОЗДІЛ 5	
ОСНОВНІ ЗАХОДИ З ОХОРОНИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА У ПРОЦЕСІ ПІДЗЕМНОГО ЗАХОРОНЕННЯ ВИСОКОМІНЕРАЛІЗОВАНИХ РОЗСОЛІВ КАЛУШ-ГОЛИНСЬКОГО РОДОВИЩА КАЛІЙНИХ СОЛЕЙ	
5.1. Загальні вимоги щодо збору, підготовки та нагнітання високомінералізованого розсолу	91
5.2. Загальні вимоги до технологічного обладнання	92
5.3. Оцінка надійності контролю закачування високомінералізованого розсолу	95
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	107
ДОДАТКИ	109
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	113

ВСТУП

Актуальність роботи. У сучасних умовах повсюдного забруднення довкілля особливо актуальним є питання екологічної безпеки у процесі розробки родовищ калійних солей. Однією з основних проблем, що зумовлює погіршення екологічної ситуації під час розробки родовищ калійних солей, є скиди у поверхневі річкові русла дренажних вод із суттєво перевищеним вмістом солей із водозбірників і шламосховищ. Велика екологічна небезпека пов'язана з наявністю накопичувальних басейнів, які містять концентровані розсоли. Їх утилізація є одним із найсерйозніших еколого-економічних завдань. Методи, які традиційно використовувались під час знешкодження цих відходів, уже не можуть вважатися екологічно прийнятними, і на сьогодні вже не вирішують повністю питань утилізації високомінералізованих розсолів, що з часом може призвести до значних екологічних катастроф.

Саме у процесі розробки Калуш-Голинського родовища калійних солей розсоли фільтруються через тіло дамби без належного їх збору і подальшого відкачування. Близько 10 млн.м³ рідкої фракції зараз накопичено у кар'єрі та одному хвостосховищі. Крізь тіло дамби іншого хвостосховища уже просочуються високомінералізовані розсоли, забруднюючи прилеглі території та річку Кропивник. Щорічно у Домбровському кар'єрі внаслідок розчинення солевмісних порід атмосферними опадами утворюється 1,2-1,4млн.м³ високомінералізованих розсолів. На сьогодні заповнення відходами хвостосховищ близьке до межі проектного об'єму. У випадку проривання дамб цих гідроспород розсоли можуть потрапити у водну систему річки Дністер та спричинити екологічну катастрофу регіонального масштабу, що загрожує екологічній безпеці України і Молдови.

На сьогодні недостатньо висвітлено наукове обґрунтування і результати експериментального вивчення можливості утилізації високомінералізованих розсолів калійних родовищ Передкарпаття у

зиснажені розробкою поклади вуглеводнів. Низка питань, що мають проблемний характер, недостатньо вивчені як теоретично, так і експериментально, що визначає актуальність досліджень автора, результати яких викладені у цій роботі.

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

Робота має науково-прикладний характер та відповідає науковим напрямам діяльності Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. Проведені автором дослідження є складовою частиною науково-дослідних робіт за бюджетною тематикою ОБ-2/2008 (державний реєстраційний № 0108U009406) “Розроблення та запровадження державної системи моніторингу навколишнього природного середовища (створення та забезпечення функціонування центру моніторингу довкілля) в Івано-Франківській області”, у рамках якої автором проводились теоретичні розробки для окремих завдань та експериментальні лабораторні дослідження.

Мета і завдання досліджень: розробити теоретичні та методичні основи процесу утилізації високомінералізованих розсолів калійних родовищ Передкарпаття у виснажені розробкою поклади вуглеводнів.

Для досягнення вказаної мети було розв'язано такі основні завдання:

- систематизація і узагальнення накопиченого матеріалу щодо високомінералізованих розсолів калійних родовищ Передкарпаття та методів їх утилізації;
- вивчення особливостей геологічної будови та гідрогеологічних умов досліджуваного району і виявлення сприятливого геологічного об'єкта захоронення високомінералізованого розсолу;
- з'ясування та оцінка сумісності високомінералізованого розсолу – породи-колектора та пластових вод поглинального горизонту;
- проведення прогностичного моделювання фільтрації та міграції високомінералізованих розсолів у водоносному горизонті;
- розроблення комплексу заходів з охорони навколишнього

середовища у ході процесу захоронення високомінералізованого розсолу у виснажені розробкою поклади вуглеводнів.

Об'єкт дослідження – процеси забруднення навколишнього середовища високомінералізованими розсолами у процесі розробки родовищ калійних солей, зменшення їх негативного впливу на довкілля.

Предмет дослідження – промислові відходи калійних родовищ Передкарпаття; гідротехнічні споруди гірничих підприємств; високомінералізований розсіл з гідротехнічних споруд.

Методи досліджень являють комплекс, що включає аналіз сучасного стану екологічної ситуації в районах розробки калійних солей; гідродинамічні методи встановлення фільтраційних параметрів поглинального горизонту; геохімічні методи, які включали відбір та аналіз проб підземних вод і розсолів Домбровського кар'єру; методи фізико-хімічного моделювання сумісності пластових і високомінералізованих розсолів у процесі підземного їх захоронення; методи математичного та графічного моделювання довготривалої міграції розсолів у підземних водах; лабораторні методи, які включали технологію підготовки високомінералізованих розсолів до закачування у продуктивні горизонти газових родовищ.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

уперше на основі вивчення особливостей геологічної будови та гідрогеологічних умов досліджуваної території, аналізу розробки та сучасного стану гідродинаміки нижньодашавського горизонту Гринівського газового родовища виявлено у виснаженому розробкою покладі газу горизонту НД – 8А геологічну структуру, сприятливу для захоронення високомінералізованого розсолу;

– уперше на основі фізико-хімічного моделювання взаємодії високомінералізованого розсолу та пластових вод об'єкта захоронення, встановлено, що зміна концентрації йонів і загальної мінералізації розчину відбувається за лінійним законом. Це пояснюється однотипністю йонно-

сольового складу вод та абсолютною сумісністю розчинів і дає підстави запровадити оптимальний варіант зменшення об'ємів відходів;

– уперше здійснено прогнозування основних параметрів процесу захоронення високомінералізованих розсолів у виснажені розробкою поклади вуглеводнів; встановлено, що швидкість просування розсолу поглинальним пластом та радіус розтікання з часом і віддаленням від вибою свердловини різко гальмуються і залежать як від емнісно-фільтраційних властивостей породи-колектора, так і від загального об'єму закачаних у свердловину розсолів.

Зазначені положення виносяться на захист.

Практичне значення одержаних результатів. Розв'язані у дисертаційній роботі завдання дають можливість зменшити шкідливий вплив калійних родовищ, особливо відходів їх виробництва на довкілля, зокрема запобігти сольовому забрудненню як поверхневих, так і підземних вод, що використовуються для питтєвого водозабезпечення.

Результати теоретичних і експериментальних досліджень впроваджені на ДП “Калійний завод” ВАТ “Оріана” м. Калуш, що підтверджується відповідним актом впровадження від 10.07.2008 року.

Народногосподарська та соціальна цінність виконаної роботи полягає у доведенні можливості утилізації високомінералізованих розсолів родовищ калійних солей у виснажені розробкою поклади вуглеводнів, розташованих поблизу газових родовищ, як найефективнішого методу захисту довкілля. Отримані результати можуть бути рекомендовані до використання у процесі розвідування, проектування, будівництва та експлуатації полігонів підземного захоронення промислових відходів гірничої промисловості, як один із ефективних методів підвищення екологічної безпеки держави.

Особистий внесок здобувача. Основні ідеї, наукові положення і теоретичні висновки дисертації сформульовані та обґрунтовані здобувачем особисто. У випадках співавторства з Я.М. Семчуком, О.Д. Мельником у

публікаціях [1, 3, 4, 5] основні положення останніх базувалися на ідеях здобувача. Автор брав безпосередню участь у виконанні експериментальних досліджень, інтерпретації отриманих результатів, підготовці та формулюванні висновків.

Апробація роботи. Основні положення досліджень були викладені на міжнародних і державних науково-технічних конференціях та семінарах, зокрема: міжнародній науково-технічній конференції “ІФНТУНГ-40” “Ресурсозберігаючі технології в нафтогазовій енергетиці” (м. Івано-Франківськ, 16-20 квітня 2007р.); міжнародній науково-практичній конференції “Екологічна безпека: моніторинг, оцінка ризику, перспективні природоохоронні технології” (м. Львів, 29-30 травня 2007р., НУ “Львівська політехніка”); VIII міжнародній науково-технічній конференції “Екологічна безпека та біосферно-ноосферні ідеї В.І. Вернадського” (м. Кременчук, 14-16 червня 2007р.).

Публікації. За темою дисертації автором опубліковано 7 праць, в т.ч. 5 статей у фахових виданнях рекомендованих ВАК України, 2 тези доповідей на міжнародних конференціях.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, п’яти розділів, висновків, списку використаних літературних джерел, 2 додатків та викладена на 125 сторінках друкованого тексту. Включає 15 рисунків та 16 таблиць. Список використаних літературних джерел становить 130 найменувань на 13 сторінках.

Розділ 1

СТАН ПРОБЛЕМИ УТИЛІЗАЦІЇ ШКІДЛИВИХ ВІДХОДІВ У ПРОЦЕСІ РОЗРОБКИ РОДОВИЩ КАЛІЙНИХ СОЛЕЙ

Гірниче виробництво технологічно пов'язане з впливом (діянням) людини на навколишнє середовище з метою забезпечення сировинними і енергетичними ресурсами різних сфер господарської діяльності.

Стрімке зростання споживання природних ресурсів супроводжується не лише зміною кількісних масштабів антропогенної дії, але і появою нових чинників, вплив на природу яких був раніше незначним, а на сьогоднішній день стає домінуючим.

Для всіх методів розробки родовищ корисних копалин характерна дія на біосферу, що зачіпає практично всі її елементи: водний і повітряний басейни, землю, надра, рослинний і тваринний світ. Ця дія може бути як прямою, так і непрямою, побічною, що, в свою чергу, є наслідком прямої дії. Розміри зони розповсюдження непрямої дії значно перевищують розміри зони локалізації прямої дії і, як правило, в зону розповсюдження побічної дії потрапляє не тільки елемент біосфери, що піддається безпосередній дії, але й інші її елементи.

У процесі гірничого виробництва утворюються і швидко збільшуються простори, зачеплені гірничими виробками, відвалами порід і відходів переробки, негативний вплив яких розповсюджується на навколишні території.

У зв'язку з осушенням родовищ і скиданням дренажних і стічних вод (відходів переробки корисних копалин) у поверхневі водоймища і водотоки різко змінюються гідрогеологічні та гідрологічні умови в районі родовища, погіршується якість підземних і поверхневих вод.

В результаті комплексної дії на вказані елементи біосфери істотно погіршуються умови росту рослин, життєдіяльності тварин, здоров'я людини.

Деякими авторами зроблено спробу класифікувати дію гірничого виробництва на навколишнє середовище. Так, японський учений М.Накао [1] поділяє наслідки негативної дії гірничого виробництва на навколишнє середовище на такі групи:

1 осідання земної поверхні внаслідок утворення підземних порожнин, що виникають у процесі видобування твердих корисних копалин і відкачування шахтних вод;

2 збиток, нанесений сільському господарству і рибальству впливом відпомпованих шахтних вод;

3 збиток, нанесений сільському господарству і лісоводству від виділенням газів, що містять сірчисті оксиди;

4 шкода, спричинена, живим істотам, і збиток, нанесений будовам і земельним угіддям внаслідок утворення териконів, відстійників шахтних вод, а також складування відходів.

Ця класифікація є дуже вузькою і не відображає всіх особливостей впливу гірничого виробництва на навколишнє середовище.

Польські фахівці Е. Малара, Т. Ськавіна [2] вважають, що цю дію спричинюють геомеханічні, гідрологічні, хімічні, фізико-механічні та термічні зміни в навколишньому середовищі.

Геомеханічні зміни обумовлені:

1 будівництвом кар'єрів, відвалів, відстійних водоймищ, різних насипів і траншей;

2 деформацією поверхні в результаті проведення гірничих робіт;

3 зберіганням відходів збагачувальних фабрик;

4 наслідками монтажних робіт, застосуванням громіздкого устаткування тощо.

Внаслідок цієї дії відбуваються: зміни рельєфу місцевості та геологічної структури масиву гірських порід, зсуви, механічні пошкодження ґрунту, ліквідація його родючого шару і утворення безґрунтових місцевостей; пошкодження будівельних об'єктів та інженерних споруд (у тому числі будівельного полотна).

Гідрологічні зміни обумовлені:

- 1 дренажною дією підземних і відкритих гірничих виробок;
- 2 деформацією поверхні в результаті видобування (вилучення) гірських порід;
- 3 будівництвом кар'єрів, відвалів, різних насипів і траншей;
- 4 зсувом русел річок, будівництвом штучних водоймищ, перепадів та інших гідротехнічних споруд;
- 5 забрудненням вод;
- 6 Вилученням підземних вод з метою їх використання;
- 7 дренаванням родовищ.

Гідрологічні зміни полягають у:

- зміні положення рівня підземних вод та мереж, гідрографії;
- погіршенні якості вод неглибоко залягаючих водоносних горизонтів, водного режиму ґрунтового шару;
- зменшенні ресурсів підземних вод;
- погіршенні геолого-інженерних умов будівельного полотна;
- збільшенні суфозії та механічного ущільнення ґрунтів;
- зміні морфодинамічного режиму річок; утворенні заплав.

Хімічні зміни обумовлені:

- 1 емісією газів і хімічно активного пилу;
- 2 скиданням засолених і забруднених вод;
- 3 дією токсичних компонентів, що містяться у відвалах і хвостосховищах.

У результаті цієї дії відбуваються: зміни складу і властивостей атмосферного повітря, вод і ґрунту.

Фізико-механічні зміни обумовлені:

1 емісією пилу і аерозолів.

2 скиданням вод, забруднених суспензією і гідрозолями.

У результаті цієї дії відбуваються: зміни у складі та властивостей атмосферного повітря, вод і ґрунтів;

Термічні зміни обумовлені:

1 забрудненням повітря;

2 скиданням підігрітих вод;

3 нагнітанням підігрітих вод у масив гірських порід.

У результаті цієї дії відбуваються: зміни якості атмосферного повітря і водного басейну.

Класифікація, запропонована польськими фахівцями, володіє низкою недоліків, а саме:

1 невідомі принципи, покладені в основу класифікації типів змін, оскільки одні і ті ж причини обумовлюють різні зміни в навколишньому середовищі;

2 одні і ті ж результати дії гірничого виробництва віднесені в різні класи.

Доцільніше класифікувати діяння гірничого виробництва на навколишнє середовище за окремими елементами біосфери. Основні види і наслідки дії гірничого виробництва на біосферу наведені у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

**Основні види і наслідки дії гірського виробництва
на біосферу**

Елементи біосфери	Дія на елементи біосфери	Результат дії
1 Водний басейн		
1.1 Підземні води	Скидання стічних і дренажних вод.	Зменшення запасів підземних ґрунтових і поверхневих вод. Порушення гідрогеологічного та гідрологічного режиму водного басейну.
1.2 Поверхневі води	Скидання стічних і дренажних вод. Водозабір для тех.-нічних та побутових потреб підприємств.	Забруднення водного басейну стічними та дренажними водами. Погіршення якості води внаслідок зміни гідрохімічних та біологічних режимів поверхневих і підземних вод.
2 Повітряний басейн	Організовані та неорганізовані викиди в атмосферу пилу та газів.	Забруднення атмосфери.
3 Земна поверхня	Проведення гірничих виробок, спорудження відвалів, хвостосховищ.	Зрушення земного покриву, погіршення якості сільськогосподарських угідь. Зміна гідрохімічного стану ґрунтових і поверхневих вод. Ерозійні процеси.
4 Флора і фауна	Промислове будівництво. Вирубання лісів. Порушення земного покриву. Зміна стану поверхневих і ґрунтових вод.	Погіршення умов існування лісової, степової і водної фауни і флори. Міграція і зменшення чисельності диких звірів. Зменшення видів рослин. Зниження врожайності сільськогосподарських культур

Продовження таблиці 1.1

5 Надра	Проведення гірничих виробок. Видобуток корисних копалин. Обводнення ділянки родовищ. Захоронення шкідливих речовин і відходів виробництва. Скидання стічних вод.	Зміна напружено-деформованого стану масиву гірських порід. Забруднення надр. Розвиток карстових процесів. Втрата корисних копалин.
----------------	--	--

У проблемі охорони навколишнього середовища від шкідливої дії гірничого виробництва є ще багато невирішених питань, обумовлених низкою причин об'єктивного і суб'єктивного характеру:

- недостатнім обґрунтуванням екологічних обмежень в технології видобування і переробки копалин;
- якісними відмінностями кругообігу речовини і енергії в штучних (господарських) системах порівняно з природними (екологічними);
- суперечностями між вимогами поліпшення техніко-економічних показників гірничого виробництва і необхідністю збереження біосфери в оптимальному стані;
- недостатньою розробленістю методів економічної оцінки природних ресурсів і збитку, що наноситься гірничим виробництвом елементам біосфери;
- відомчим підходом до охорони і раціонального використання природних ресурсів;
- недостатньою ерудицією працівників гірничого виробництва щодо питань екології.

Якщо раніше охорона навколишнього середовища припускала розробляння і реалізацію заходів тільки захисного характеру, то тепер рівень розвитку виробництва (зокрема, гірничого) вимагає розширення

цього поняття шляхом включення до нього і планового управління природними ресурсами.

Найважливішою стороною проблеми взаємодії гірничого виробництва з навколишнім середовищем у сучасних умовах є посилення зворотнього зв'язку, тобто впливу умов навколишнього середовища на вибір рішень у процесі проектування, будівництва гірничих підприємств та їх експлуатації (спосіб осушення родовища, вид рекультивації).

У калійній промисловості питанню охорони навколишнього середовища і раціонального використання природних ресурсів завжди приділялось багато уваги.

Як свідчить аналіз фондів та літературних матеріалів промислові стічні води калійних підприємств можна поділити на три основних групи:

- умовно чисті стоки, з допустимою для скидання у поверхневі водостоки мінералізацією;
- промислові, забруднені стоки, які за допомогою існуючих на сьогодні методів можуть бути очищені до гранично допустимих концентрацій;
- високомінералізовані розсоли, для яких на сьогодні фактично не розроблені методи очищення та утилізації. У районі розробки калійних родовищ вони накопичуються в наземних хвостосховищах, які, у свою чергу, є джерелами забруднення (засолення) ґрунтових вод.

Саме високомінералізовані розсоли третьої групи є найбільш небезпечними для навколишнього середовища. Утворюються вони здебільшого при розчиненні руди в процесі виробництва калійних добрив, а також під час розчинення вмісту солевідвалів атмосферними опадами. Це – галітові відходи і глинисто - сольові шлами. Саме у процесі переробки калійних руд утворюються тверді галітові відходи, які складають на поверхні землі в солевідвалах, та глинисто-сольові шлами, які вивозять в шламосховища, що є одночасно і відстійниками, і

освітлювачами. Звідти концентровані розсоли повертають у технологічний процес.

Всі дослідження, які на сьогодні проводяться з метою вирішення проблеми засолення ґрунту і підземних вод відходами калійних родовищ, як засвідчили результати комплексного аналізу літературних джерел, мовно проводять за такими основними напрямками:

- удосконалення технології видобування та переробки сальвінітових руд;
- створення надійних протифільтраційних екранів під шламосвалищами;
- пошук методів захоронення високомінералізованих розсолів у відпрацьовані гірничі виробки і глибоко залягаючі горизонти.

Одним із шляхів вирішення проблеми є розміщення високомінералізованих розсолів у вироблений простір копалень [3;4;5;6;7], що, в свою чергу, уможливорює швидке освітлення розсолів та призводить до накопичення значного об'єму рідкої фази на ділянці закладання. До того ж використання галітових відходів як несучого елемента системи уможливорює зменшення просідання земної поверхні. Однак велика трудомісткість спорудження розсолонепроникних і фільтруючих перемичок, монтажу пульпопроводів та складні гірничо-геологічні умови залягання пластів перешкоджають досягненню необхідної повноти закладання камер. Дуже важко запобігти фільтрації розсолів глинистими прошарками і через ізолюючі перемички, рух розсолів якими неконтрольованим. Ще однією причиною є кристалізація солі у розсолепроводах. Вказані недоліки перешкоджають проведенню найближчим часом гідрозакладувальних робіт у межах калійних родовищ Передкарпаття.

Ще однією із ефективних схем переробки калійних руд є комплексна переробка за схемою повного розчинення за технологічною схемою

ВНДІГ [8]. Вона дає змогу використовувати всі компоненти руди (окрім глини) для виготовлення корисної продукції, при чому одночасно з бесхлорним добривом можна виготовляти харчову сіль, сировину для виробництва металічного магнію. Технологічна схема складається з п'яти взаємопов'язаних циклів:

- виробництво калімагнезії (головний цикл);
- виробництво сульфату калію;
- флотаційне збагачення нерозчиненого залишку руди;
- випарювання надлишкового маточного щолоку;
- виробництво карналіту.

Недоліками схеми є складність апаратного оформлення, чутливість процесу до мінералогічного складу руди, складність використання продуктів флотації в галургічному циклі через спінення калійних солей, значні енергетичні затрати і значний вихід відходів (близько 0,6т на 1т руди).

На сьогодні відомо декілька технологічних схем переробки калійних руд сульфатного типу. Схема комплексної переробки калійних руд на Калуському хіміко-металургічному комбінаті складалася із таких виробничих циклів:

1 У головному (сульфатному) циклі виробництва здійснювалося розчинення легкорозчинних калій-магнієвих мінералів (каїніт, сільвін, карналіт, шеніт), а також кристалізація шеніту з отриманих розчинів, який після взаємодії з розчином хлористого кальцію розкладається до сульфату калію.

2 У флотаційному циклі нерозчинена частина руди надходить у калійно – магнієвий концентрат з подальшим отриманням із нього шеніту.

3 У циклі випарювання здійснюється регенерація хлористого натрію та калійних солей з отриманням розчинів хлористого магнію для виробництва штучного карналіту.

У роботах [6;8] через низький вміст корисного компоненту (10% K_2O) полігаліт пропонувалося скидати в хвостосховища. Проте, було встановлено, що з нього можна отримати каліймагнезію за такою схемою: подрібнення залишку до розміру частинок 2мм, обтискання за температури 550-600 °С, розчинення пропеченого полігаліту, кристалізація шеніту із розчину.

У 1968 році було винайдено схему повного розчинення галіту і використання хлор – натрієвих розсолів для виробництва кухонної солі. Однак, очікуваного результату від вдосконалення технології переробки полімерних руд на Калуш-Голинському родовищі калійних солей так і не було отримано.

Отже, розробка калійних родовищ певним чином спричинює забруднення навколишнього середовища високомінералізованими розсолами, технологія переробки яких на сьогодні відсутня. Єдиним надійним методом запобігання забрудненню поверхневих вод, ґрунтів, атмосфери є захоронення високомінералізованих розсолів у глибокозалягаючі водоносні горизонти, як альтернатива поверхневому накопиченню або скиданню їх в річки. У такий спосіб за наявності певного комплексу гідрогеологічних умов може бути забезпечено видалення з біосфери екологічно небезпечних речовин.

Аналіз існуючих методів та засобів зменшення впливу калійних родовищ на навколишнє середовище засвідчив, що захоронення високомінералізованих розсолів на сьогодні в глибокозалягаючі водоносні горизонти є ефективним і економічним методом їх знешкодження.

Скидання промислових відходів у глибокозалягаючі водоносні горизонти вперше застосовувалось в США компанією «Доукемікл компані» в 30-40 роках минулого століття [9]. Позитивний досвід цієї компанії, сприяв тому, що кількість підприємств, які почали застосовувати даний метод видалення промислових відходів, різко зростає. На сьогодні

захоронення шкідливих промислових відходів у підземні водоносні горизонти успішно проводиться в США, Німеччині, Японії, Канаді, Росії, Франції, Іспанії, Україні. Найбільш поширений цей метод у США, де на даний час підземне захоронення здійснюється в 23 його штатах. При цьому кількість свердловин для захоронення промислових відходів сягає більше трьох сотень.

Згідно статистичних досліджень [9] інжекційні свердловини залежно від глибини розподіляють таким чином: до 300м – 6%; 300-600м – 32%; 600-1300м – 37%; 1300-2000м – 28%; більш 2000м – 7%. Як видно із наведених даних, більшість свердловин (близько 87%) має глибину від 300 до 2000м.

Згідно проведених досліджень геологічні формації, які використовують як резервуари для захоронення промислових відходів, представлені, здебільшого, осадовими породами, з них: піски – 33%; пісковики – 41%; рідше – карбонати, вапняки і доломіти – 22%.

Так, промислові відходи компанії «Роккі Маунтін Арсенал» у Денвері (штат Колорадо, США) нагнітають у формацію, що складена метаморфічними породами. Приємність нагнітальних свердловин коливається в широких межах - від декількох до 5000 м³/добу. Тиск на гирлі свердловин під час нагнітання становить від 2,1 МПа до 100 МПа.

У колишньому Радянському Союзі захоронення промислових відходів здійснювалось у широких масштабах, починаючи із 1935 року у нафтовій, газовій, атомній, хімічній, фармацевтичній і ряді інших галузей промисловості. У нафтовій промисловості (і, меншою мірою, у газовій) великі об'єми захоронення промислових відходів пов'язані з поверненням у надра пластових вод, що супроводжують, в основному, видобування нафти. Так, захоронення стічних нафтових вод у глибокі поглинаючі горизонти з частковим їх використанням для підтримки пластового

тиску, вперше почало впроваджуватися в промислових масштабах на промислах об'єднань «Башнафта», «Томнафта», «Куйбишевнафта» і «Пермнафта» з середини 50-х років 20 століття, а пізніше - на більшості нафтопромислів країни.

Коло питань, які пов'язані з підземним захороненням, вивчено та досліджено з різним ступенем детальності. Перші методичні розробки (за гідрогеологічними дослідженнями) з метою встановлення умов захоронення промислових відходів було складено у 1964 році Е.Е. Керкисом [10]. Окремі питання щодо цієї проблеми розроблялись і були пізніше висвітлені в працях А.С. Белицького, В.М. Гольдберга, В.М. Мироненка, Е.І. Орлової, Н.І. Плотнікова, В.М. Шестакова та інших [11;12;13;14; 15; 16; 17; 18; 19; 20].

Найбільший досвід з нагнітання промислових стічних вод у поглинаючі горизонти і продуктивні пласти накопичений на промислах Волго-Уральської нафтоносної провінції. Саме Урал – старий гірничорудний район, де історично інфраструктура території просторово прив'язана до об'єктів розробки родовищ корисних копалини. Здебільшого, це – залізорудні, вуглеводневі, мідно-цинкові, калійні та вугільні родовища. Міста Нижній Тагіл, Красноуральськ, Алапаєвськ, Артемівськ, Азбест, Копейськ, Коркіно, Дегтярськ, Карпінськ, Североуральськ та багато інших знаходяться в зоні безпосереднього впливу відкритих та підземних гірничих виробок. Частина родовищ, на сьогодні вже відпрацьована і ліквідована, або перебуває на «мокрій» консервації (Красноуральськ – мідні копальні, Дігтярська копальня, копальня ІІІ Інтернаціоналу, Егоршинське родовище антрацитного вугілля, Високогористе і Естюнінське залізорудне, Баженівське родовище хризотиласбесту, Коркинське буровугільне родовище, Північноуральські бокситові копальні).

Поглинаючі і продуктивні горизонти верхнього девону, карбону та

пермі, що представлені переважно тріщинуватими вапняками і доломітами, упродовж років з успіхом використовуються на багатьох промислах для нагнітання промислових вод. Приємність нагнітальних свердловин здебільшого не перевищує 2000 м³/добу, досягаючи іноді 10000 м³/добу за тисків нагнітання до 10 МПа. Постійний рівень приємності нагнітальних свердловин підтримується відкачуванням, кислотними обробками, торпедуванням.

У газовій промисловості полігони для скидання промислових відходів у глибокі поглинаючі горизонти були споруджені одночасно з будівництвом Оренбурзького й Астраханського газохімічних комплексів (ГХК) [21]. Полігони використовуються для скидання високомінералізованих відходів, що містять залишки сірководню і хімреагентів (гліколі, аміни), які використовуються для очищення та переробки газу і конденсату.

Оренбурзький хімічний комбінат скидає промислові відходи у візейські тріщинувато-кавернозні вапняки на глибину 2900м. Захоронення відходів здійснюється з витратою у декілька сотень кубометрів на добу. Полігон працює ще з 1978 р.

Найбільш небезпечними для навколишнього середовища є радіоактивні відходи. Саме через це системи їх підземного захоронення споруджуються ретельно і можуть слугувати прикладами надійності полігонів. Так, найбільші підприємства атомної промисловості, такі як Сибірський хімічний комбінат (м. Сіверськ) і гірничо-хімічний комбінат (м. Железногорськ) розташовуються в межах граничних частин платформ в областях розвитку досить потужних осадових відкладів, до складу яких входять пласти проникних порід, перекриті слабкопроникними відкладами. Для скидання вод використовуються герметичні структури із застійним режимом підземних вод. Використання проникних горизонтів для захоронення уможливила ізолювання небезпечних радіоактивних

відходів у стислі терміни за розумних витрат.

Нагнітання радіоактивних відходів Інституту атомних реакторів (м. Дмитровград) у яснополянський, оксько-серпухівський і візейський горизонти здійснюється з 1966р [22]. Водонесний горизонт розкрито перфорацією в інтервалі 1432,1-1504м. Ефективна пористість горизонту – 11%. Він містить воду хлоридно-сульфатно-натрієвого складу з мінералізацією 230-250 г/л.

Хімічний склад радіоактивних відходів, які видаляються, досить складний. Вміст поверхнево-активних речовин у них становить до 25%, рН-7, мінералізація – 9г/л. Сумісність відходів, які нагнітаються, із пластовою водою забезпечується спеціальною обробкою і підтримкою рН відходів на рівні 6-7. За період з 1966 по 1992 р. тут уже захоронено понад 2,0 млн.м³ радіоактивних відходів. За даними гідропостережень свердловин просування відходів у пласті сягає 400м на рік, а експлуатація полігону продовжується.

Підземне захоронення промислових відходів ведеться сьогодні на раді підприємств хімічної промисловості. Так, наприклад, на Тамбовському хімічному заводі ще з 1968 року проводиться захоронення відходів аніліно-барвникового підприємства з витратою 2,5тис.м³/добу. Станом на 1980 рік у глибокозалягаючі водонесні горизонти було скинуто уже близько 8млн.т промислових відходів. На полігоні об'єднання «Оргскло» (м. Держинськ, Горьківської області Росії захоронено близько 525тис.м³ рідких відходів [22; 23].

В Україні успішно проводиться захоронення стічних вод Первомайського хімічного заводу Харківської області [24]. Район захоронення характеризується солянокупольною тектонікою. Основний пласт – колектор, приурочений до тріасових відкладів, що залягають на глибині 1700м і представлені пісковиками та конгломератами. Зверху цей горизонт надійно ізольований 150м товщею глин верхнього тріасу.

На полігоні пробурено 5 нагнітальних і 24 спостережних свердловини. Результати контролю свідчать, що проникнення промислових відходів у вищезалягаючі горизонти не відбувається, оскільки фронт їх поширення у нижньотріасовому горизонті сягає не більше 100м від центру полігону захоронення. Так, цей полігон Первомайського хімзаводу експлуатується з 1974 року, на ньому станом на сьогоднішній день захоронено понад 12млн.м³ рідких відходів.

Захоронення промислових відходів Астраханського газохімічного комбінату (ГХК) здійснюється в альбські теригенні відклади, які залягають на глибині 1000-1100м. Нагнітання здійснюється з добовою витратою до 1100м³. Полігон працює з 1984 року і досі.

З 1967 р. здійснюється нагнітання стічних вод цеху синтетичних жирних кислот Уфимського НПЗ у горизонти з інтервалом глибин 1355-1720м. Приємистість свердловин становить 350-400м³/добу при тиску на гирлі - 6МПа. З 1968 р. у районі м.Тамбова здійснюється скидання стічних вод хімічного комбінату в теригенні відклади старооскольського і воробйовського горизонтів середнього девону. Обидва горизонти експлуатуються спільно в інтервалах глибин 694-707,5 і 721,5-733,5м. Середньодобова витрата нагнітання становить 70 м³/год. Тиск нагнітання (на гирлі) – 2 - 2,7 МПа.

Кімберлітова трубка «Вдала» є одним з провідних постачальників алмазів в Росії [25]. Вона знаходиться в межах Якутської алмазоносною провінції в Далдино-Алакитському районі. Протягом багатьох років розробка родовища ускладнена припливом хлоридних розсолів до кар'єру. Для осушення кар'єру, глибина якого перевищила 470м, застосовується відкритий водозлив. Захоронення дренажних вод здійснюється на Жовтневому полігоні в мерзлі осадові породи кембрійського віку. Система захоронення розсолів загалом є екологічно безпечною, вона є добре відлагоджена і функціонує понад 15 років. До кінця 2001 року в породи

запомповано близько 10 млн.м³ високомінералізованих розсолів.

У процесі будівництва підземних сховищ гелієвого концентрату та стабільного конденсату у районі м. Оренбурга скидання розсолу здійснювалось у візейські кавернозно-тріщинуваті вапняки на глибині 2900м. Через спеціально пробурені нагнітальні свердловини на сьогодні захоронено близько 3,5 млн.м³ розсолів.

Інститут «Укргазпроект» неодноразово проводив проектування захоронення в глибокі поглинаючі горизонти будівельних розсолів, які утворюються у процесі будівництва підземних сховищ у кам'яні солі на родовищах ДДЗ. Так, під час спорудження будівельних об'єктів на території нафтопромислів будівельні розсоли в об'ємі 3,5 млн.м³ запомпували в тріасовий теригенний горизонт на глибину 1100-1300м, через відпрацьовані свердловини Радченківського нафтопромислу [20].

У процесі спорудження об'єкта «Площадка 4» захоронення будівельних розсолів здійснювалось через спеціально закладені свердловини, що розкрили пермські теригенні відклади на глибині 1300м. Усього захоронено понад 5 млн.м³ розсолів.

Низку наукових праць відомих науковців, таких як О.М. Адаменко, П.К. Гаркушина, В.В. Доліна, В.К. Липницького, Н.М. Джинорідзе, Е.Д. Кузьменка, В.В. Колодія, Г.І. Рудька, Я.М. Семчука та інших [6; 8; 27; 28; 29; 30; 31; 32; 33; 34; 35; 36; 37; 38; 39; 40; 41; 42; 43; 44; 45; 46; 47; 48; 49; 50] присвячено вивченню екологічної ситуації саме на родовищах Передкарпаття. За результатами досліджень було закладено теоретичні основи, а деякі з них дали підстави впровадити на практиці методи захисту навколишнього середовища в районі розробки калійних солей.

В.В. Колодій [40; 43], оцінюючи можливості використання водоносних горизонтів для поглинання супутніх пластових вод, на основі проведених досліджень переконливо довів, що методи, які традиційно використовуються

під час знешкодження шкідливих відходів у процесі видобування корисних копалин, уже не можуть вважатися екологічно прийнятними. На його думку, метод утилізації супутніх пластових вод шляхом підземного захоронення є на сьогодні найбільш прийнятним і екологічно безпечним для довкілля.

Важливі питання щодо охорони навколишнього середовища калійних родовищ Передкарпаття розглядаються у працях Я.М. Семчука [38;39]. З метою покращення екологічної ситуації на Калуш-Голинському родовищі калійних солей ним уперше запропоновано і науково обґрунтовано регульоване затоплення гірничих виробок шахти „Калуш”. Автором запропоновано влаштування в основі солевідвалів хвостосховищ протифільтраційних екранів та локалізуванню утворених ареалів засолення підземних вод за допомогою баражних стінок, ін’єкційних та гідродинамічних завіс.

Ризнич І.І., Ротькін С.М [8] запропонували захоронення розсолів у глибокі водоносні горизонти юрських та верхньокрейдових відкладів Калуш-Голинського родовища калійних солей. Однак, несумісність пластового розсолу і розсолу із хвостосховища унеможливили здійснення цього процесу. Відтак пошук сприятливих об’єктів та дослідження у цьому напрямку були припинені.

У працях Малишевської О.С. [38] розроблено замкнуту схему переробки відходів полімінеральних соляних руд, розроблено методику оконтурення джерел забруднення місцевими водонепроникними матеріалами.

Узагальнюючи даний розділ дисертаційної роботи слід зауважити, що на сьогодні метод захоронення високомінералізованих розсолів у виснажені розробкою газоносні поклади газових родовищ порівнянно із іншими методами переробки відходів калійних родовищ має низку

переваг. Це, насамперед, те, що він не спричиняє забруднення атмосфери, води і не пов'язаний з додатковим знешкодженням шлаків, золи і інших вторинних відходів. У процесі захоронення відпадає необхідність у будівництві буферних та резервних поверхонь накопичувачів рідких відходів, які мають місце під час переробки розсолів іншими методами. Проте, цей метод має і свої особливості, а це високий ступінь контролю за поширенням відходів у поглинальному горизонті. Попереднє очищення перед закачуванням розсолів від механічних домішок та інших компонентів, які можуть спричинити кольматацію привибійної зони, а відтак, значне пониження приємності нагнітальних свердловин.

Висновок

Здійснено критичний аналіз існуючих даних щодо складу високомінералізованих розсолів калійних родовищ Передкарпаття та методів їх утилізації. Встановлено, що методи, які традиційно застосовувались для знешкодження цих розсолів, на сьогодні не можуть вважатись екологічно прийнятними, а єдиним надійним методом утилізації високомінералізованих розсолів є їх захоронення у виснажені розробкою поклади вуглеводнів поряд розташованих родовищ [44, 45, 46, 47, 48; 49].

На основі проведеного аналізу сучасного стану цієї проблеми сформульовано мету та завдання дисертаційної роботи.

Розділ 2

ВИВЧЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ГЕОЛОГІЧНОЇ БУДОВИ ДОСЛІДЖУВАНОВОГО РАЙОНУ І ГРИНІВСЬКОГО ГАЗОВОГО РОДОВИЩА ЯК ОБ'ЄКТА УТИЛІЗАЦІЇ РОЗСОЛУ

Захоронення промислових стічних вод у земні надра пов'язане з порушенням природного гідродинамічного режиму якої-небудь її ділянки. Тому здійснення такого процесу вимагає чіткого уявлення про геологічну будову і гідрогеологічні умови території та особливості геологічних процесів, що протікають в її межах.

Найбільш ефективним і економічним способом, як уже зазначалось раніше, є захоронення цих розсолів у виснажені розробкою поклади вуглеводнів, (зокрема, Гринівського газового родовища), що, в свою чергу, сприятиме підтриманню пластового тиску. Він здійснюватиметься або шляхом самоналивання, або шляхом запоповування з невеликим тиском на гирлі поглинальних свердловин.

Зауважимо, що геологічна будова досліджуваного району вивчалась за матеріалами процесу буріння і промислового дослідження свердловин виключно з точки зору вивчення гідрогеологічних умов захоронення високомінералізованих розсолів у глибокі поглинаючі горизонти і безпеки підземного захоронення.

Гринівське газове родовище є одним з найбільш типових серед південно-східної групи газових родовищ Зовнішньої зони Передкарпатського передового прогину. Воно розташоване на території Івано-Франківської області між с.Гринівкою – з південного боку та м. Калущем – з північного. На північному заході воно межує з відомими Калущьким та Кадобнянським газовими родовищами [51; 52; 53; 54].

У тектонічному відношенні це родовище знаходиться в межах Косівсько-Угерської підзони Зовнішньої зони прогину (рис.2.1). В його

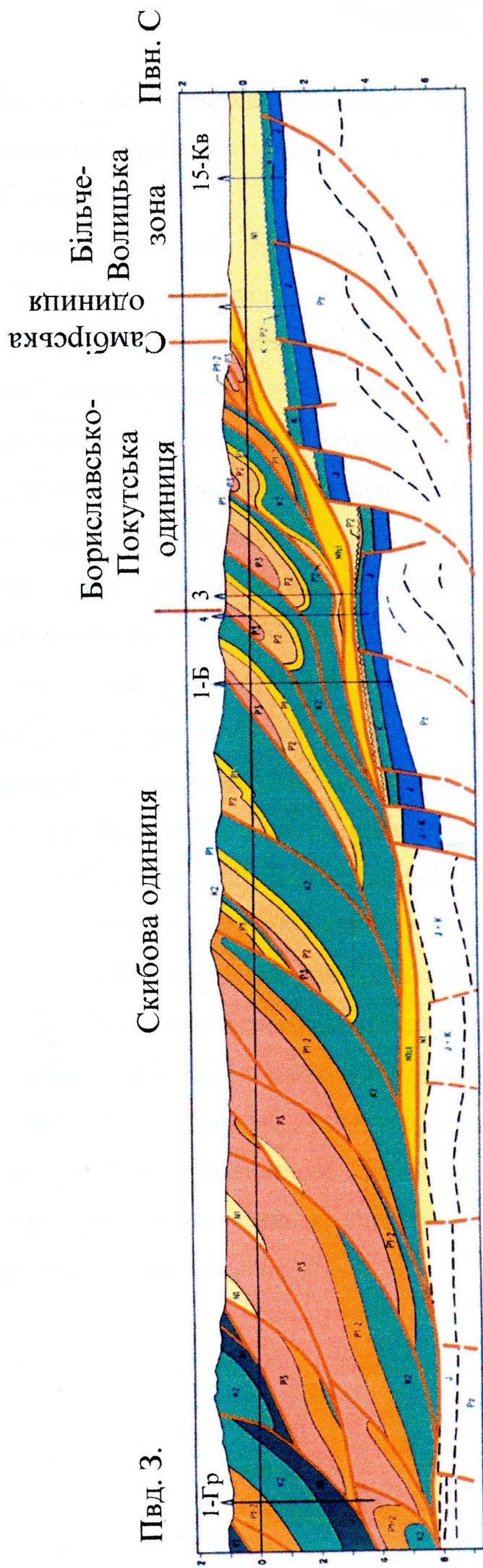


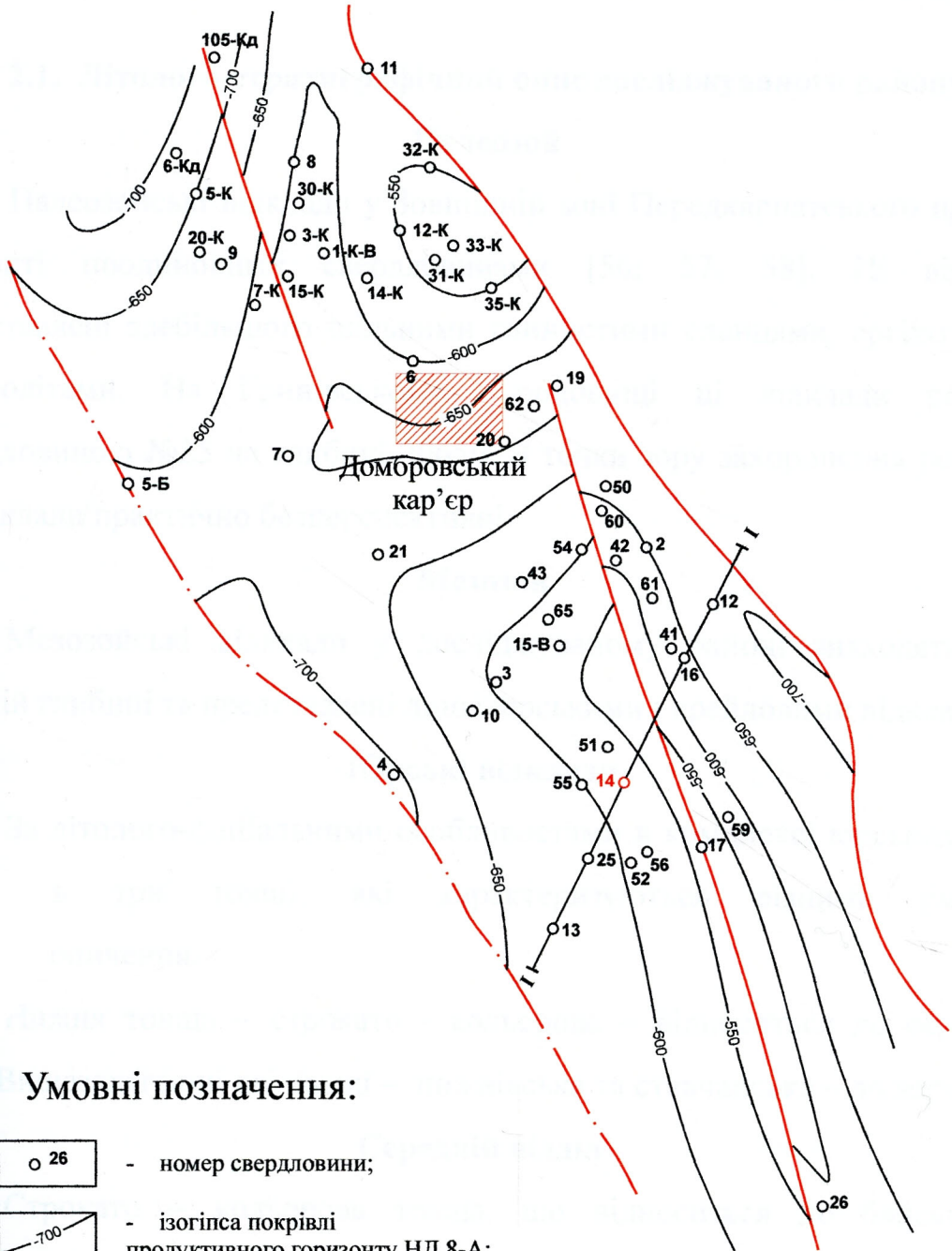
Рис. 2.1. Схематичний структурний поперечний розріз Передкарпатського прогину (за даними УкрДГРІ, 2004р.)

будові беруть участь породи палеозою, юри (середній та верхній відділи), верхньої крейди та неогену (відклади гелвету, тортону та нижнього сармату)[55].

За даними сейсмічних досліджень та глибокого розвідувального буріння, Гринівська структура за покрівлею гіпсо-ангидритової світи являє собою невелике брахіантиклінальне підняття (рис.2.2) з амплітудою близько 100м, що простягається з північного-заходу на південний-схід. На північному-сході воно обмежене Калуським скидом. Складніше уявити собі структурний план верхньотортонських відкладів. Проте, як свідчать результати проведених досліджень, загалом ці відклади повторюють структурний план утворень, що залягають нижче. Промислова газоносність родовища пов'язана з відкладами коломиїських та прутських шарів. У межах цих відкладів газові поклади приурочені до окремих малопотужних шарів пісковиків і алевролітів.

Основними критеріями для виділення перспективних ділянок захоронення промислових відходів є наявність водоносних горизонтів, води яких непридатні для господарських потреб, бальнеологічних та інших цілей, та наявність пласта-колектора із досить високими поглинальними властивостями та надійними умовами ізоляції відходів.

Розглянемо особливості геологічної будови та гідрогеологічних умов району проектних робіт і проведемо розрахунок основних параметрів з метою вибору перспективних, щодо проектування полігону для захоронення високомінералізованих розсолів ділянок, враховуючи непридатність юрських та верхньокрейдяних водоносних горизонтів як об'єктів для захоронення розсолів.



Умовні позначення:

- номер свердловини;
- ізогіпси покрівлі продуктивного горизонту НД 8-А;
- тектонічні порушення;
- лінія розрізу;
- Домбровський кар'єр;
- проектна свердловина.

Рис. 2.2. Гринівське газове родовище. Структурна карта покрівлі продуктивного горизонту НД-8А масштаб 1:100 000 (Манюк О.Р., за матеріалами УкрДГРІ, 2008р.)

2.1. Літолого-стратиграфічний опис досліджуваного району

Палеозой

Палеозойські відклади у Зовнішній зоні Передкарпатського прогину розкриті поодинокими свердловинами [56; 57; 58]. Ці відклади представлені здебільшого щільними глинистими сланцями, аргілітами та алевролітами. На Гринівському родовищі ці відклади розкриті свердловиною №25 на глибині 2065м. З точки зору захоронення розсолів, ці відклади практично безперспективні.

Мезозой

Мезозойські відклади у досліджуваному районі знаходяться на значній глибині та представлені лише юрськими і крейдовими відкладами.

Юрські відклади

За літолого-фаціальними особливостями в комплексі юрських порід виділяють три товщі, які характеризуються різними умовами осадонакопичення.

Нижня товща – строкато - кольорова – відноситься до середньої юри. Вищезалягаючі дві товщі – нижнівська та ставчанська – до верхньої.

Середній відділ

Строкато – кольорова товща, що відноситься до байського і батського ярусів і складається з перешарувань червоних, сірих, темносірих доломітизованих вапняків, доломітів, ангідритів зі строкато - кольоровими аргілітами і алевролітами, в досліджуваному районі розкрита лише свердловиною 25-Гринівка. Товщина цих відкладів складає 40м.

Верхній відділ

Верхній відділ представлений нижнівською та ставчанською світами.

Нижнівська світа складена однорідною товщею сірих, кремевих і білих вапняків. Вапняки тріщинуваті і кавернозні. На Гринівському родовищі ці відклади розкриті свердловинами 4-Г, 16-Г, 25-Г. Результат випробування цих інтервалів засвідчив що фільтраційні властивості цього

горизонту не є постійними, що відображається характером поглинання глинистого розчину: від незначних втрат до значних.

Ставчанська світа складена перешаруванням дуже щільних вапняків з рідкими прошарками мергелів, аргілітів, алевролітів. Товщина цієї світи в районі родовища змінюється від 40 до 72м.

Крейдові відклади

Відклади крейди із стратиграфічним неузгодженням залягають на розмитій поверхні верхньоюрських порід. Крейдові відклади мають значне поширення і розкриті численними свердловинами на глибині 1160-1410м. Їх загальна товщина на Гринівському родовищі сягає 314-403м. На досліджуваній території крейда представлена лише верхнім відділом: сенонським, коньякським, сантонським і кампанським ярусами.

Сенонський ярус складений мергелями, вапняками, аргілітами, глинистими пісковиками. Товщина сеноману – 10-20м.

Туронський ярус представлений одноманітною товщею вапняків з прошарками мергелів товщиною 45-65м. Вапняки щільні, органогенні.

Коньякський ярус представлений здебільшого світло-сірими вапняками і щільними мергелями з прошарками дрібнозернистих пісковиків, зцементованих глинистим цементом.

Сантонський ярус представлений, здебільшого, мергелями, аргілітами і алевролітами з рідшими прошарками пісковиків і глин. Товщина цих відкладів – 175-179м.

Кампанський ярус представлений, в основному, пісковиками і алевролітами, що на досліджуваній площі залягають на глибині 1160-1410м. Товщина цих відкладів сягає 80-150м. Пісковики кварцеві, світло - сірі, середньо - та дрібнозернисті.

Кайнозой

Неогенові відклади

На розмитій поверхні кампанського ярусу неузгоджено залягають відклади неогену, які можна розділити на два підяруси – тортонський і сарматський.

Тортонський підярус розділяється на дві частини: нижню і верхню. До нижнього тортону відносяться Баранівські шари і гіпсоангідритовий горизонт. Баранівські шари представлені пісковиками з прошарками глин та мергелів. Їх товщина – 7-25м. Вище Баранівських шарів залягає гіпсоангідритовий горизонт товщиною 8-11м.

Вище цих шарів залягають верхньотортонські відклади, представлені піщаними глинами, що переходять в алевроліти з прошарками пісковиків. Товщина цих відкладів – до 1000м (685-1190м). З піщаними горизонтами верхнього тортону пов'язані практично всі газові родовища як Зовнішньої зони Передкарпатського прогину, зокрема, Гринівське. Тут знаходиться найбільший за запасами, а на сьогодні виснажений, баденський газовий поклад, розташований поблизу Кадобнянського родовища, який на сьогодні використовується як підземне сховище газу.

Сарматський ярус представлений щільними глинами, аргілітами з прошарками пісковиків. Ці відклади не мають повсюдного поширення, а в районі досліджуваного родовища зрізані насувом.

Насунута серія порід

Відноситься до стебницької світи. Відклади представлені, здебільшого аргілітами, що перешаровуються з алевролітами, пісковиками і глинами. Товща порід цієї світи сягає 100-120м. З цими відкладами пов'язані промислові поклади калійних солей.

Четвертинні відклади

Мають значне поширення і представлені древньоалювіальним галечником товщиною 16м. Загальна товща цих відкладів 20м.

Зведений літолого-стратиграфічний розріз Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину зображено на рисунку 2.3.

2.2. Гідрогеологічна характеристика об'єкта захоронення

На Гринівському газовому родовищі шляхом випробовування 24 глибоких розвідувальних свердловин встановлено наявність підземних вод у всіх розкритих тут стратиграфічних комплексах порід, проте, найбільш повно досліджені лише води продуктивних верхньотортонських відкладів.

Води палеозойських відкладів розкриті свердловинами № 11 та 25, результати досліджень показали, що підземні води у палеозойських відкладах залягають у малопотужних прошарках кварцитоподібних пісковиків та алевролітах. Окремих витриманих за площею водоносних горизонтів тут нема, а водозбагаченість їх невисока. Дебіти свердловин становлять 10-45м³/добу за динамічних рівнів 225-537м. Статичний рівень вод (за даними буріння свердловини №25) перебуває на глибині 200м. За хімічним складом води палеозойських відкладів, розкриті в межах Зовнішньої зони прогину, характеризуються значно мінералізацією, що коливається у межах від 86,5 до 159,5г/дм³. Величина Na/Cl становить 0,81—0,83. Вони містять кальцію (0,03-7,85%екв.) і магнію (2,24— 2,81%екв.). Співвідношення, цих компонентів становить 3,5. Коефіцієнт $\frac{Cl - Na}{Mg}$ дорівнює 3,96, тобто води належать до хлоркальцієвого типу.

Група	Система	Відділ	Підвідділ ярус	Світа	Підсвіта	Стратиграфічна колонка	Потужність (м)	Газовлови	Літологічна характеристика														
К а й н о з о й с ь к а	Н е о г е н о в а	М і о ц е н о в и й	Бурдигал	Стебницька			0 - 2175		Глини зелені, розові з прошарками пісковиків і гравелітів														
										с а р м а т	Д а ш а в с ь к а			300 - 3680	ол ол ол	Чередування темно-сірих глин, алевролітів і сірих пісковиків, в нижній частині. Також прошарки туфів і туфитів							
			Баден	Косівська			12 - 380		Чередування алевролітів, глин і пісковиків														
																	Гельвет	Бого-родчан.			0 - 10	ол	Глини і алевроліти з прошарками мергелів
						0 - 30	ол	Пісковики мергелі															
												2000 і >		Філітизовані сланці, квацитовидні м'якозернисті пісковики, кварцити									

У м о в н і з н а к и :

	Аргіліти		Конгломерати
	Алевроліти		Солі
	Глини		Гіпси
	Пісчаники		Гравеліти
	Туфи і туфити		Нафтопрояви
	Мергелі		Газопрояви
	Стратиграфічні межі		Філітизовані сланці

Рис. 2.3. Зведений літолого-стратиграфічний розріз Більче -Волицької зони Передкарпатського прогину (Манюк О.Р., за матеріалами УкрДГРІ)

хлор-кальцієвого типу. Їх мінералізація змінюється у межах від 127 до 205г/дм³. Основними компонентами тут є хлор (49,1-49,5%екв.) і натрій (40,8-44,4%екв.) Відношення Na/CL – 0,89 – 0,82. Концентрація кальцію – 4,04-6,06%екв., магнію – 1,46-2,7%екв. З мікрокомпонентів є йод (20,7-23,89 мг/дм³) і бром (212,1-342,9 мг/дм³). Хлор-бромний коефіцієнт становить 256-319.

У верхньокрейдяних породах досліджувалась верхня частина кампанського ярусу (за даними випробовувань свердловин №4, 16, 21).

Залежно від глибини розкриття і ступеня мінералізації величина напору вод цього горизонту змінюється від 1050-1200м, а їх статичний рівень встановлюється на глибині 144-185м від устя свердловини. Сольовий склад вод кампанського горизонту, здебільшого, ідентичний до сольового складу вод відкладів верхньої юри. Однак, на відміну від останніх він характеризується більш високою сульфатністю і підвищеною концентрацією йоду.

Відклади верхнього тортону на Гринівському родовищі є єдиним продуктивним комплексом. Дебіт свердловин сягає 5-15м³/добу за динамічних рівнів 220-450м. Статичні рівні вод встановлюються на глибині 108-270м. Відповідно, абсолютні відмітки наведених статичних рівнів змінюється від +139 до +325.

За хімічним складом води відносяться до хлор-кальцієвого типу. Величина їх мінералізації змінюється в дуже широких межах – від 33,6 до 230г/дм³. Домінуючим компонентом є хлор – 48,18-49,9%екв і натрій – 33,3-44,8%екв. Коефіцієнт метаморфізації становить 0,67-0,93. Вміст кальцію (4,0-4,8%екв.) вищий ніж магнію (1,2-4,6%екв.). Відношення CL-Na/Mg дорівнює 1,48-3,9. Концентрація сульфатних іонів змінюється від 0,01 до 1,22%екв, а гідрокарбонатних – 0,08-1,74%екв. Відношення CL/SO₄ дорівнює 39-4926. Вміст йоду становить 4,23-90мг/дм³, бром –

35,93-353,2 мг/дм³; хлор-бромний коефіцієнт становить 98-1825.

Розглядаючи характер зміни мінералізації загалом по розрізу верхньотортонських відкладів, можна зауважити таке. Води з мінімальною мінералізацією поширені в нижній частині розрізу верхнього тортону — вербовецькі шари і одна піщано-глиниста пачка. Найбільш високомінералізовані води знайдені в 3-12 піщано-глинистих пачках.

Розглянемо основні гідрохімічні особливості кожної з виділених тут категорій вод.

Води власне верхньотортонських відкладів. Мінералізація цих вод звичайно становить 116-230 г/дм³. Однією з найбільш характерних особливостей їх сольового складу є відносно зменшений вміст натрію (33,28—39,4%екв.) і збільшена концентрація кальцію (7,8-11,8% екв.). Відповідно відношення Na/CL дорівнює 0,8-0,67. Вміст сульфатів змінюється в межах 0,01-0,1% екв. (14 до 236 мг/дм³). Концентрація йоду, як правило, перевищує 30мг/дм³ (30-57,6 мг/дм³). Іноді концентрація цього компонента сягає 88—90 мг/дм³. Вміст бромну становить від 111,72 до 343,65 мг/дм³; хлор-бромний коефіцієнт перебуває, здебільшого, на рівні 168-328. Характерною особливістю досліджених вод [55;29] є також відносно понижений вміст в їх сольовому складі йоду – 5-21 мг/дм³. Концентрація бромну становить 61-232 мг/дм³; хлор-бромний коефіцієнт – 220-416.

Гідрогеологічний профіль Гринівського газового родовища зображено на рисунку 2.4.

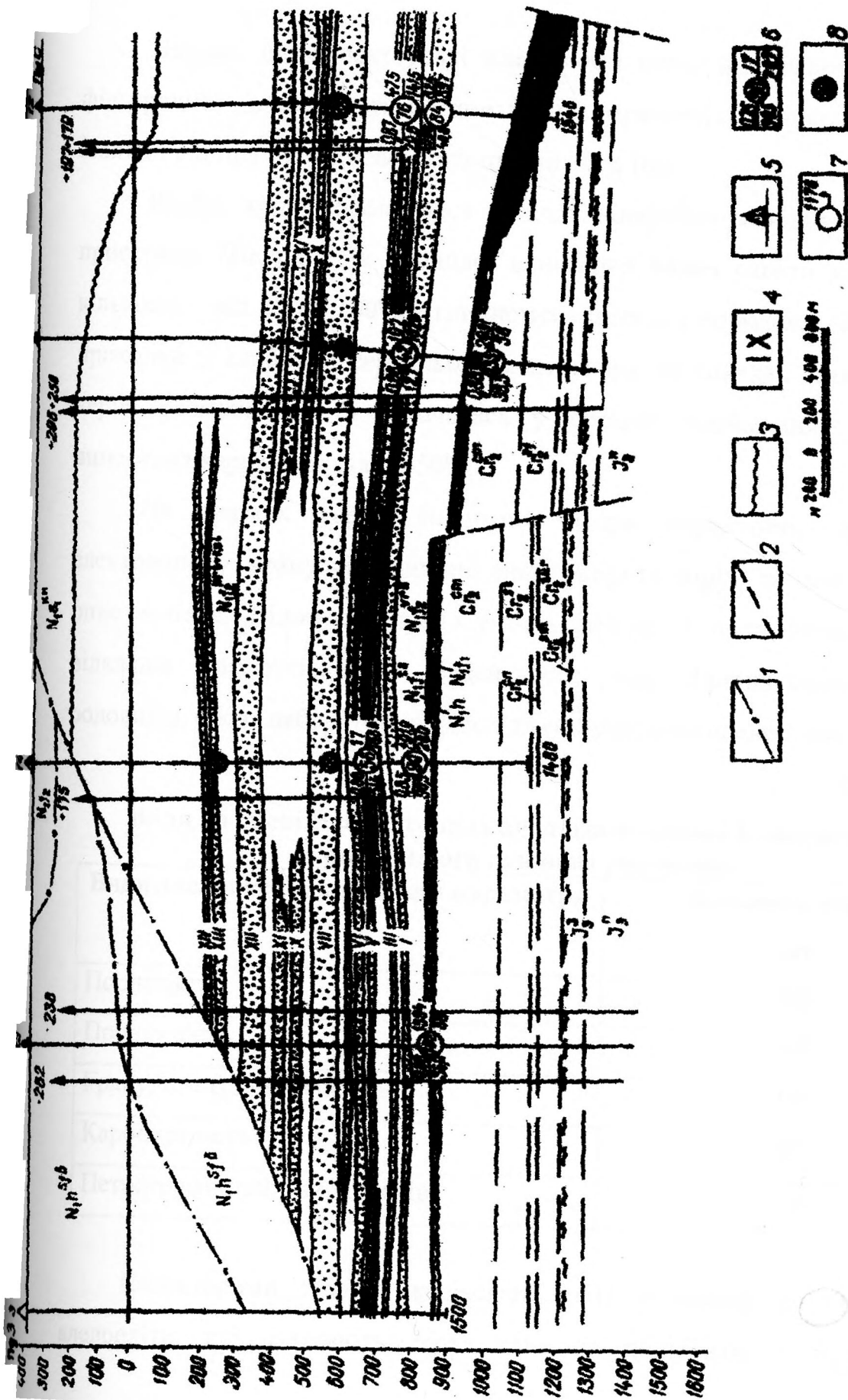


Рис. 2.4. Гринівське газове родовище. Гідрогеологічний профіль вздовж лінії I-I (за даними О.С.Вялов [55])

- 1 - лінія Стебницького насуву; 2 - тектонічні порушення; 3 - лінія розмиву;
- 4 - номер піщано-глинистих пачок; 5 - свердловини; 6 - інтервал, з якого відбиралась пластова вода (в середині кола - мінералізація води);
- 7 - абсолютна відмітка наведеного статистичного рівня; 8 - інтервал, з якого отримано газ.

2.3. Фізико-літологічна характеристика колекторів продуктивних пластів та покришок за результатами вивчення керна

Відомо, що колекторські властивості порід визначають ємнісні та фільтраційні властивості поглинальних горизонтів, а також ступінь їх ізоляції від приповерхневої зони прісних вод [60].

Відбір керна проводився в ході пошуково-розвідувальних робіт пристроєм “Надра”. Як правило, винесення керна сягало максимальної кількості – від 80 до 100% у глинистих і щільних породах, тоді як під час проходки у слабо- і середньозцементованих пісковиках більша частина керна розмивалась та втрачалась у процесі підймання. При цьому винесення керна складало 0-50%.

На зразках керна виконано заміри пористості, проникності, електроопору; гранулометричний аналіз взірців порід та петрографічний опис шліфів. Відомості про кількість взірців і види досліджень для відкладів сарматського і баденського віку Гринівського газового родовища, обсяг лабораторних досліджень керна наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Види та обсяг лабораторних досліджень керна із свердловин Гринівського газового родовища

Види досліджень, визначені параметри	Кількість взірців, шт.
Пористість	299
Проникність	292
Гранулометричний склад	123
Карбонатність	299
Петрографічний опис шліфів	50

Колекторами газу в косівській світі родовища є пісковики і алевроліти, які залягають серед глин та пісковиків і нерівномірно

розповсюджені по розрізу та площі. В окремих інтервалах їх товщини збільшуються і вони утворюють піщані пачки. У баденських і сарматських відкладах родовища вивчено 50 шліфів, з них пісковиків і алевролітів – 36. Літологічний склад порід вивчений додатково за допомогою гранулометричних аналізів.

За даними гранулометричних аналізів у складі пісковиків присутні такі фракції:

1,0-0,5мм – 0,1-25%

0,5-0,25мм – 0,1-34%

0,25-0,1мм – 1-38%

0,1-0,05мм – 5,4-19%

0,05-0,01 мм – 0,1-18%

<0,01 мм – 0,1-10%

Алевроліти грубозернисті, часто піщанисті з таким гранулометричним складом за фракціями:

1,0-0,5 мм – 0,1-7%

0,5-0,25 мм – 0,1-17%

0,25-0,1 мм – 1-38%

0,1-0,05 мм – 18 – 72%

0,05-0,01 мм – 11-38%

<0.01 мм – 8-38%

Пісковики сірі, світло-сірі, кварцеві, поліміктові, слюдисті, вапнисті, середньо- та дрібнозернисті, алевритові з карбонатним та хлористо-слюдистим цементом базального та порово-базального, контактово-порового типу (10-35%).

Кластичний матеріал представлений зернами кварцу, уламками порід (10-23%), зернами польових шпатів. Зустрічаються поодинокі зерна глауконіту, агрегати халцедону, рідкі луски слюд. З уламків частіше зустрічаються породи кремнистого складу: кварцити, халцедоніти,

хлорито- кварцеві сланці, рідше – вапняки крипто-кристалічні, аргіліти, алевроліти та інші.

Польові шпати представлені плагіоклазами, мікроклінами, рідше – калієвим шпатом; акцесорні мінерали – ставролітами, цирконом і гранатом. Окремі пори заповнені піритом, каолінітом. Текстура породи – алевро-псамітова. Структура – масивна.

Алевроліти: сірі, світло-сірі, кварц-польовошпатові, слюдисті, запнисті, з глинисто-карбонатним цементом. Структура породи алевролітова, нерівномірнозерниста. Текстура – масивна.

Порода складається з кластичного матеріалу (85-90%) та цементу (10-15%). Кластичний матеріал представлений переважно кварцем (95-98%). Іноді зустрічаються зерна польових шпатів, халцедону, глауконіту, луски слюди та рідкі зерна циркону і гранату. Пірит розсіяний у вигляді рідких дрібних зерен і створює поодинокі скупчення. Тип цементації – контактово-поровий.

Для визначення ємнісних і фільтраційних властивостей порід у ході пошуково-розвідувальних робіт відібрано 113 зразків з сарматських відкладів і 186 – з баденських.

По сарматських відкладах: пористістю до 10% володіють 9% зразків, а пористістю 10 – 32% – 91% зразків. Проникністю до 1×10^{-3} мкм² володіють 25% зразків, проникність 1×10^{-3} мкм² – 100×10^{-3} мкм² мають 30% зразків, а проникність 100×10^{-3} мкм² – 1000×10^{-3} мкм² спостерігається у 45% зразків. Карбонатність порід сарматського віку пористістю вище 10% складає, в основному, до 14%, рідше – 18%.

По баденських відкладах пористістю до 10% тут володіють 30% зразків, а пористістю 10 – 34% – 70% зразків. Проникність до 1×10^{-3} мкм² мають 30% зразків, проникністю 1×10^{-3} мкм² – 100×10^{-3} мкм² володіють 65% зразків, а проникність 100×10^{-3} мкм² – 1000×10^{-3} мкм² спостерігається

у 5% зразків. Карбонатність порід баденських віку пористістю вище 10% складає, в основному, до 10%, рідше – 16%.

Згідно оціночної класифікації Хаїна М.М. [61; 62; 63] за величиною пористості породи–колектори сарматського і баденського розрізу слід відносити до середнього (III), високого (II) і дуже високого (I) – 20,1-34%, а за проникністю вони підпадають до (IV, III, II та I) класів колекторів; їх проникність змінюється від $<0,01 \times 10^{-3} \text{ мкм}^2$ до $1000 \times 10^{-3} \text{ мкм}^2$.

Оскільки газогідродинамічні дослідження у поглинальних свердловинах не проводилися, то для подальших розрахунків використовувалися усереднені значення параметрів продуктивних пластів, визначені на основі матеріалів досліджень експлуатаційних свердловин горизонту НД-8А (таблиця 2.2).

Таблиця 2.2

**Усереднені параметри продуктивного пласта горизонту НД-8А
Гринівського газового родовища**

Інтервал залягання поглинального горизонту, м	Загальна товщина поглинального горизонту, м	Ефективна товщина поглинального горизонту, м	Пористість, %	Проникність, мкм ²	П'єзопровідність, см ² /с
850-935	85	52	15	1,75	23×10^5

Роль покришок відіграють глини, товщини яких сягає від 850 до 900 м і більше. Глини темно-сірі, інколи зі слабким зеленуватим відтінком, міцні, піскуваті, рідко – сланцюваті, слабкослюдисті, вапнисті з присипками по площинах нашарування. Значна за товщиною та добре витримана по площі сульфатно-галогенна товща глинистих відкладів прослідковується далеко поза межами родовища, її екрануюча властивість обумовлена високою щільністю та значною товщиною і підтверджується самим фактом утворення та збереження покладів газу в цих відкладах.

Регіональне поширення, значна товщина і добрі фільтраційні

властивості баденських відкладів, а також надійна регіональна водотривка товща глинисто-галогеєних порід неогену гарантують надійність захоронення високомінералізованих розсолів у баденському комплексі відкладів.

2.4. Сучасний стан гідродинаміки нижньобаденського горизонту

Постійна розробка Гринівського газового родовища почалась з 1961 року. Відтоді спостерігається постійне зниження пластового тиску по всьому нижньобаденському горизонту [54]. Розподіл між значеннями пластових тисків по газових свердловинах цього родовища не перевищував 0,05МПа, що свідчить про високу проникність і п'єзопровідність, а також відповідну однорідність пласта.

Основні гідродинамічні показники розробки Гринівського родовища наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

Основні гідродинамічні показники розробки Гринівського родовища

№п/п	Показники	Значення
1.	Початковий пластовий тиск, МПа	7,3
2.	Початкові запаси газу, млрд. м ³	2,1
3.	Початковий поровий об'єм, зайнятий газом, млн. м ³	282
Станом на сьогодні		
1	Сумарний відбір газу, млн.м ³	1,02
2	Поточний пластовий тиск, МПа	3,9
3	Поточний поровий об'єм, зайнятий газом, млн.м ³	105
4	Об'єм порового простору, зайнятий водою, млн.м ³	177

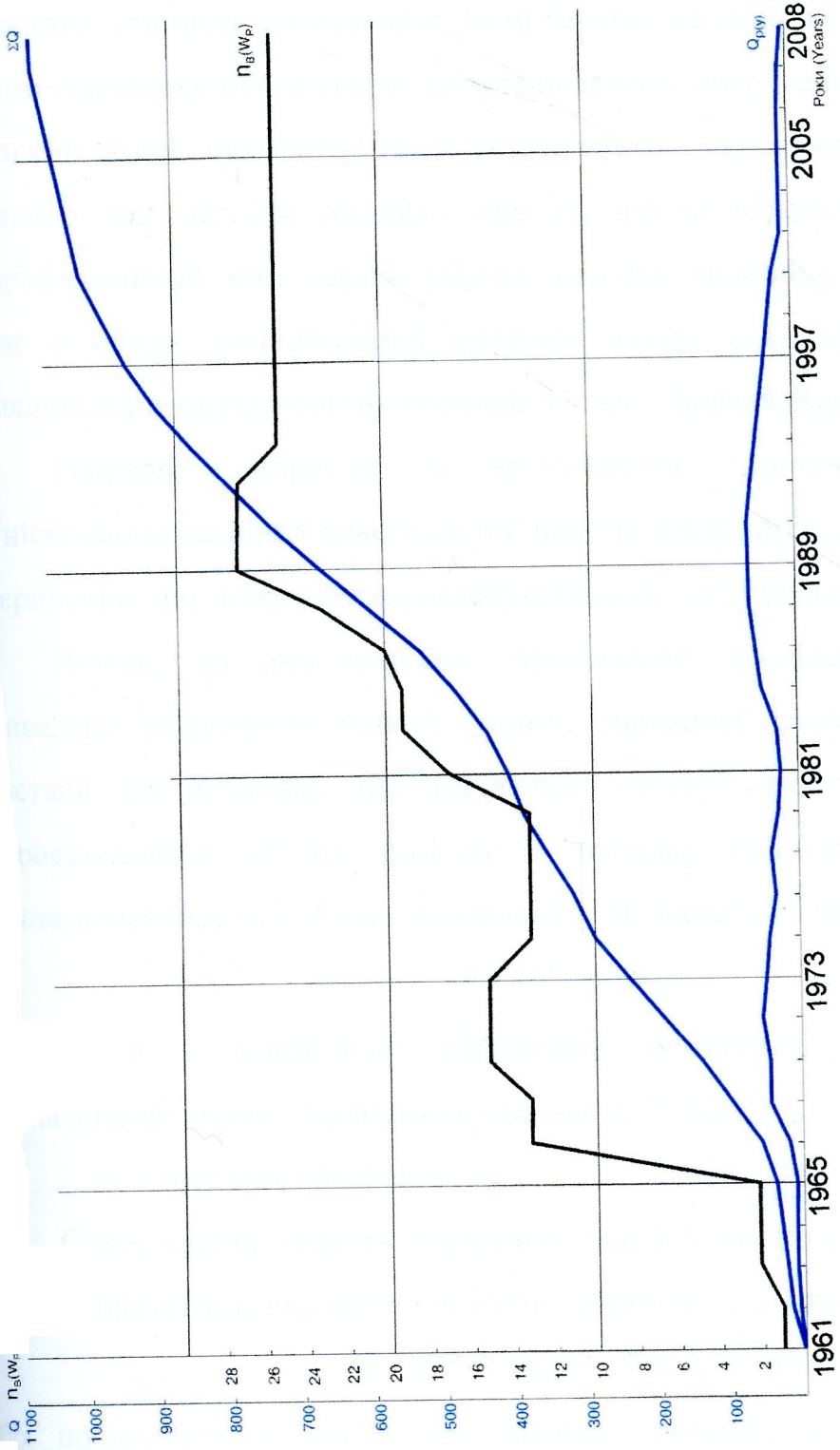
Як видно із даної таблиці прогноз зміни основних показників подальшої розробки родовища, вказує на те, що об'єм порового простору зайнятий підтянутою в газові поклади водою, і відповідає зменшенню пружних запасів вод нижньобаденського горизонту. Поглинання розсолів

нижньобаденським піщано-алевритовим колектором буде забезпечено шляхом подальшого вторгнення пластових вод у газові поклади. Характер динаміки показників розробки Гринівського родовища в часі наведено на рисунку 2.5.

2.5. Обґрунтування вибору поглинального горизонту для захоронення високомінералізованих розсолів

Придатність водоносного горизонту для захоронення високомінералізованих розсолів визначається низкою чинників [65; 66]:

- структура і пласт-колектор повинні знаходитися за межами району тектонічної активності;
- поглинальна здатність водоносного горизонту повинна забезпечити видалення наміченого об'єму розсолів, а за умовами залягання, дренажування і водообміну повинна забезпечити надійний ступінь ізоляції;
- корисна ємність підземного резервуару захоронення повинна бути не меншою від загального об'єму зазначених до видалення високомінералізованих розсолів;
- приємність повинна відповідати середньодобовим витратам закачування розсолу за нормального режиму роботи нагнітальних свердловин;
- приуроченість до зони застійного гідродинамічного режиму;
- статистичний рівень пластових вод у контурі підземного резервуару повинен знаходитися нижче поверхні землі;
- водоносний горизонт не повинен використовуватися як джерело водозабезпечення населених пунктів і не містити корисних копалин, на якість розробки яких може вплинути запомповування високомінералізованих розсолів.



Q — видобуток газу, млн. м³.
 $Q_{\text{зрп}}$ — річний
 ΣQ — накопичений
 $\Pi_B(W_P)$ — фонд видобувних свердловин, шт.

Рис.2.5. Гринівське газове родовище
ДИНАМІКА ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ РОЗРОБКИ
 (Манюк О.Р., за матеріалами УкрДГРІ, 2008р.)

Викладене у попередніх розділах дисертаційної роботи дає підстави зробити висновок що найбільш перспективним для захоронення розсолів, на нашу думку, є виснажений газовий поклад горизонту НД–8А Гринівського родовища (рис. 2.6). Водонесний колектор належить до пористих глинистих пісковиків, який залягає на глибині 850-1000м. Води цього горизонту належать до хлоркальцієвого типу, велика мінералізація, низький вміст сульфатів та гідрокарбонатів, переважання у їх складі кальцію над магнієм свідчать, про те, що ці відклади знаходяться в гідродинамічній зоні квазізастійного режиму водообміну. На закритість надр в межах досліджуваної території вказує наявність газосховищ у піщаних горизонтах неогену родовищ Опари, Дашава, Кадобно [67].

Горизонт вибраний із врахуванням гідродинамічних умов, ємнісно-фільтраційних властивостей пластів-колекторів, а також наявності свердловин, що можуть використовуватись як поглинальні.

Відтак, за результатами проведених досліджень свердловин проведено розрахунок повної ємності горизонту захоронення, що дає підстави для висновку про достатність ємності пласта для нагнітання запроєктованого об'єму розсолу у випадку невизначеності границь пласта-колектора [65]. Ємність горизонту визначається за формулою:

$$W = 10^6 \times \pi \times n \times m \quad (2.1)$$

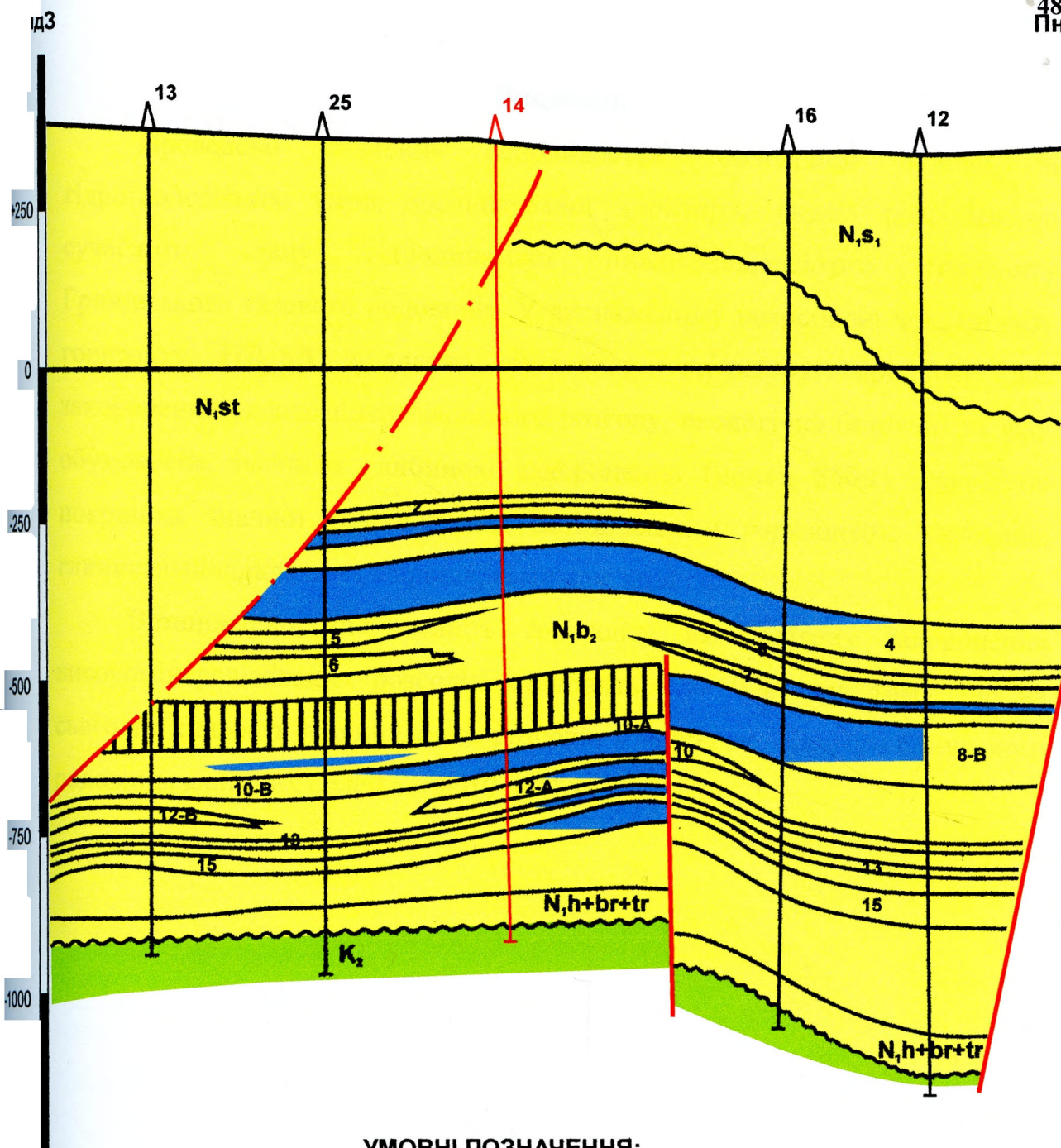
де n – коефіцієнт ефективної пористості, % (за даними геолого-геофізичних досліджень становить 11%);

m – товщина горизонту, м.

Отже, повна ємність горизонту НД–8А як полігону захоронення високомінералізованих розсолів згідно формули (2.1) становитиме:

$$W = 10^6 \times 3,14 \times 11 \times 50 = 1,7 \times 10^9 \text{ м}^3$$

Для порівняння: кількість надлишкових розсолів у кар'єрах Калуш-Голинського родовища калійних солей на сьогодні сягає близько 10 млн. м³ [45].



УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ:

- | | | | |
|--|-------------------------------|--|---|
| | - геологічні границі | | - пробурені свердловини |
| | - стратиграфічні неузгодження | | - об'єкт захоронення високомінералізованих розсолів Домбровського кар'єру |
| | - тектонічні порушення | | - газові поклади |
| | - лінія Стебницького насуву | | |

рис. 2.6. Геологічний профіль вздовж лінії I-I через Гринівське газове родовище.
Масштаб: горизонтальний 1:50 000 вертикальний 1:10 000
(Манюк О.Р., за матеріалами УкрДГРІ, 2008р.)

Висновок

Проведено вивчення особливостей геологічної будови та гідрогеологічних умов досліджуваної території, аналіз розробки та сучасного стану гідродинаміки нижньодашавського горизонту Гринівського газового родовища. У виснаженому розробкою покладі газу горизонту НД-8А виявлено геологічну структуру, придатну для захоронення високомінералізованого розсолу, екологічна безпечність якої обумовлена значною глибиною захоронення (понад 850м), наявністю покришки значної товщини над поглинальним горизонтом, складеної глинистими відкладами з прошарками кам'яної солі.

Встановлено, що ємність горизонту як полігону захоронення високомінералізованих розсолів, становить $1,7 \times 10^9 \text{ м}^3$ при тому, що на сьогодні кількість надлишкових розсолів у кар'єрах Калуш-Голинського родовища калійних солей сягає $10 \times 10^6 \text{ м}^3$.

Розділ 3

**ОЦІНКА СУМІСНОСТІ ПЛАСТОВИХ ВОД І
ВИСОКОМІНЕРАЛІЗОВАНИХ РОЗСОЛІВ
КАЛУШ-ГОЛИНСЬКОГО РОДОВИЩА КАЛІЙНИХ СОЛЕЙ
ПРИ ПІДЗЕМНОМУ ЇХ ЗАХОРОНЕННІ**

3.1. Характеристика високомінералізованих розсолів

Калуш-Голинського родовища калійних солей

У межах Калуш-Голинського родовища калійних солей (рис.3.1), як уже говорилось раніше, залягають: каїнітові, лангбейнітова, каїніт-лангбейнітова, полігалітова, карналітові і сильвінітова породи [68; 69]. При цьому до соленосної товщі належать поклади калійних солей, представлені сильвінітовою та каїнітовою рудою, вміст мінералів у яких наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

**Вміст мінералів соленосної товщі Калуш-Голинського родовища
калійних солей**

Мінерали	Вміст мінералів, %			
	Північне сильвінітове	Хотинське	Північне каїнітове	Центральне
Каїніт	-	0,50	22,0	41,0
Сильвін	35,0	26,0	6,0	-
Лангбейніт	-	-	0,2	0,3
Полігаліт	9,0	2,0	4,0	6,0
Галіт	90,0	40,0	40,0	39,0
Гіпс	-	-	0,2	-
Ангідрит	3,0	-	2,0	0,2
Карналіт	-	1,0	0,5	-
Глинистий залишок	23,0	30,5	15,1	11,0

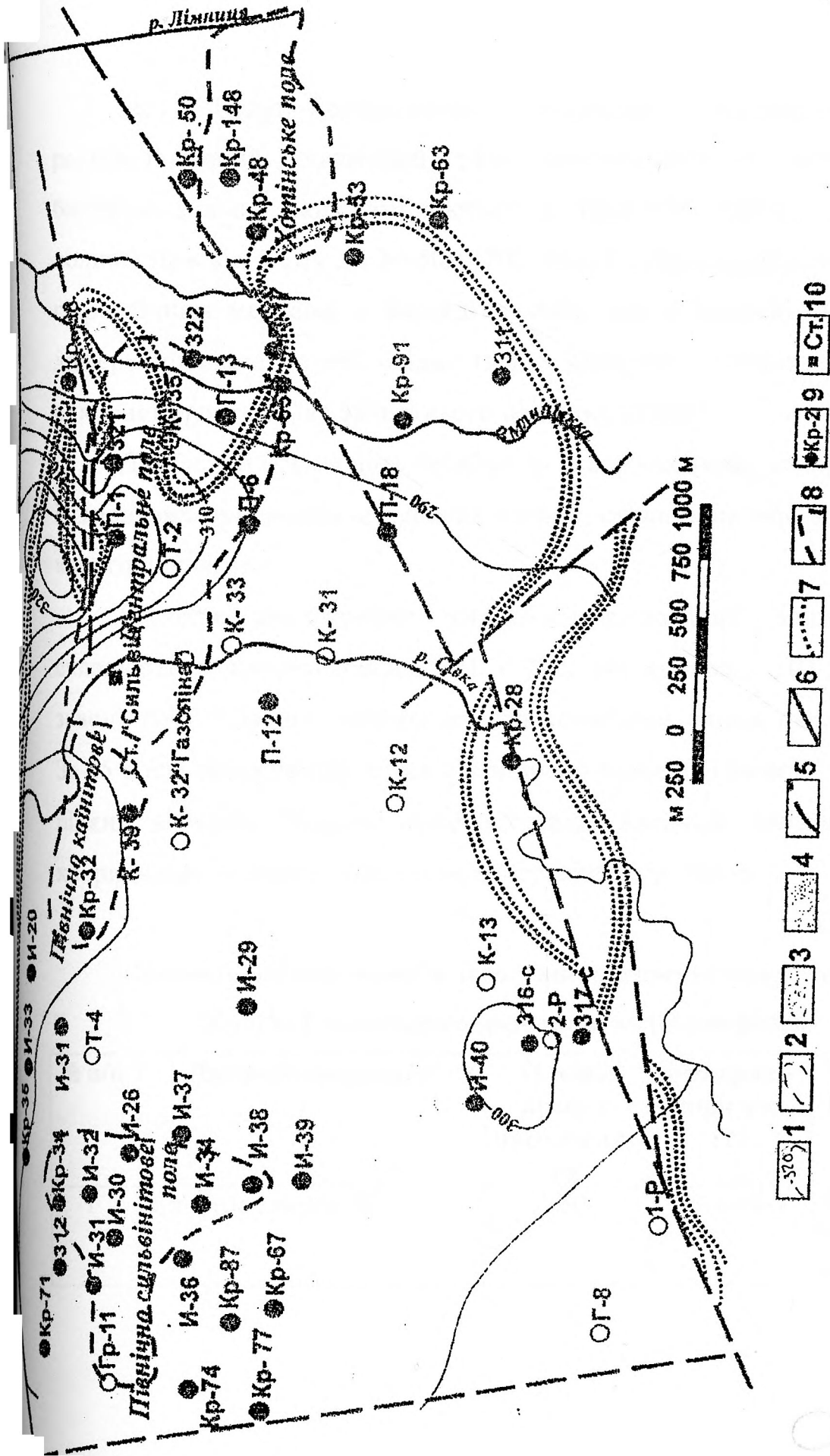


Рис. 3.1. Геологічна карта калузької групи калійних родовищ (за даними Н.М. Джинорідзе [6])

На Калуш-Голинському родовищі калійних солей розповсюджений рівнинний тип хвостосховищ і акумулюючих басейнів, площі яких змінюються в широких межах, а глибина коливається від 5-10м до 30-50м [70]. Нагнітання відходів відбувається гідравлічним методом у вигляді пульпи, яка в процесі складування диференціюється: із неї осідає тверда складова, а освітлені розсоли використовуються для зворотнього водопостачання.

Дамби, які обмежують басейни та хвостосховища, споруджуються із місцевих природних матеріалів (пісків, суглинків), або з відходів – хвостів і шлаків.

Відходи від пробки високомінералізованих калійних руд складують у хвостосховища №1 і №2. На концерні ДП “Калійний завод” ВАТ “Оріана” зайнята хвостосховищами площа складає 130га. За 25 років експлуатації в них накопичено близько 10млн.м³ твердих та рідких відходів. Розсоли хвостосховища насичені сульфатними та хлоридними солями із загальною мінералізацією 350г/л.

Таблиця 3.2

**Характеристика ареалів засолення підземних вод у межах
Калуш-Голинського родовища калійних солей**

№ п/п	Джерело засолення	Площа ареалу засолення, га	Мінералі- зація вод, г/л	Тип води (за Курніковим- Валяшко)
1	Хвостосховище №1	150	10,6-54,3	Сульфатний, підтип натрієвий

Продовження таблиці 3.2

2	Акумуляуючий басейн Домбровського кар'єру	24	58,6-86,3	Сульфатний, підтип натрієвий
3	Солевідвал №1	50	1,8-9,6	Сульфатний, підтип магнієвий
4	Солевідвал №4	25	1,5-27,9	Сульфатний, підтип натрієвий
5	Шламосховище дослідно-промислової фабрики	30	20,0-37,4	Сульфатний, підтип магнієвий
6	„Галда” хімічної фабрики шахти „Калуш”	6,7	1,2-4,1	Сульфатний, підтип натрієвий
7	Ємності з концентрованими розсолами на проммайданчику шахти „Калуш”	1,2	10-140	Сульфатний, підтип магнієвий

Отже, в межах Калуш-Голинського родовища калійних солей на земній поверхні складають тверді і рідкі відходи від переробки калійних руд, а також розкривні соленосні породи Домбровського кар'єру і розсоли, утворені внаслідок вилуговування атмосферними опадами виступів кар'єру.

Вагомий вплив на гідрохімічний режим поверхневих вод при відкритій розробці мають розкривні породи Домбровського кар'єру, представлені легкорозчинними соленосними глинами. Вміст хлористого натрію в породах сягає 70%. Захоронення порід проводиться у відвали висотою 50м. Загальна площа солевідвалів сягає 82,4га. На даний час у відвали заскладовано близько 40млн.т порід.

У хвостосховищах та солевідвалах існують три види розсолів [32]:

- **розсоли вилуговування**, які утворюються за рахунок водно-ерозійних процесів, зумовлених високим ступенем розчинення

атмосферними опадами соленосних порід, які складують у відвал. Це обумовлює значну мінералізацію поверхневого стоку із солевідвалів, який проявляється у вигляді джерел, і навіть струмків. Інтенсивність водно-ерозійних процесів має сезонний характер. Встановлено, внаслідок розчинення вмісту солевідвалів Домбровського кар'єру атмосферними опадами утворюється близько 300тис.м³ розсолів вилуговування на рік, з мінералізацією 250г/л;

- **розсоли конденсаційного походження** утворюються на поверхні солевідвалів у результаті конденсації вологи, яка насичується легкорозчинними солями за певних змін температури і вологості. За даними проведених досліджень за одну добу за температури повітря +17-19⁰С і відносної вологості 92-95% на поверхні монолітної солі конденсується близько 0,25мм вологи. Виходячи з цього, кількість конденсаційних розсолів, утворених у солевідвалах, складає 45000м³/рік; мінералізація розсолів – 260-300г/л;

- **розсоли, які утворюються під дією ущільнення розкривних порід.** Результати проведених дослідів [39] свідчать, що в розрахунку на 1м³ породи, кількість витіснених розсолів складає всередньому 0,0005м³. У відвалах закладовано 40млн.м³ соленосних глин, з яких витіснено близько 20тис. м³ розсолів; вміст солей у розсолах складає 320-370г/л.

Дослідним шляхом встановлено, що солевідвали є необмеженим джерелом засолення підземних, і, в першу чергу, поверхневих вод.

Підраховано, що із 370тис.м³ розсолів, які утворилися в тілі солевідвалів, близько 100тис.м³ потрапляє в поверхневі та підземні води, утворюючи ареали засолення. При цьому площа ареалів становить 25-50га.

Освітлені розсоли хвосто- і шламосховищ калійного родовища являють собою високомінералізовані з'єднання, переважно хлоридно-натрієвого складу, з мінералізацією 200-380г/л (табл. 3.3).

**Фізико-хімічна характеристика розсолів Домбровського кар'єру
Калуш-Голинського родовища калійних солей**

Густина $\rho \times 10^3 \text{ кг/м}^3$	Вміст іонів, г/л					Мінералізація, г/л
	K^+	Mg^{2+}	Na^+	Cl^-	SO_4^{2-}	
1,237	28,30	22,03	76,20	177,12	46,45	350,10

Проведений нами повний хімічний аналіз високомінералізованих розсолів Домбровського кар'єру в гідрогеологічній лабораторії ІФНТУНГ, показав що розсоли володіють такими фізико-хімічними характеристиками:

- густина – 1237 кг/м³;
- мінералізація – 350,10 г/л;
- показник, рН – 6,2;
- механічні домішки – 35 мг/л;
- сульфат іон – 46,44 г/л;
- хлор іон – 177,12 г/л;
- магній – 22,03 г/л;
- кальцій – 0,01 г/л;
- натрій і калій сумісно – 104,05 г/л;

Тип води – хлоридно-натрієво-сульфатний

Відповідно, вміст компонентів, що входять до складу розсолу порівняно з показниками ГДК наведено в таблиці 3.4

Таблиця 3.4

**Вміст компонентів в складі розсолу по відношенню
до ГДК**

Найменування компонентів	Символ	Фактичний вміст, $\times 10^3 \text{ мг/л}$	ГДК, мг/л	Перевищення
Аніони	Cl^-	177.12	300	-
	SO_4^{2-}	46.44	100	-

Продовження таблиці 3.4

Катіони	$N^{+}+K^{+}$	104.05	120	-
	Ca^{+2}	0.01	100	-
	Mg^{+2}	22.03	40	-

Основними компонентами забруднення є, відповідно, хлориди і сульфати натрію та калію. Забруднюючі компоненти піддаються вітровому розсіюванню, дифузійній і фільтраційній міграції, засолюючи геологічне середовище.

Вітрова ерозія солей з поверхні солевідвалів і шламосховищ та пилогазові викиди впливають, здебільшого, на ґрунти. Розсіювання солей проходить у переважаючому напрямку вітрів на відстань 2-4км від джерела забруднення. Солі накопичуються у верхньому рослинному шарі, товщина якого може сягати до 0,02м. Засолення ґрунтів негативно впливає на розвиток рослинного покриву. На територіях, які піддалися впливу вітрового забруднення, вміст солей підвищується у 4-10 разів. Це викликає пригнічення росту рослинності, знижує врожайність сільськогосподарських посівів на 30-50%, а часом призводить і до їх загибелі.

Особливо негативно впливає діяльність калійних підприємств на гідрохімічний режим поверхневих і підземних вод.

Складування і відкрите зберігання на земній поверхні легкокорозивних галітових відкладів в умовах вологого клімату супроводжується постійним утворенням у солевідвалах і хвостосховищах високомінералізованих (до 350г/л) розсолів, що характеризуються високою міграційною здатністю і змінюють гідрохімічний режим поверхневих та підземних вод. Так, із західного боку Домбровського хвостосховища внаслідок фільтрації розсолів через некеровану основу хвостосховища у водоносному горизонті утворився великий ареал засолення, мінералізація

підземних вод у якому збільшилася порівнянно з фоною, в десятки разів досягла 15,5г/л.

Ареали засолення розширюються здебільшого в напрямку потоку підземних вод і діючих водозаборів, що розміщені поблизу джерел забруднень.

У зв'язку з селективною виїмкою сильвінітових руд загроза засолення підземних вод посилюється, оскільки тут відбувається значне осідання земної поверхні з утворенням водопровідних тріщин.

3.2. Характеристика пластових вод і вміст у них основних мікрокомпонентів

На Гринівському водоносні об'єкти в процесі пошуково-розвідувальних робіт випробовувались випробувачем пластів КІІ-146 та в колоні. Були проведені спостереження за відновленням рівня, замір пластових тисків і температур.

Сарматські водоносні горизонти в районі родовища залягають на незначних глибинах (близько 350-450м) і містять прісні води [55].

Під час випробування 5-ти об'єктів отримано припливи пластової води із баденських відкладів дебітами 4,75-10,08 м³/добу за динамічних рівнів 476-789м. Це – води переважно хлоридно-кальцієвого складу, іноді хлоридно-магнієвого типу з густиною 1002-1046 кг/м³ та мінералізацією 5-63 г/л, в середньому – 11-13г/л. Ступінь метаморфізації середня ($r_{Na}/r_{Cl} = 0,76-1,056$), коефіцієнт сульфатності від низького (0,12) до середнього (2,06); хлор-бромний коефіцієнт становить 265-420.

З мікрокомпонентів присутні бром, йод, В₂О₃ та амоній. Їх вміст в пластових водах становить, в мг/л: бром – 7-164; йод – 1,7-6,3; В₂О₃ – 5-20; амоній (NH₄) – 18-150.

Слід зауважити, що спостерігається різноманітність хімічного складу пластових вод в межах району і родовища, як за розрізом, так і за площею.

Це обумовлено тим, що води належать колекторам, які переважно являють собою лінзи. Середній коефіцієнт метаморфізації ($r_{Na/rCl} \approx 1$) та досить значна мінералізація свідчать про гідрогеологічну закритість надр Гринівського родовища. За генезисом пластові води баденських відкладів належать до інфільтраційних та до зони застійного обміну.

Незначні дебіти та незначний вміст мікрокомпонентів у пластових водах не дозволяють використовувати їх в промислових цілях.

Вміст мікрокомпонентів у солянках становить, мг/л: літію – 19,5; цезію – 3,4 (1,7 – 4,7); бору – 236 (80 – 493); йоду – 16,9 (8,5 – 25,4), брому – 394 (132,0 – 654,0); калію – 507 (437 – 690). За вмістом компоненти утворюють ряд: калій > бор > бром > літій > йод.

Коефіцієнти кореляції вказують на тісний зв'язок мінералізації, хлору і натрію з кальцієм і амонієм. Геохімічно пов'язані між собою бром і йод, а також бор. Мінералізація і макрокомпоненти – хлор і натрій — характеризуються невеликими значеннями коефіцієнтів варіації (54-57%), дещо більші (72-74%) властиві сульфату і кальцію, ще більші (80-99%) – амонію, брому, гідрокарбонату і магнію. За близькими значеннями коефіцієнту варіації групуються: калій – літій (110-114%); йод, бор (195-218%). Розподіл компонентів у пластовму розсолі баденського водоносного горизонту наведено у таблиці 3.5

Таблиця 3.5

Розподіл компонентів у пластових водах (22 проби)

Елемент	Вміст, г/л			Середньо-квадратичні відхилення	Коеф. варіації	Перевищення вмісту над мін. промисловими концентраціями
	Мінімальний	Середній	Максимальний			
Мінералізація, г/л	29,3	171,6	313,9	105,1	53,5	
Хлор-іон, г/л	16,4	120,9	196,4	66,3	54,8	

Продовження таблиці 3.5

Сульфат-іон, г/л	0,016	0,984	3,0	0,708	72,0	
Гідрокарбонат-іон, г/л	0,109	1,181	4,5	1,158	98,1	
Натрій, г/л	6,294	58,364	98,0	32,951	56,5	
Калій, г/л	0,091	4,870	26,0	5,370	110,3	2,4-8,8
Кальцій, г/л	0,802	10,693	29,3	7,916	74,0	
Магній, г/л	-	1,413	4,9	1,394	98,7	0-14,6
Амоній, г/л	-	135,082	300,0	108,7	80,5	
Бром	10,690	395,468	654,0	115,8	85,5	0-3,3
Йод	-	24,194	250,0	50,2	207,5	0-25,0

Результати аналізу розподілу компонентів у пластових водах баденських відкладів Гринівського газового родовища переконливо свідчать про сучасну закритість надр відповідного горизонту та відсутність мікрокомпонентів промислового (конденційного) значення.

Для успішного здійснення процесу закачування до закачуваного розсолу ставляться певні вимоги. Насамперед, розсіл не повинен знижувати приємність нагнітальних свердловин.

Причинами зниження проникності заводнених горизонтів є утворення і відкладення в порових каналах важкорозчинних солей, що пов'язано з наявністю у воді хімічних компонентів, які внаслідок хімічної взаємодії з пластовою водою або породами пласта можуть утворювати осади.

Отже, у процесі закачування розсолів у продуктивні газоносні горизонти газового родовища зниження приємності нагнітальних свердловин може відбуватись за рахунок вмісту у них:

1 механічних домішок, які можуть призводити до кольматації при вибійних зон та закупорювання пор пласта;

2 розчиненню сполук, які здатні утворювати осади внаслідок контактування з пластовою водою або породами пласта. Ця причина є однією з найважливіх проблем захоронення високомінералізованих

розсолів у виснажені розробкою газоносні горизонти Гринівського родовища, що спонукає до проведення особливих досліджень.

3.3. Моделювання сумісності пластових вод та високомінералізованих розсолів при підземному їх захороненні

Встановлено, що солевідвали є необмеженим джерелом засолення підземних, і, насамперед, поверхневих вод [36; 37; 44; 45; 70; 71]. Основними компонентами забруднення є хлориди і сульфати натрію та калію. Забруднюючі компоненти піддаються вітровому розсіюванню, дифузійній і фільтраційній міграції, засолюючи геологічне середовище.

Згідно проведених досліджень єдиним надійним методом запобігання забрудненню поверхневих вод, ґрунтів і атмосфери є захоронення високомінералізованих розсолів у поглинаючі водоносні горизонти виснажених покладів вуглеводнів. Однією з важливих проблем при цьому є оцінка сумісності розсолів, які нагнітаються у пласт, і пластових вод поглинального горизонту. Їх несумісність призводить до швидкого зростання тиску на гирлі свердловин внаслідок кольтатації її привибійної зони нерозчинним осадам.

Проведене моделювання дало можливість одержати відповіді на такі практичні питання: наскільки сумісні дренажні розсоли з пластовими водами, і у яких пропорціях слід змішувати ці розчини у процесі підземного захоронення; чи можливе випадання твердого осаду при взаємодії вод різної мінералізації і відповідного погіршення фільтраційних властивостей колектора, ємності масиву.

На підготовчому етапі як початкові дані використовувалися результати аналізів проб розсолів і вод хвостосховищ. Методика моделювання сумісності розсолів припускала попередню обробку початкових даних і полягала в перерахунку результатів хімічного аналізу проб води з метою дотримання принципу електронейтральності

не лише в стандартних умовах ($t=298\text{K}$ і $P=101,325\text{кПа}$), але і для реальних пластових умов, в яких відбуватимуться процеси розчинення-осадження ($t=300\text{-}310\text{K}$ і $P=2533,1\text{кПа}$). Крім того, щоразу після кожного перерахунку хімічного складу всіх розчинів визначалась насиченість розчину мінералами – кальцитом, доломітом, гіпсом – як сполук, що найвірогідніше спричиняють кристалізацію розчинів.

На першому етапі моделювалася взаємодія дренажних розсолів з породою-колектором поглинального горизонту. З цією метою були проведені експериментальні дослідження. У мірні колби об'ємом 200мл поміщали по 40г суміші керна, а решту об'єму зповнювали: високомінералізованим розсолом із Домбровського кар'єру (в одну колбу), 2) суміш високомінералізованого розсолу та води із річки Чечва у співвідношенні 1:1. Вміст колби збовтували і залишали в термостатах на добу у температурі 75°C .

За результатами хімічного аналізу розсолу і суміші розсолу та води із річки Чечва до і після контакту з пісковиками продуктивного горизонту (таблиця 3.6) можна зробити висновок, що хімічної взаємодії між розсолом і породою практично не відбувається. Деяке зростання вмісту хлоридів відбувається, здебільшого, проходить здебільшого за рахунок залишкових солей пластових вод, які знаходяться в керні що дає підставу стверджувати про відсутність процесів хімічної кольматації.

Таблиця 3.6

Хімічний склад розсолів до і після контакту з породою

Досліджувана речовина	Час контактування	Температура контактування	Густина, кг/м ³	Na ⁺ +K ⁺ , г/л	Ca ²⁺ , г/л	Mg ²⁺ , г/л	Cl ⁻ , г/л	SO ₄ ²⁻ , г/л
Хімічний склад розсолу із Домбровського кар'єру до контакту з породою								
Високомінералізований розсіл		75 ⁰ С	1237	104,50	0,01	22,03	177,12	46,44
Хімічний склад розсолу із Домбровського кар'єру після контакту з породою								
Високомінералізований розсіл	24 год	75 ⁰ С	1237	104,58	0,01	22,03	177,12	46,44
Хімічний склад високомінералізованого розсолу та води із річки Чечва у співвідношенні 1:1 до контакту з породою								
Суміш розсолу і води із річки Чечва у співвідношенні 1:1		75 ⁰ С	1119	52,26	0,01	11,03	88,59	23,27
Хімічний склад високомінералізованого розсолу та води із річки Чечва у співвідношенні 1:1 після контакту з породою								
Суміш розсолу і води із річки Чечва у співвідношенні 1:1	24 год	75 ⁰ С	1119	52,26	0,01	11,03	88,64	23,27

Другий етап моделювання полягав у дослідженні змішування: пластових розсолів і сульфатно-хлоридних кальцієвих вод хвостосховища.

За взірець розсолу була взята проба, відібрана із хвостосховища домбровського кар'єру, що являла собою високомінералізовану суміш хлоридно-натрієвого-сульфатного типу з мінералізацією 200-370г/л. Взірцем усередненої пластової води слугували суміш вод, відібраних із водоносного горизонту НД – 8А зі свердловин Гринівського газового сховища.

Для проведення було відібрано по 5 проб пластових розсолів із ефективною товщі та 10 проб високомінералізованих розсолів із Домбровського хвостосховища.

Експериментальні обґрунтування сумісності розсолів та пластових вод проводилось в лабораторних умовах, шляхом змішування взірців розсолів, відібраних із хвостосховища Домбровського кар'єру, і пластових

вод водоносного горизонту НД 8-А в об'ємних співвідношеннях 1:1; 1:2; 1:3; 1:4; 1:5.

Суміші, поміщені у тефлонові та скляні колби (нейтральні матеріали, що не впливають на кількісні характеристики компонентів розчину) витримували за стандартних умов протягом 30 днів. За результатами щоденних спостережень не виявлено жодних змін: рідина залишалась безбарвною, осад не утворився. Після цього суміші фільтрували і здійснювали кількісний аналіз основних компонентів. Усереднені дані отриманих результатів наведено у таблиці 3.7.

Таблиця 3.7

Результати експериментального лабораторного моделювання сумісності високомінералізованих розсолів Домбровського кар'єру та пластової води водоносного горизонту НД-8А Гринівського родовища

Досліджувана речовина	pH	Густина, кг/м ³	Na ⁺ +K ⁺ , г/л	Ca ²⁺ , г/л	Mg ²⁺ , г/л	Cl ⁻ , г/л	SO ₄ ²⁻ , г/л	Загальна мінералізація, г/л
Пластова вода	6,8	1124	53,83	12,04	3,89	19,50	82,34	171,6
Високомінералізований розсіл	6,2	1237	104,50	0,01	22,03	177,12	46,44	350,10
Суміш розсолу і пластової води у співвідношенні 1:1	7,2	1181	79,17	6,03	12,96	98,31	64,39	260,85
Суміш розсолу і пластової води у співвідношенні 2:1	7,2	1199	87,61	4,02	15,98	124,58	58,41	290,60
Суміш розсолу і пластової води у співвідношенні 3:1	7,3	1209	91,83	3,02	17,50	137,72	55,42	305,48
Суміш розсолу і пластової води у співвідношенні 4:1	7,3	1214	94,37	2,42	18,40	145,60	53,62	314,40
Суміш розсолу і пластової води у співвідношенні 5:1	7,4	1218	96,06	2,02	19,01	150,85	52,42	303,68

У високомінералізованих розсолах кількість іонів Ca^{2+} і SO_4^{2-} менша, ніж у пластовій воді, а лужних металів (Na, K, Cl) – більша. Отже, при додаванні розсолу у суміш концентрації Ca^{2+} і SO_4^{2-} повинні понижуватися, а інших компонентів – збільшуватись. Якщо дані компоненти не вступають в хімічну реакцію, то при збільшенні співвідношення розсолів і пластової води від 1:1 до 5:1 концентрація компонентів повинна змінюватись лінійно.

Як видно із рисунку 3.2, зміна концентрації іонів і загальна мінералізація розчину відбувається за лінійним законом, що виключає хімічні взаємодії елементів сумішей. Це пояснюється однотипністю йонно-сольового складу вод і абсолютною сумісністю розчинів [72;73;74;75;76].

3.4. Технологічна підготовка високомінералізованих розсолів перед закачуванням у поглинальний горизонт

Судячи із результатів досліджень, проведених у попередньому підрозділі дисертаційної роботи, розсоли хвостосховищ є на сьогодні насиченими і являють собою в першому наближенні шестикомпонентну систему (табл.3.3). При цьому спостерігається тенденція до зменшення вмісту NaCl і збільшенню вмісту сульфат калію і магнію. Очевидно, що в описаній системі у випадку пониження температури за незмінної концентрації іонів можливе утворення важко розчинних солей. Це унеможливить захоронення розсолів безпосередньо в поглинальний горизонт шляхом нагнітання їх у пласт через інжекційні свердловини, оскільки випадання гіпсу може спричинити закупорювання як свердловини,

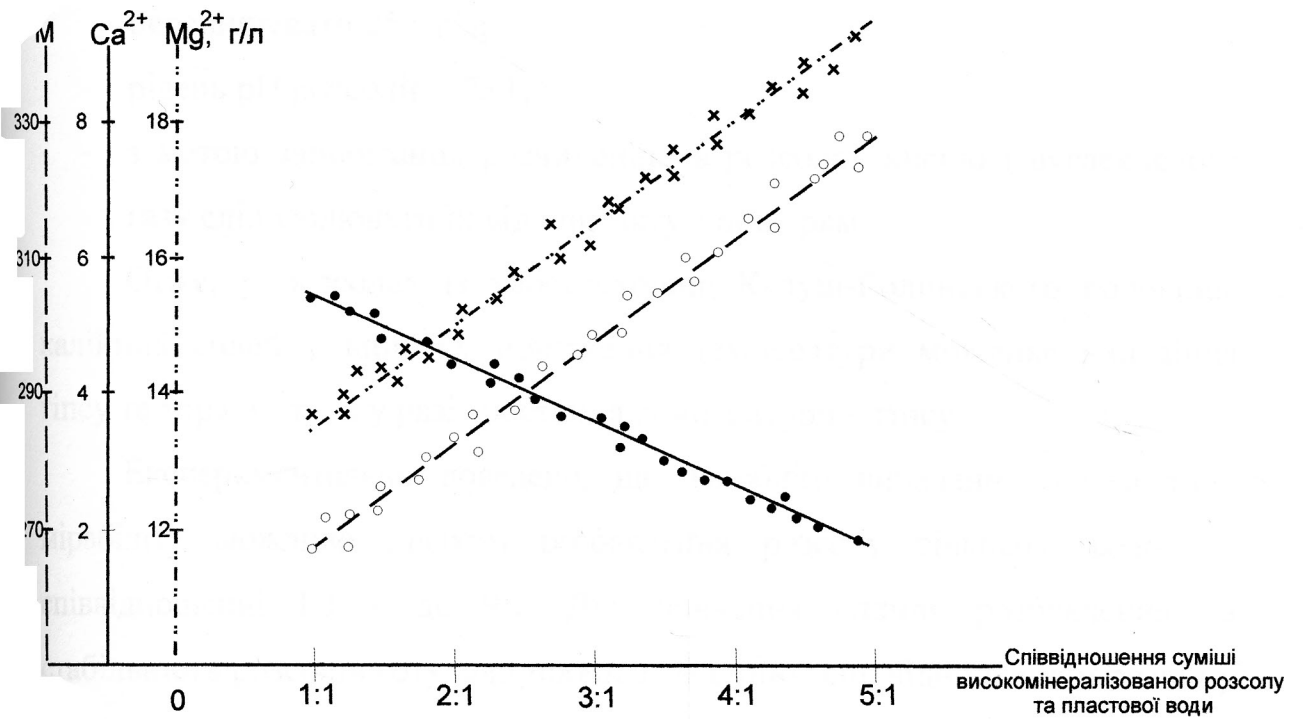


Рис. 3.2. Графік зміни вмісту Ca²⁺, Mg²⁺ та загальної мінералізації М від співвідношення у суміші високомінералізованого розсолу та пластової води

так і її привибійної зони, що призведе до зниження приймальності нагнітальних свердловин. Отже, можливість захоронення розсолів у поглинальний горизонт безпосередньо залежить від стабільності їх розчину у пластовій воді.

Вимоги до розсолів, які призначаються для закачування у свердловину:

- перш за все розсоли повинні бути стабільними;
- вміст механічних домішок у розсолах не повинен перевищувати 25 мг/л;
- рівень рН розсолів – 7 ± 1 ;
- з метою запобігання розчиненню в розсолах кисню і вуглекислого газу слід ізолювати їх від контакту з повітрям.

Отже, у розсолах із хвостосховищ Калуш-Голинського родовища калійних солей у випадку пониження температури можливе випадіння гіпсу та мірабіліту, а у разі зростання температури – гіпсу.

Експериментально доведено, що запобігти випаданню солей типу мірабіліту можливо шляхом розбавлення розсолу річковою водою у співвідношенні 1:1 – до 9:1. Для вивчення впливу розбавлення на стабільність розсолів готували проби з об'ємним співвідношенням розчину розсіл - прісна вода 1:1, 1:2, 1:3, 1:6, 1:9. І розсіл, і прісну воду попередньо фільтрували. Розбавленні проби розсолу і води витримували у спеціальних колбах протягом місяця. За цей час практично у всіх пробах не спостерігалось випадання осаду чи помутніння (результати проведених досліджень наведено у таблиці 3.8). Як видно з таблиці 3.8, стабільність розсолів досягається шляхом розчинення їх прісною водою у будь-якому співвідношенні з врахуванням того, що із збільшенням розбавленості розсолу знижується насиченість його гіпсом, і розчиненими солями. Можна говорити про те, що розчини розсолів будь-якої концентрації практично придатні для нагнітання в свердловину. При цьому із

зростанням розбавленості розсолів прісною водою ступінь недонасиченості їх за гіпсом зростає (рис.3.3).

Таблиця 3.8

Результати експериментального лабораторного моделювання процесу розбавлення на стабільність розсолів з метою їх подальшого нагнітання у водоносний горизонт НД-8А Гринівського газового родовища

Проби	Густи- на, кг/м ³	Na ⁺ +K ⁺ , г/л	Ca ⁺⁺ , г/л	Mg ⁺⁺ , г/л	Cl, г/л	SO ₄ ²⁻ , г/л	Загаль- на мінера- лізація, г/л
Вихідна проба (високо мінералізовані й розсіл)	1237	104,50	0,01	22,03	177,12	46,44	350,10
Вода із ріки Чечва, pH=7,85	1000	0,019	0,01	0,032	0,056	0,094	0,211
Розсіл розбавлений у співвідношенні 1:9	1024	10,47	0,01	2,23	17,76	4,72	35,20
Розсіл розбавлений у співвідношенні 1:6	1034	14,94	0,01	3,17	25,35	6,71	50,20
Розсіл розбавлений у співвідношенні 1:3	1059	26,14	0,01	5,53	44,32	11,68	87,68
Розсіл розбавлений у співвідношенні 1:2	1079	34,85	0,01	7,36	59,08	15,54	116,84
Розсіл розбавлений у співвідношенні 1:1	1119	52,26	0,01	11,03	88,59	23,27	175,16

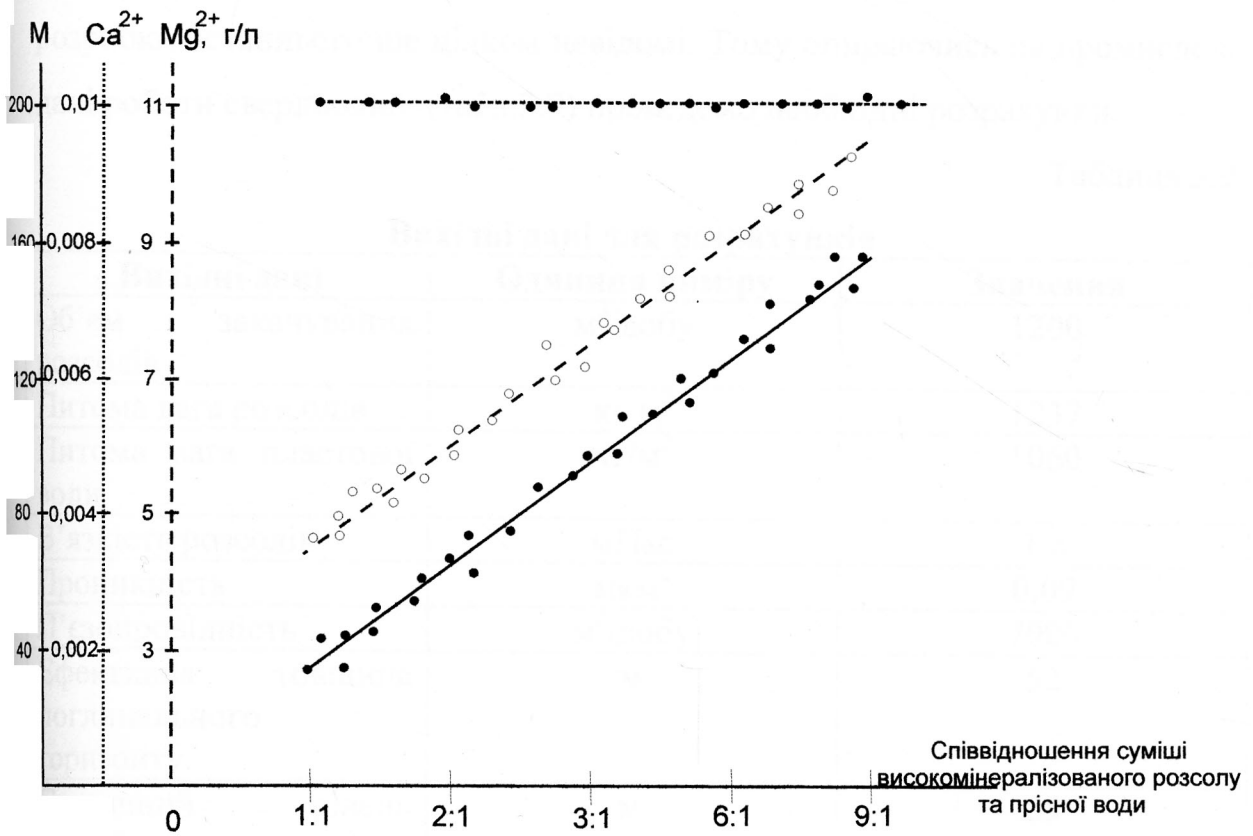


Рис. 3.3. Графік зміни вмісту Ca^{2+} , Mg^{2+} та загальної мінералізації M від співвідношення у суміші високомінералізованого розсолу та прісної води

3.5. Попередній розрахунок промислового закачування розсолів у нижньодашавський поглинальний горизонт Гринівського газового родовища

Слід зауважити, що розрахунок тиску нагнітання високомінералізованих розсолів з врахуванням розробки Гринівського газового родовища достатньо умовний, оскільки подальші перспективи розробки останнього ще цілком невідомі. Тому опираючись на промислові дані роботи свердловин (табл.3.9) проведемо необхідні розрахунки.

Таблиця 3.9

Вихідні дані для розрахунків

Вихідні дані	Одиниця виміру	Значення
Об'єм закачуваних розсолів	м ³ /добу	1200
Питома вага розсолів	кг/м ³	1237
Питома вага пластової води	кг/м ³	1060
В'язкість розсолів	мПас	1,8
Проникність	мкм ²	0,09
П'єзопровідність	м ² /добу	7000
Ефективна товщина поглинального горизонту	м	52
Статичний рівень підземних вод	м	85
Висота статичного рівня над серединою водоносного горизонту	м	850
Радіус свердловини	м	0,1
Питома вага пластової води	кг/м ³	1060
Питома вага розсолів	кг/м ³	1237
В'язкість розсолів при 20 °С	мПас	1,8

Надлишковий тиск для закачування високомінералізованого розсолу розраховуємо за формулою

$$\Delta P = \frac{Q}{10 \times 4 \times \pi \times m_{\text{эф}} \times k_{\text{ф}}} \times N \quad (3.1)$$

де $K_{\text{ф}}$ – коефіцієнт фільтрації для розсолів, що дорівнює (дані розділ 2) – 0,058м/добу;

N – загальний гідравлічний опір, $N=N_{\text{в}}+N_{\text{г}}$

де

$N_{\text{г}}$ – зовнішні опори, що діють на потік при русі від свердловини;

$N_{\text{в}}$ – додаткові опори, які залежать від розташування меж водоносного горизонту.

$$N_{\text{г}} = E_i \left(-\frac{r_c^2}{4 \times \gamma \times t} \right) = \ln \frac{2.25 \times \gamma \times t}{r_c^2}, \quad (3.2)$$

де: E_i - символ інтегрального показника функції;

t - час від початку закачування, доби;

γ - коефіцієнт п'єзопровідності, м²/добу;

r_c - ефективний радіус свердловини, м.

У результаті перфорації свердловини в інтервалі залягання нижньобаденських пісковиків було розкрито повну товщину водоносних пісковиків. Отже, свердловину можна вважати гідродинамічно-досконалою за ступенем розкриття і недосконалою за характером розкриття (свердловина перекрита обсадною колоною). Відомо, що будь-яку недосконалу свердловину можна замінити досконалою, шляхом підбору такого радіусу обсадної колони, щоб їх дебіти були однаковими [77;78;79; 80; 81]. Радіус такої рівноцінної свердловини називають приведеним радіусом. Скориставшись формулою В.І. Щурова [82], яка обґрунтована методом електролітичної аналогії, за вихідними даними свердловин Гринівського газового родовища $r_c = 0.1\text{м}$.

Отже, зовнішні опори, що діють на потік під час руху рідини поблизу свердловини за 365 діб становитимуть:

$$N_{\text{г}} = \ln \frac{2.25 \times \gamma \times t}{r_c^2} = 28.46$$

Відповідно через 10 років – 31; через 50 років – 32,38.

Як уже зазначалось раніше, нижньодашавський водоносний горизонт можна представити як пласт-смугу, що обмежений з двох боків тектонічними порушеннями на відстані 2,5км та 10км відповідно. Безумовно, ці смуги (межі водоносного горизонту) будуть впливати на перерозподіл тиску в пласті.

Відповідно, додаткові опори, що залежать від розташування меж водоносного горизонту, визначатимуться за такою формулою:

$$N_6 = -E_i \left(-\frac{\rho_1^2}{4 \times \gamma \times t} \right) - E_i \left(-\frac{\rho_2^2}{4 \times \gamma \times t} \right) - E_i \left(-\frac{\rho_3^2}{4 \times \gamma \times t} \right) - E_i \left(-\frac{\rho_4^2}{4 \times \gamma \times t} \right) - E_i \left(-\frac{\rho_5^2}{4 \times \gamma \times t} \right)$$

Оскільки $\rho_1 = 2L_1 = 5000\text{м}$; $\rho_2 = 2L_2 = 20000\text{м}$; $\rho_3 = 2(L_1 + L_2) = 25000\text{м}$; $\rho_4 = 2(L_1 + L_2) = 25000\text{м}$; $\rho_5 = 30000\text{м}$, відповідні додаткові опори через один рік становитимуть 1,05; через 10 років – 5,05; через 40 років – 12,8;

Як бачимо, вплив на перерозподіл тиску в пласті у процесі закачування наразі здійснює лише межа, розташована на відстані 2,5м. Дуже слабкий вплив другої границі відчуватиметься здійснюватиметься лише через 10 і більше років закачування відходів.

Отже, загальний гідравлічний опір через рік становитиме 29,54; через 10 років – 35,8; через 40 років – 45.

Отже, для закачування розсолів в об'ємі $1200\text{м}^3/\text{добу}$ необхідно буде створити надлишковий тиск :

$$\text{– через 1 рік – } \Delta P_1 = \frac{Q}{10 \times 4 \times \pi \times m_{ef} \times k_{\phi}} \times N_1 = 1,6 \times 29,5 = 47,3 \text{атм} = 4,7 \text{МПа};$$

$$\text{– через 10 років – } \Delta P_{10} = \frac{Q}{10 \times 4 \times \pi \times m_{ef} \times k_{\phi}} \times N_2 = 1,6 \times 35,8 = 57,3 \text{атм} = 5,7 \text{МПа}$$

$$\text{– через 40 років – } \Delta P_{40} = \frac{Q}{10 \times 4 \times \pi \times m_{ef} \times k_{\phi}} \times N_{40} = 1,6 \times 45 = 72 \text{атм} = 7,2 \text{МПа};$$

Оскільки (табл.3.9) статичний рівень водоносного горизонту знаходиться на глибині 85м від устя свердловини, то при заміні рівня

пластової води з питомою вагою 1060 кг/м^3 на розсіл при нагнітанні густина якого складає 1237 кг/м^3 за умови заповнення свердловини ним до устя створиться надлишковий тиск на пласт який становитиме:

$$\Delta P^* = 0.1 \times (\gamma_{\text{розс}} - \gamma_{\text{пласт}}) \times H_0 + 0.1 \times \gamma_{\text{розс}} \times h_0 = 26 \text{ ат} = 2,6 \text{ МПа} \quad (3.4)$$

Відповідно, тиск на усті свердловини, необхідний для закачування розсолів у пласт становитиме:

$$P = \Delta P - \Delta P^* \quad (3.5)$$

- через рік після початку закачування розсолу – $4,7 - 2,6 = 2,1 \text{ МПа}$;
- через 10 років після початку закачування розсолу – $5,7 - 2,6 = 3,1 \text{ МПа}$;
- через 40 років після початку закачування розсолу – $7,2 - 2,6 = 4,6 \text{ МПа}$.

Аналіз наведених вище розрахунків свідчить, що впродовж перших десяти років нагнітання свердловина прийматиме розсоли за тиску до $2,6 \text{ МПа}$, а в подальшому (до сорока років нагнітання) тиск зросте до $4,6 \text{ МПа}$. Зауважимо, що При тому що тиск нагнітання порядку $5,0 - 6,0 \text{ МПа}$ вважається оптимальним для роботи насосів високого тиску [83;84].

3.6. Попередній розрахунок допустимого тиску гідророзриву поглинального резервуару та його глинистого флюїдоупору

Забезпечення надійності процесу закачування розсолу в надра є, з точки зору запобігання можливого прориву розсолу через флюїдоупор є, важливим завданням. Це вимагає знання максимальних величин тиску гідророзриву поркришки, пласта-колектора і допустимого тиску нагнітання на вибої нагнітальної свердловини з врахуванням можливої тріщинуватості вказаних об'єктів.

У попередніх розділах роботи було показано, що вибраний для заповнення розсолів об'єкт обмежений глинистим флюїдоупором, який представлений здебільшого однорідною системою (розділ 2) без вертикальних тріщин. Всі подальші розрахунки проводились у відповідності до вказаних умов.

Вихідними даними для проведення розрахунків є такі параметри: товщина (h) колектора та покритишки, пластовий тиск, які відносяться до середини частини пласта-колектора, що перфорується, гідростатичний тиск на цій же глибині.

Відповідно до методики [82;83] максимальний тиск гідророзриву глинистої покритишки перевищує гідростатичний тиск в $1,19P_r$ разів, якщо співвідношення товщини пласта-колектора (поглинального горизонту) – h_k і глинистого водоупору (покритишки) – h_n менше 3:1.

Геостатичний тиск залежить від щільності та складу товщі літологічних різновидів порід поглинальних пластів і обчислюється за формулою:

$$P_r = H_i \times d_{cp} \quad (3.6)$$

де H_i – глибина середини частини пласта, що перфорується, м;

d_{cp} – діаметр свердловини, м.

Допустимий тиск на вибої нагнітальної свердловини має задовольняти нерівність:

$$P_{dz} \leq \Delta P + P_{nl} \quad (3.7)$$

де P_{dz} – тиск гідророзриву на вибої свердловини при нагнітанні розсолу, МПа;

P_{nl} – тиск гідророзриву на вибої свердловини при нагнітанні розсолу, МПа;

ΔP – бічна напруга у флюїдоупорі, яка в свою чергу визначається за формулою:

$$\Delta P = 1.19 \times P_r - (1.19P_r - 0.4P_r) \times \left(1 - \frac{2}{\pi} \arccos \frac{\frac{h_k}{2}}{h_n + \frac{h_k}{2}}\right) \quad (3.8)$$

Виходячи з величини допустимого тиску на вибої нагнітальної свердловини, можна визначити допустиму величину надлишкового тиску на усті свердловини. Він визначається як різниця між допустимим тиском

на вибої свердловини та тиском стовпа рідини і атмосферного тиску:

$$P_{ny} = P_{oz} - \frac{H \times \gamma}{10} - 1 \quad (3.9)$$

H – глибина середини перфоруємої частини поглинального пласта, м;

P_{dz} – тиск гідророзриву на вибої свердловини при нагнітанні розсолу, МПа;

Розрахункові дані та результати проведених розрахунків тисків наведено в таблиці 3.10.

Таблиця 3.10

Зведені результати проведених розрахунків

Показник	Позначення	Одиниця виміру	Значення
Товщина поглинального горизонту	h_k	м	52
Товщина глинистої покришки	$h_{п}$	м	850
Глибина середини перфоруємої частини поглинаючого пласта	H_i	м	875
Пластовий тиск	$P_{пл}$	МПа	7,2
Геостатичний тиск	P_r	МПа	9,24
Бічний тиск у флюїдоупорі	ΔP	МПа	10,61
Тиск гідророзриву на вибої свердловини при нагнітанні розсолу	P_{dz}	МПа	10,92

Як, бачимо, з точки зору екологічної безпеки в районі розробки калійних родовищ вибраний нами горизонт захоронення високомінералізованих розсолів є надійним та безпечним.

Висновок

На основі фізико-хімічного дослідження взаємодії високомінералізованого розсолу та пластових вод об'єкта захоронення встановлено, що зміна концентрації йонів і загальної мінералізації розчину розсолів у пластовій воді відбувається за лінійним законом. Це пояснюється однотипністю йонно-сольового складу вод та абсолютною сумісністю розчинів, що дозволяє запровадити оптимальний варіант зменшення об'ємів відходів та обумовлює ефективність і довготривалість експлуатації проектного полігону захоронення розсолів.

Здійснено попередній розрахунок промислового закачування розсолів у нижньодашавський поглинальний горизонт Гринівського газового родовища та визначено допустимий тиск гідрозриву поглинального резервуару та його глинистого флюїдоупору. Встановлено, що з точки зору екологічної безпеки вибраний нами горизонт захоронення високомінералізованих розсолів є надійним та безпечним.

Розділ 4

**ПРОГНОЗНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДОВГОТРИВАЛОЇ МІГРАЦІЇ
РОЗСОЛІВ У ВОДОНОСНОМУ ПЛАСТІ
ГРИНІВСЬКОГО ГАЗОВОГО РОДОВИЩА**

Відповідно до поставлених завдань щодо подальшої експлуатації об'єкта захоронення високомінералізованих розсолів, нами було проведено прогнозне моделювання фільтрації та міграції високомінералізованих розсолів у нижньодашавському водоносному горизонті. Здійснено гідродинамічні розрахунки основних параметрів процесу захоронення розсолів: приймальної здатності поглинальних свердловин, радіуса розтікання розсолів та підвищення пластового тиску у горизонті НД 8-А за період одного, п'яти, десяти, двадцяти, тридцяти років їх експлуатації.

Оскільки захоронення розсолу у проектний водоносний горизонт проектується на період не менше 30 років, то дуже важливим є прогнозування радіуса розтікання високомінералізованого розсолу у проектному водоносному горизонті та швидкості його руху по пласті.

Для проведення розрахунків застосовується методика В.М. Гольдберга [65]. Розрахунок радіуса розтікання у водоносному горизонті та оцінка гідродинамічної активності закачуваних розсолів виконані на базі поглинальної свердловини 14, через яку, здійснюватиметься їх нагнітання.

На практиці цю задачу вирішують шляхом визначення радіуса розтікання розсолу у поглинальному горизонті R_k відносно поодиноких нагнітальних свердловин:

$$R_k = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n V_{розс}}{\pi \times h_{ef} \times m_{ef}}} \quad (4.1)$$

$V_{розсол}$ – сумарний об'єм закачуваного розсолу на дату визначення радіуса розтікання, м³;

$h_{\text{эф}}$ – ефективна товщина поглинального середовища, м;

$m_{\text{эф}}$ – ефективна пористість поглинального пласта, частки одиниць.

У даній формулі сумарний об'єм закачуваного розсолу являє собою функціональну залежність багатьох параметрів закачування, а саме пластового тиску, репресії, приємності свердловин, густини закачуваного розсолу тощо і є результуючою їх величиною яка встановлюється за даними витрат, на пункті закачування розсолу. Отже, для визначення радіуса розтікання R_k розсолу на будь-яку дату заміру відпадає необхідність у вирішенні складної багатофункціональної задачі, пов'язаної розрахунком численних параметрів закачування. Достаньо заміряти величину $V_{\text{розсол}}$ та за відомими для даного пласта значеннями ефективної товщини та ефективної пористості, наближено оцінити значення параметра R_k .

За значенням параметра R_k можна контролювати:

- сукупність співвідношень поточних і еталонних параметрів за даними геолого-промислових досліджень;
- гідродинамічну активність розсолу, що нагнітається;

Оцінити гідродинамічну активність в поглинальному пласті можна за значенням репресії закачуваного розсолу у поточному контурі:

$$\Delta P'_k = \frac{\Delta P_y \times \lg \frac{R''}{R_k}}{\lg \frac{R_k}{r_c}} \quad (4.2)$$

$\Delta P'_k$ – репресія закачуваного розсолу на поточному контурі, МПа;

ΔP_y – репресія закачуваних розсолів на усті свердловини, МПа;

R_k – радіус поточного розсолу, що закачується, м;

r_c – радіус свердловини, м.

R'' – приведений радіус впливу нагнітальної свердловини, м;

$$R'' = 1.5 \times \sqrt{a \times t}, \quad (4.3)$$

де a – коефіцієнт п'єзопровідності, $\text{м}^2/\text{добу}$;

t – час закачування розсолу через нагнітальну свердловину за добу;

Для організації контролю за фронтом просування розсолу поглинальним пластом, нами проведено розрахунок швидкості просування розсолу у пласті-колекторі (v) у мірі віддаленості від стовбура поглинальної свердловини. Відповідний розрахунок проводився за формулою:

$$v = \frac{Q}{2\pi R_p h_{\text{еф}} K_{\text{п}} K_{\text{в}}} \quad (4.4)$$

де: Q – добовий об'єм розсолу, $\text{м}^3/\text{добу}$;

$h_{\text{еф}}$ – ефективна товщина, м;

$K_{\text{п}}$ – коефіцієнт пористості;

$K_{\text{в}}$ – коефіцієнт заповнення водою пор колектора;

R_p – радіус розтікання розсолу пластом-колектором, м.

Результати проведених розрахунків наведені у таблиці 4.1

Таблиця 4.1

Результати розрахунків щодо радіусу розтікання високомінералізованого розсолу у проектному водоносному горизонті та швидкості його руху по пласті

Період закачування, роки	Сумарна кількість захоронених розсолів, м^3	Радіус розтікання розсолу у водоносному горизонті, м	Швидкість руху розсолу пластом, м/добу
1	438000	129,49	0,317
5	2190000	289,56	0,262
10	4380000	409,50	0,142
20	8760000	519,12	0,092
30	13140000	709,27	0,086

Отримані дані свідчать, що швидкість просування розсолу поглинальним пластом у часі та з віддаленням від вибою свердловини різко гальмуються, а радіус розтікання високомінералізованого розсолу пластом залежить як від ємнісних властивостей пласта, так і від загального

об'єму закачаних у свердловину розсолів. Як видно із таблиці 4.1 радіус зони розтікання високомінералізованого розсолу у поглинальному пласті за 20-30 років експлуатування становитиме від 129,49м до 709,27м.

Техногенна зміна складу підземних вод у процесі захоронення високомінералізованих розсолів обумовлена дією двох груп чинників [63;64;65]:

- 1) привнесенням із зовні нових забруднюючих речовин;
- 2) порушенням природних геохімічних умов у водоносних горизонтах під впливом зовнішніх дій, які викликають концентрацію у водах забруднюючих елементів.

У даній роботі основна увага приділяється аналізу чинників першої групи, що контролюють поведінку забруднюючих речовин під час руху від техногенних джерел забруднення у водоносних горизонтах.

Гідрогеохімічні поля, що при цьому формуються, характеризуються помітними градієнтами хімічних потенціалів (концентрацій), а іноді і температури, зміни яких вельми відчутно виявляються за відносно короткочасні періоди спостережень. Власне, геохімічні перетворення протікають на тлі добре виражених гідродинамічних механізмів міграції [85]. Саме таке поєднання чинників відрізняє дані техногенні міграційні системи від природних квазістатистичних систем, дослідження яких набагато частіше допускає розгляд саме геохімічних процесів міграції незалежно від гідродинамічних механізмів. На даний час великої уваги заслуговують питання розробки, дослідження і впровадження методів моделювання для розв'язання задач підземного масопереносу під час фільтрації розсолів і підземних вод.

Застосування математичних методів на рівні моделювання складних фізичних процесів відкривають можливість для проведення численних експериментів з метою вироблення нових технічних рішень. Зокрема, науково обгрунтовані розрахунки необхідні для вивчення складних фільтраційних ситуацій руху закачаного розсолу та пластових вод під час

вирішення задач міграції забруднень з метою прогнозування зміни гідрохімічного режиму пластових вод.

Для прогнозного обґрунтування полігону захоронення розсолів, як і для інших питань гідрогеологічного прогнозування, на сьогодні застосовують три основні групи методів: аналітичні розрахунки; чисельне або аналогове моделювання; безпосередню екстраполяцію встановлених даних. Відповідно, аналітичні розрахунки доцільно застосовувати для прогнозування за простих гідрогеологічних умов, які легко приводяться до типових розрахункових схем, що мають відповідні рішення; для цього необхідно мати розрахункові значення всіх вхідних гідрогеологічних параметрів. Моделювання ефективно застосовується для більш складних гідрогеологічних умов за наявності розрахункових характеристик всіх параметрів і чинників, що враховуються в моделі. Екстраполяція встановлених даних може виконуватися для найрізноманітніших гідрогеологічних умов, коли розрахункові значення параметрів і чинників, необхідних для аналітичних розрахунків або моделювання, відсутні.

Враховуючи те, що у складних природних умовах (в умовах неоднорідності геологічної будови пластів) фільтрація багатокомпонентних сумішей призводить до зміни проникностей пластів і колекторів, прогнозування яких можливе лише за допомогою методів математичного моделювання [86; 87; 88; 89; 90; 91; 92; 93; 94; 95; 96; 97; 98; 99; 100; 101; 102; 103]. Проте, існуючі спрощені методики розрахунків на сьогодні не можуть бути застосовані, оскільки застосування спрощених методик призводить до виникнення в процесі розрахунків значних помилок, що не відповідає сучасному рівневі розвитку підземної гідрогазодинаміки. Проте автор вважає, що при розробці математичних моделей фільтрації реальних високомінералізованих сумішей у пористому середовищі, спрямованих на вирішення конкретних прикладних задач, варто віддавати перевагу найбільш простим методам, які містять мінімальне число добре вивчених експериментальних параметрів.

Як правило, математичні моделі фільтрації, призначені для вирішення практичних завдань, мають деякі припущення, що дає змогу значно спростити розв'язання задачі, зберігши при цьому необхідну точність обчислення. Водночас, теоретичне та експериментальне вивчення цих процесів доцільно розвивати як фундаментальний напрямок досліджень і при подальшому накопиченні фактів, які підтвердять значимість описаних чинників, відповідні складові можуть включатися в математичні моделі практичного рівня.

Слід зазначити, що математичні моделі фільтрації високомінералізованих сумішей у пористому середовищі, вміщують значну кількість імперичних даних, апроксимуючих співвідношень і досить розгалужених алгоритмів розрахунків проміжних функцій, що змушує провести ретельний аналіз для вибору найбільш зручних розрахункових співвідношень. Проведене нами вивчення літературних джерел, пошук та аналіз доступної інформації з розглянутої тематики спонукало до розроблення відповідної програми моделювання процесу масопереносу в пористих середовищах у процесі захоронення високомінералізованих розсолів у глибокозалягаючі водоносні горизонти для персональних комп'ютерів у програмному середовищі Delhi.

Як випливає з аналізу робіт [104; 105; 106; 107; 108; 109; 110; 111; 112; 113] у ході проведення експериментальних досліджень фільтрації сольових розчинів в піщаних ґрунтах її коефіцієнт фільтрації можуть значно змінюватись в залежності від зміни концентрації розчинених у воді солей по області фільтрації. На основі аналізу робіт математичної обробки результатів експериментів залежності коефіцієнта фільтрації сольових розчинів від її концентрації, процес масопереносу при фільтрації сольових розчинів в ґрунтових масивах описується системою диференціальних рівнянь [77, 78]:

- фільтрації сольових розчинів за законом Дарсі

$$\vec{V} = -k(c) \times \text{grad}(h) \text{div}(\vec{V}) = 0 ; \quad (4.5)$$

- конвективної дифузії розчинених у воді солей

$$\operatorname{div}(D(c) \times \operatorname{grad} c - c \times V(c)) + \int = \sigma \frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial N}{\partial t} \quad (4.6)$$

- масообміну

$$\frac{\partial N}{\partial t} = \int (c, N, c^*, N^*, \gamma_1, \dots, \gamma_n) , \quad (4.7)$$

де c, N – масові концентрації солей в рідкій та твердій фазах; c^*, N^* – теж саме в умовах рівноваги; V - вектор швидкості фільтрації сольового розчину; $k(c)$ – коефіцієнт фільтрації, залежність якого від концентрації сольових розчинів встановлюється експериментально; h – п'езометричний напір; $D(c)$ – коефіцієнт конвективної дифузії; λ – параметр гідродинамічної дисперсії; $1, \dots, n$ – константи швидкості масообміну, σ – пористість ґрунту.

Аналіз результатів проведених експериментальних досліджень фільтрації сольових розчинів в піщаних ґрунтах, їх математичної обробки проведених І.І. Ляшко [114], коефіцієнт фільтрації $k(c)$ від концентрації сольового розчину визначатиметься:

$$K(c) = 0.002 \cdot c^6 - 0.0088 \cdot c^5 + 0.162 \cdot c^4 - 1.3194 \cdot c^3 + 3.9229 \cdot c^2 + 0.0223 \cdot c + 18.187 \quad (4.8)$$

Відповідно масоперенос розчинених в фільтраційному потоці солей з врахуванням залежності параметрів фільтрації від концентрації сольового розчину в рамках одновимірної моделі ($L \gg b$) [112]:

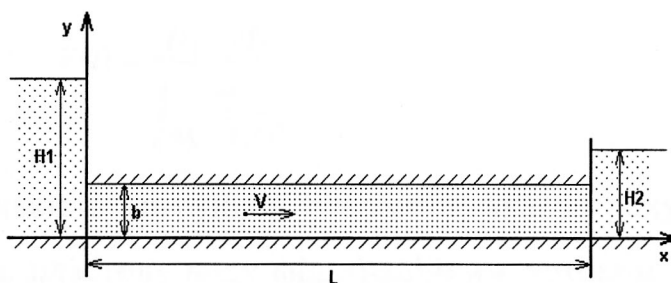


Рис.4.1. Схема масопереносу солей під час фільтрації розсолів у водоносному горизонті

відповідну математичну модель масопереносу солей під час фільтрації підземних вод у водоносному горизонті можна описати такою крайовою задачею:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(D(c) \frac{\partial c}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial x} (V(c) \times c) - \gamma(c - c^*) = \partial \frac{\partial c}{\partial t}, \quad (4.9)$$

$$\text{де : } V(c) = -k(c) \frac{dh}{dx}, \frac{\partial V}{\partial x} = 0 \quad (4.10)$$

$$h(0) = H_1, h(1) = H_2, \quad (4.11)$$

$$c(x, 0) = \bar{C}_0(x), 0 \leq x \leq l \quad (4.12)$$

$$c(0, t) = \bar{C}_1(t), t \geq 0 \quad (4.13)$$

$$l_2 c(l, t) = 0, t > 0 \quad (4.14)$$

де l_2 - оператор, що задає одну з крайових умов на виході фільтраційного потоку.

$$l_2 c = \begin{cases} c(l, t) = \bar{C}_2(t) \\ \frac{dc(l, t)}{dx} = 0 \\ \left[V(c) \cdot (c - \bar{C}_2) + D(c) \cdot \frac{dc}{dx} \right] \Big|_{x=l} = 0 \end{cases} \quad (4.15)$$

Використовуючи (4.9) - (4.15), отримаємо значення п'єзометричного напору на $[0, 1]$ при відомому розподілі концентрації $c(x)$, $x \in [0, 1]$ у фіксований момент часу, а відтак і значення швидкості фільтрації в цей момент часу:

$$V(t) = \frac{H_1 - H_2}{\int_0^l \frac{dx}{k(c(x, t))}} \quad (4.16)$$

Звідси, кількість мігруючої речовини, яка за рахунок поршневого ефекту витіснить пластову воду фільтраційним потоком за час t з області фільтрації, можна обчислити за формулою

$$Q_t = \int_0^l c(l, t) \times V dt - \int_0^l D \times \frac{\partial c(l, t)}{\partial x} dt. \quad (4.17)$$

а у випадку задання оператором l_2 с граничних умов (4.15), отримаємо:

$$Q_t = \int_0^l \bar{C}_2(t) \times V(t) dt - \int_0^l D(t) \times \frac{\partial c(l,t)}{\partial x} dt \quad (4.18)$$

Отже, використовуючи формули (4.16) – (4.18), можна визначити, яка кількість забруднень, що потрапить у поглинаючий горизонт і витіснить пластову воду з області фільтрації за проміжок часу t , а також проміжок часу, за який у поглинаючий горизонт потрапить певна кількість забруднень.

Для даної задачі розроблено комплексну програму, яка реалізована в інтегрованому середовищі Delhi і адаптована для ПК IBM PC чи IBM - сумісних комп'ютерів, забезпечених графічним адаптером (Додаток Б). Значна Велика увага приділена сервісному оформленню програми у вигляді систем меню та наглядному графічному представленню отриманих результатів з візуалізацією змодельованих фізичних процесів.

Зокрема, передбачено візуалізацію динаміки поширення фронту абруднень; чисельні розрахунки та графічне представлення поля швидкості фільтрації, поля концентрації мігруючих речовин. Передбачено виведення результатів чисельних розрахунків на екран монітора, на принтер або у файл даних.

На основі програмної реалізації задачі, описаної вище, проведено значну кількість чисельних експериментів, що дало можливість провести аналіз отриманих результатів для різних вхідних даних задачі та детально дослідити процес масопереносу розчинених у воді солей враховуючи залежність параметрів фільтраційного потоку від фізико-хімічних властивостей фільтруючого розчину і середовища.

Побудовані за допомогою створеної програми графічні залежності (за тривалістю нагнітання 1, 5; 10; 20; 30) (рисунок 4.2; 4.3; 4.4; 4.5; 4.6) показали, що швидкість фільтрації змінюється в залежності від розподілу концентрації сольового розчину по області фільтрації.

Час

365

швидкість фільтрації

Маса вивнесеної речовини, фільтраційним потоком

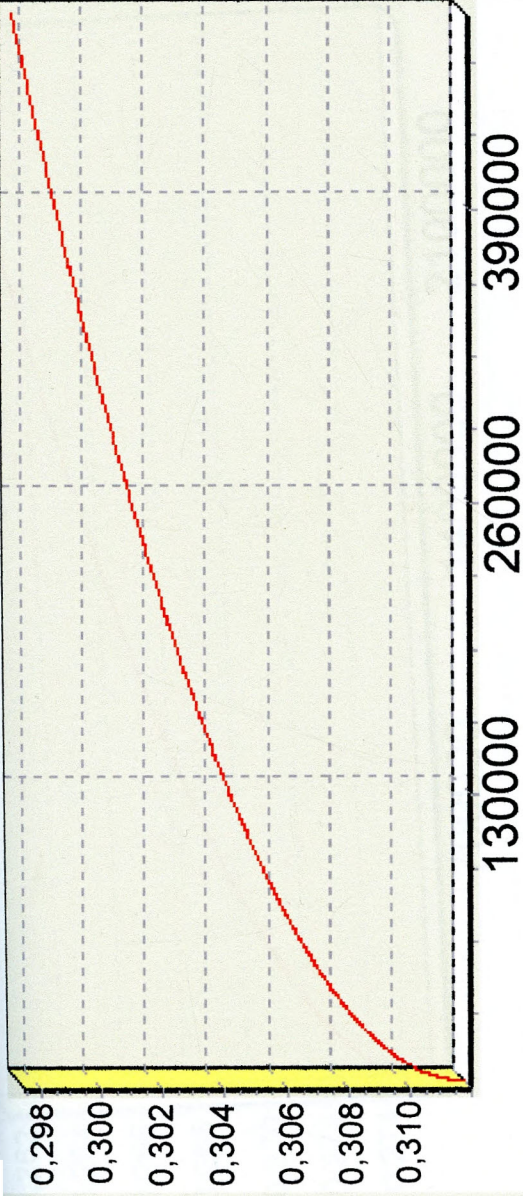
Залежність 1

Залежність 2

show grafiky

in Excel

Графік зміни швидкості фільтрації від кількості закачаного у пласт розсолу



Графік динаміки виносу забруднень з часом

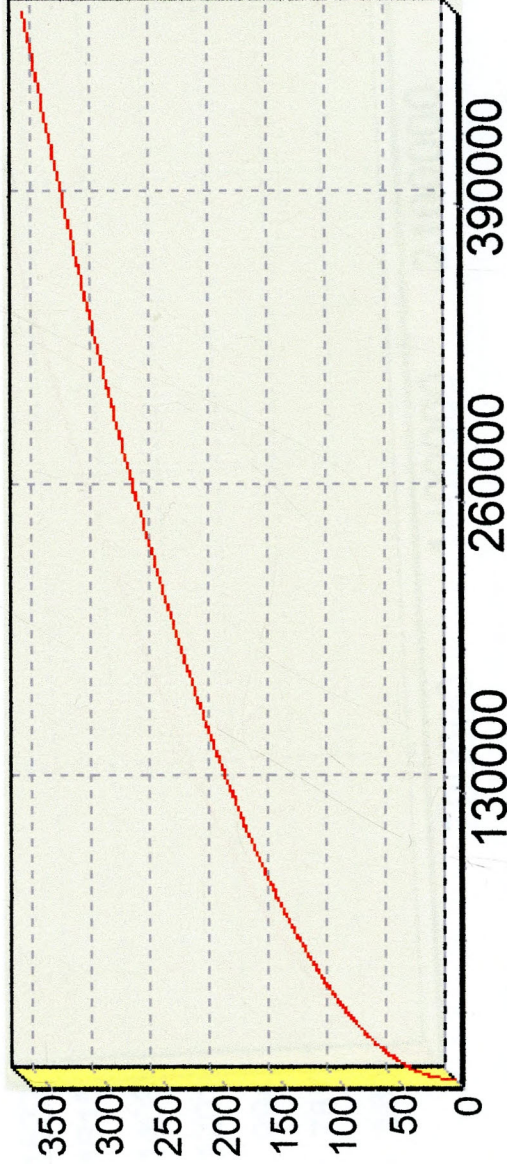


Рис. 4.2. Розрахунок швидкості фільтрації та динаміки захоплення високомінералізованого розсолу у водоносний горизонт НД-8А Гринівського газового родовища (за 365 діб)

Час

1825

швидкість фільтрації

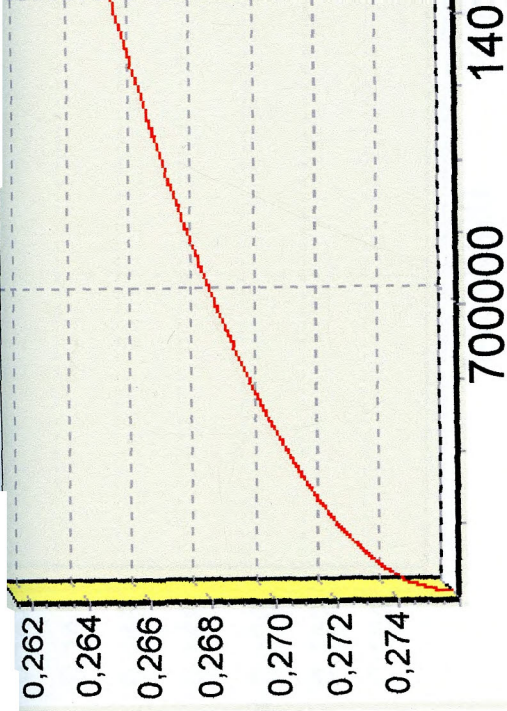
Маса вивнесеної речовини, фільтраційним потоком

Залежність 1

Залежність 2

show grafiku

in Excel



Графік динаміки вивнесу

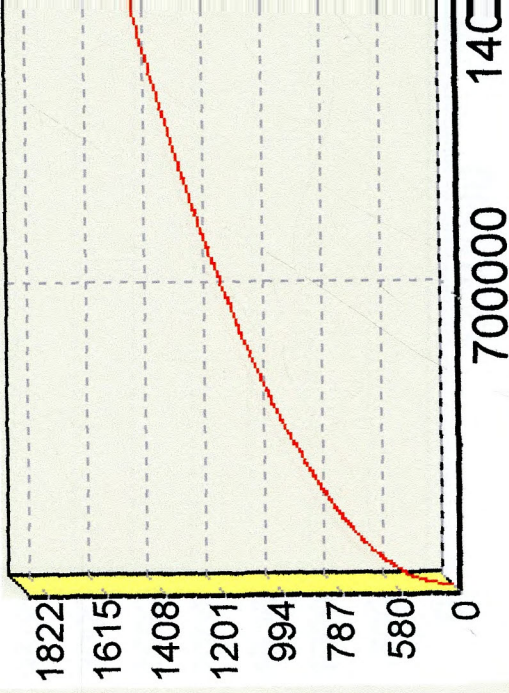


Рис. 4.3. Розрахунок швидкості фільтрації та динаміки заборонення високомінералізованої води у водонасиченому горизонті НД-8А Гринівського газового родовища

Час

3650

швидкість фільтрації

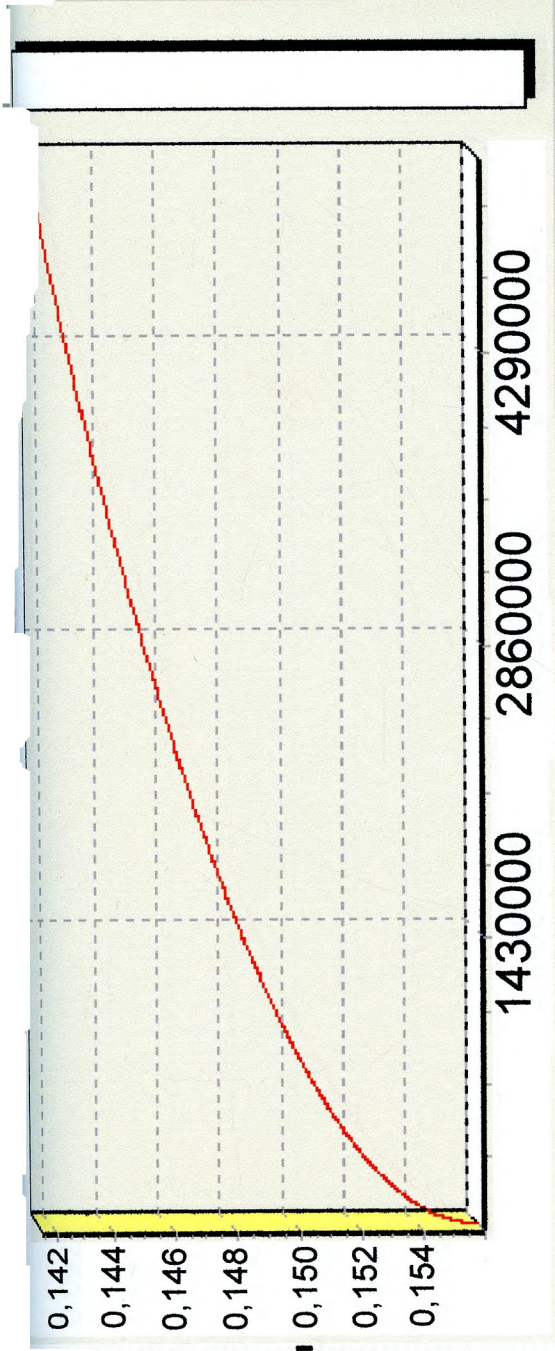
Маса вивезеної речовини, фільтраційним потоком

Залежність 1

Залежність 2

show grafiky

in Excel



Графік динаміки виносу забруднень з часом

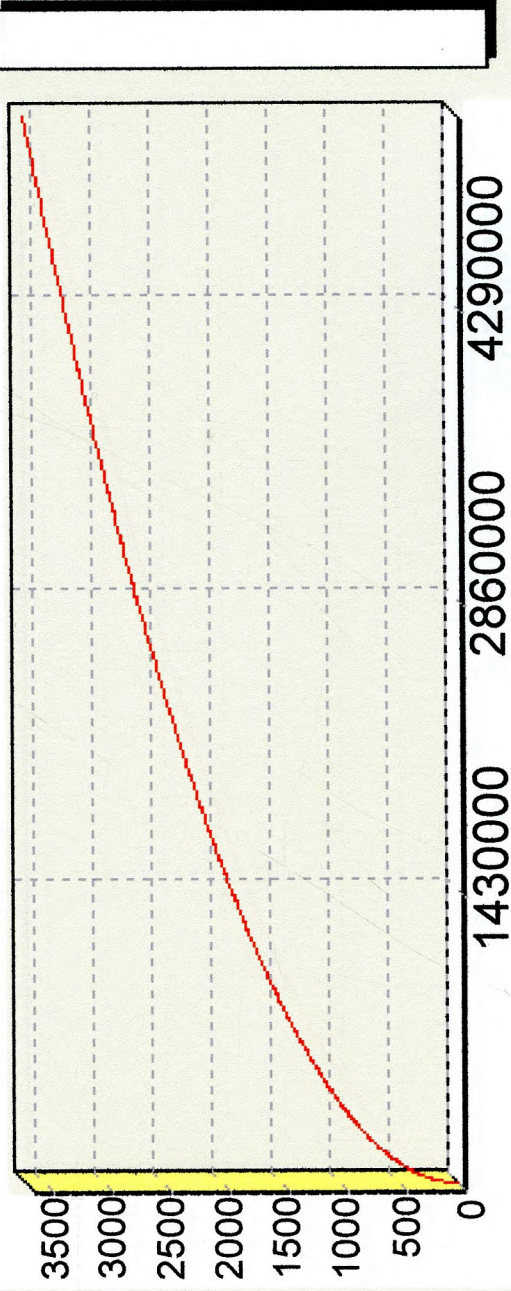


Рис. 4.4. Розрахунок швидкості фільтрації та динаміки заховорення високомінералізованого розсолу у водонесний горизонт НД-8А Гринівського газового родовища (за 3650 діб)

Час

7300

швидкість фільтрації

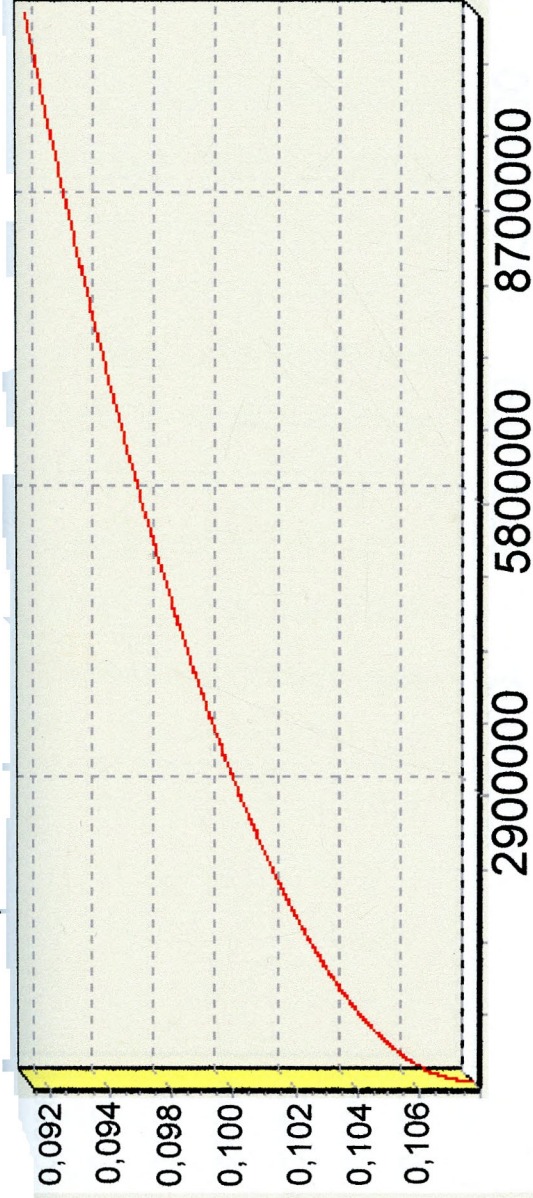
Маса вивнесеної речовини, фільтраційним потоком

Залежність 1

Залежність 2

show grafiky

in Excel



Графік динаміки виносу забруднень з часом

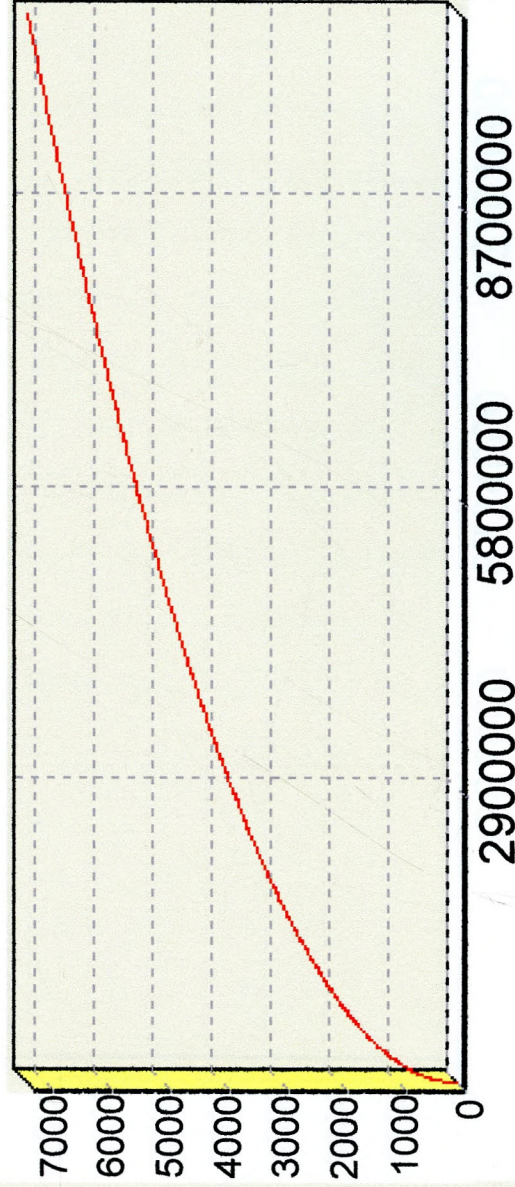


Рис. 4.5. Розрахунок швидкості фільтрації та динаміки захоронення високомінералізованого розсолу у водоносний горизонт НД-8А Гринівського газового родовища (за 7300 діб)

Час

10950

швидкість фільтрації

Маса винесеної речовини, фільтраційним потоком

Залежність 1

Залежність 2

show grafiky

in Excel



Графік динаміки виносу забруднень з часом

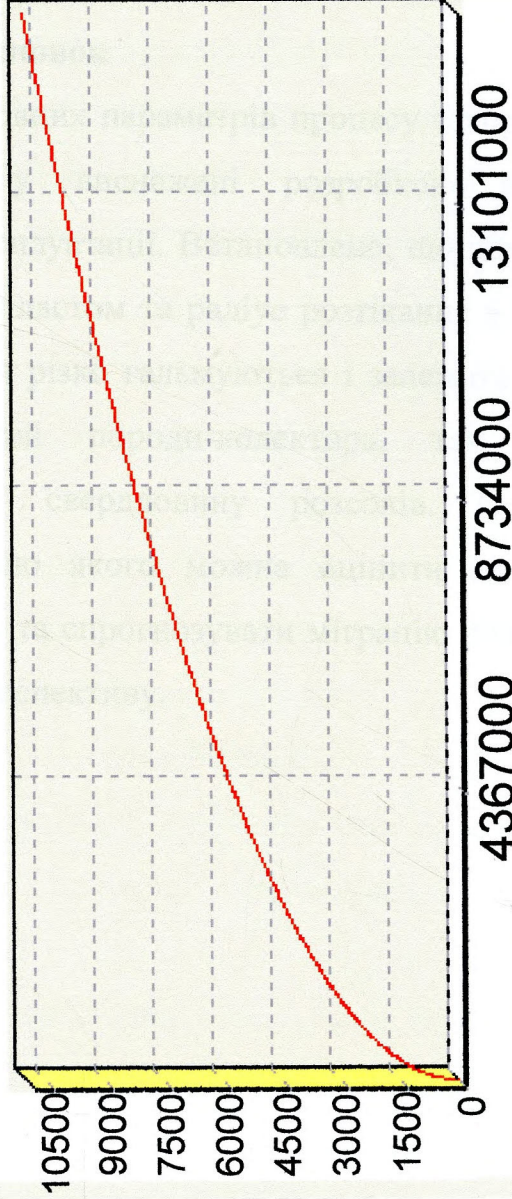


Рис. 4.6 - Розрахунок швидкості фільтрації та динаміки захоплення високомінералізованого розсолу у водонесний горизонт НД-8А Гринівського газового родовища (за 10950 діб)

Висновок

Здійснено прогнозування основних параметрів процесу захоронення високомінералізованих розсолів у виснажені розробкою поклади вуглеводнів за 1, 5, 10, 30 років експлуатації. Встановлено, що швидкість просування розсолу поглинальним пластом та радіус розтікання з часом і віддаленням від вибою свердловини різко гальмуються і залежать, як від ємнісно-фільтраційних властивостей породи-колектора, так і від загального об'єму закачаних у свердловину розсолів. Створено програмний продукт, за допомогою якого можна оцінити масштаби забруднення водоносного горизонту та спрогнозувати міграцію розсолів у підземних водах на довготривалу перспективу.

Розділ 5

ОСНОВНІ ЗАХОДИ З ОХОРОНИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА У ПРОЦЕСІ ПІДЗЕМНОГО ЗАХОРОНЕННЯ ВИСОКОМІНЕРАЛІЗОВАНИХ РОЗСОЛІВ КАЛУШ-ГОЛИНСЬКОГО РОДОВИЩА КАЛІЙНИХ СОЛЕЙ

5.1. Загальні вимоги щодо збору, підготовки та нагнітання високомінералізованого розсолу

Для забезпечення надійності роботи поглинальних свердловин повинен здійснюватися комплекс заходів контролю за процесом підготовки та подаванням високомінералізованого розсолу.

Технологічний процес промислового нагнітання високомінералізованого розсолу здійснюватиметься при умові, якщо:

- проведено облаштування полігону нагнітання у повній відповідності до технічного проекту;
- проведено опресування нагнітальних ліній та встановлено їх герметичність;
- технологічна лінія обладнана контрольно-вимірювальними приладами;
- проведене режимне нагнітання високомінералізованого розсолу та визначено еталонні параметри нагнітання (тиск на насосі, розхід об'єму закачаних розсолів; тиск на гирлі нагнітальних свердловин, на буфері, в затрубному, міжколонному та заколонному просторі);
- нагнітальні лінії після насосу повинні бути обладнані пробовідбірним пристроєм для відбору проб розсолу з метою проведення гідрогеохімічних аналізів із певною періодичністю;
- на полігоні в операторній повинен бути наявний журнал для реєстрації технологічного процесу нагнітання.

Перед початком кожного періодичного закачування проводяться експрес – аналізи високомінералізованого розсолу для визначення вмісту механічних домішок. На початку і наприкінці процесу закачування розсолу фіксуються тиски на затрубному, трубному і міжколонному просторах. Один раз на рік повинні вимірюватися статичні рівні води. Не менше одного разу у півріччя із спостережних свердловин, що розкрили четвертинні відклади, і з інших водних джерел (криниць, потічків) повинні відбиратись проби води для визначення хімічного складу. У випадку зміни сольового складу і підвищення мінералізації вод, закачування розсолу припиняється до виявлення і ліквідації можливих шляхів проникнення останніх у горизонти з прісними водами.

5. 2. Загальні вимоги до технологічного обладнання

З метою організації збору і підготовки розсолу для нагнітання в надра потрібно мати як мінімум три ємності, кожна з яких повинна забезпечити приймання добового об'єму розсолу. Підключення їх до приймального трубопроводу повинно бути паралельним з таким розрахунком, щоб забезпечити відстій розсолу від домішок. При цьому кожна із ємностей повинна бути обладнана індивідуальних запірним вентилям на вході і на виході із нагнітального насосу.

За паралельної схеми підключення забезпечується добовий відстій запроектованого об'єму розсолу від механічних домішок та забезпечується безперебійне їх нагнітання в надра. При цьому технологічна схема роботи ємностей, якщо їх пронумерувати під номерами: №1, №2, №3, буде такою: Насамперед, розсоли заповнюють ємність №1 і залишають її на добу для відстоювання. За цей час заповнюється ємність №2. Через добу розсіл, що відстоявся у відстійнику №1 починаємо закачувати в надра, ємність №2 на цей час переводиться в режим відстою, а ємність №3 ставиться на режим заповнювання. Після цього ємність №2 ставиться на режим відкачування, а

ємність №3 – на режим відстоювання, а ємність №1 на режим заповнення. Саме в такій послідовності і повинні працювати запроектовані ємності.

Вся технологічна система збору, підготовки та нагнітання розсолу повинні забезпечити тривалу і безперебійну роботу із закачування розсолу з врахуванням та виконанням встановлених вимог до техніки безпеки і охорони навколишнього середовища.

Саме через це до кожного із вузлів технологічної схеми ставитимуться такі вимоги:

- забезпечення збору та відстоювання запроектованого об'єму розсолу;
- забезпечення розподільчальної системи введення і відведення води;
- наявність оглядових вікон або мірної трубки зі шкалою;
- наявність приладу для відбору проб води для хімічного аналізу.

Систему очищення слід розмістити у місці виходу розсолу із відстійників. Така система повинна забезпечити підготовку розсолів гранично-допустимих концентрацій відповідно до вимог проектних рішень.

Насосний блок. Насамперед, матеріал насосів повинен бути корозійно- і ерозійностійким до складу розсолу. У насосному блоці повинні знаходитись як діючі, так і резервні насосні агрегати. Нагнітальні лінії насосів необхідно об'єднати в загальний колектор, до якого, в свою чергу, повинні підключатись водоводи до нагнітальних свердловин. На загальному колекторі має бути передбачене місце для підключення додаткових нагнітальних свердловин. Насосні агрегати повинні забезпечувати безперевне нагнітання розсолу в установлених проектом об'єктах за відповідних робочих тисків.

Нагнітальні трубопроводи прокладають від загального колектора насосних агрегатів окремими вітками до кожної із нагнітальних свердловин. Матеріал труб повинен бути протикорозійним та

ерозійностійким до складу розсолу і витримувати передбачуваний тиск в установленому порядку. Глибина закладання трубопроводів у землю визначається в залежності місцевих кліматичних умов.

Нагнітальні свердловини. Кількість нагнітальних свердловин, як уже зазначалось раніше, визначається в залежності від проектного об'єму закачаних розсолів та їх приємності. Але навіть за найменшого об'єму закачування розсолів їх повинно бути не менше двох одиниць: одна – діюча, а інша – резервна. Конструкція цих свердловин повинна забезпечити надійну герметичність та ізоляцію всіх водоносних горизонтів, особливо тих, що містять прісні води. Саме з цієї причини технічну і експлуатаційну колони перед перфорацією необхідно опресувати в установленому порядку [115; 116; 117; 118].

Необхідно враховувати і те, що стальне обладнання газових свердловин (труб, деталей насосів) може піддаватися корозійному впливу розсолів, призначених для захоронення. При цьому розсоли, забруднюються продуктами корозії, які відкладаються у привибійних зонах свердловин, спричиняючи значне зниження поглинальної здатності останніх.

Відомо, що інтенсивність корозії металічного обладнання залежить від зовнішніх і внутрішніх чинників [119; 120].

До внутрішніх чинників відносяться: хімічний склад, структура металу, наявність внутрішніх напруг та деформацій, стан поверхні металу.

До зовнішніх чинників відносяться: умови середовища, в якому знаходиться метал; хімічний склад води і наявність у ній речовин, які можуть прискорювати або гальмувати корозію; швидкість води відносно металу; наявність механічних домішок.

Відомо, що підвищення концентрації солей збільшує електропровідність розчину і, відповідно, призводить до підсилення процесу електрохімічної корозії [119]. Сульфати і хлориди знижують захисні властивості протикорозійних плівок, що також сприяє корозії. З

іншого боку, збільшення концентрації солей сприяє витісненню кисня із даного середовища, що, значно ускладнює протікання в основному, головним чином катодного процесу і, відповідно, призводить до значного зниження швидкості корозії.

Такий процес детально вивчався лабораторією корозії на Туймазинському родовищі [120]. За результатами проведених досліджень було зроблено висновок, що сольовий склад високомінералізованих стічних вод не є головною причиною, корозії металу, причому швидкість її зростає у міру розбавлення високомінералізованих вод прісними. Експериментально доведено, що швидкість корозійного процесу в прісній воді майже у тричі вища, ніж у високомінералізованих розсолах як за статичних, так і динамічних умов.

5.3. Оцінка надійності контролю закачування високомінералізованого розсолу

Ступінь надійності контролю системи нагнітання залежить від низки чинників, основними серед яких є: геологічні та гідродинамічні; технічні, технологічні тощо [121; 122; 123; 124].

Геологічні та гідродинамічні умови в системі надійності контролю пред'являють до пласта-колектора, в якому планується проводити захоронення високомінералізованих розсолів. Ці вимоги вважаються загальноприйнятими [84] і полягають у такому:

- пласт-колектор повинен бути приуроченим до зони застійного гідродинамічного водного режиму;
- повинен володіти значним поширенням та високими ємнісно-фільтраційними властивостями;
- необхідна наявність регіональних перекриваючих та підстилаючих водоупірних пластів;
- пласт-колектор повинен бути гідродинамічно ізолюваним відносно інших горизонтів;

- статичний рівень пластових вод пласта колектора в контурі підземного сховища повинен знаходитися нижче земної поверхні;
- пласт-колектор і структура повинні знаходитися за межами району активної тектонічної діяльності;
- необхідна наявність у розрізі одного або двох буферних водоносних горизонтів;
- пласт-колектор не повинен використовуватись як джерело водозабезпечення питною водою населених пунктів;
- пласт-колектор не повинен вміщати у собі корисні для народного господарства копалини, на якість розробки яких може вплинути закачування високомінералізованих розсолів;
- літологічний склад порід поглинального горизонту та хімічний склад пластових вод повинен повністю виключати можливість погіршення приємності горизонту внаслідок фізико-хімічної взаємодії нагнітальних розсолів і пластових вод;
- тиск нагнітання розсолів у поглинальний горизонт повинен бути на 30-40% меншим за тиск гідророзриву пласта покришки (водоупору).

Відповідна сукупність регламентованих геологічних і гідродинамічних умов сама по собі виключає можливість проривання закачуваних розсолів із поглинального пласта через водоупір у вище-залягаючі горизонти. Цими вимогами також регламентується надійність водоупірних покришок, поглинальних пластів і буферних водоносних горизонтів.

Технічні фактори, чинники під якими розуміється, насамперед, технічний стан і конструкція нагнітальних свердловин складають потенціальні передумови можливості перетоків нагнітаємих розсолів в інші пласти по за колонному просторі. Друга сторона технічних чинників стосується наземної частини обладнання і відноситься до охорони навколишнього середовища, яка також піддається надійному контролю за

даними заміру тисків на гирлі, тиску на насосі та витрат нагнітаємого розсолу.

Технологічні чинники є одними із найбільш важливих критеріїв, які впливають на ступінь надійності контролю. Саме тому на всіх вузлах технологічної лінії збору і закачки розсолу передбачають установку приладів контролю. Система повинна бути герметичною і антикорозійною, придатною до тривалої і безперебійної подачі розсолу у пласт – колектор. Вона також повинна передбачати проведення профілактичних, ремонтно-відновних робіт без переривання процесу нагнітання і можливість роботи її в аварійних ситуаціях. Технологічний режим нагнітання повинен відповідати вимогам проектних рішень і не виходити за їх межі.

Як показали результати проведених попередніх досліджень, єдиним надійним методом охорони довкілля від забруднення у процесі розробки калійних родовищ взагалі, і Калуш-Голинського родовища калійних солей зокрема є запропонований нами метод підземного захоронення у виснажені розробкою газові поклади поблизу розташованих родовищ, а саме Гринівського газового родовища. Доцільність запровадження такого методу охорони довкілля від високомінералізованих розсолів обумовлена значною глибиною захоронення (понад 850м у горизонт НД–8А). Пласт–колектор характеризується високими фільтраційно–ємнісними властивостями що уможливорює безперебійне та безпечне скидання необхідного об'єму високомінералізованого розсолу. Наявність значної за товщиною покришки (понад 850м) з хорошими екранувальними властивостями над горизонтом захоронення, представленої кам'яною сіллю та глинами, а також – буферного водоносного комплексу між покришкою і поглинальним горизонтом створює хороші передумови для захоронення накопичених розсолів. Сумісність високомінералізованих розсолів та пластових вод (горизонту в який проводитиметься захоронення) забезпечує тривалість експлуатації горизонту без істотного збільшення тиску на гирлі нагнітальної свердловини.

Проведення контролю просування розсолів у поглинальному горизонті та дотримання санітарного стану водоносних горизонтів – важливі проблеми, що виникають у процесі підземного захоронення промислових відходів, від вирішення яких залежить екологічна ситуація відповідної території. Саме через це на Гринівському газовому родовищі з метою охорони навколишнього середовища навколо запроєктованого полігону захоронення пропонується встановлення санітарно-захисних зон та обґрунтовується їх доцільність. Також передбачено проведення гідрогеологічного, гідрохімічного і технічного контролів.

Отже, під час створення підземного сховища високомінералізованих розсолів Калуш-Голинського родовища калійних солей у відкладах НД-8А необхідно встановити санітарно-захисну зону, яка згідно нормативних документів та методичних рекомендацій [125; 126] повинна складатися із трьох зон.

Перший пояс санітарно-захисної зони включатиме область поширення високомінералізованих розсолів у пласті-колекторі на кінець експлуатації підземного сховища. Розмір цієї зони значною мірою залежатиме від об'єму розсолу, що забороняється; особливостей гідрогеологічних умов полігону, літологічного складу сховища; величини зміщення ореолу забруднення, спричиненого дією природнього руху підземних вод.

Радіус першого поясу санітарно-захисної зони проектного полігону захоронення визначатимемо за формулою:

$$R_1 \approx \alpha \times \left(\sqrt{\frac{Q \times t}{\pi \times h \times m}} + \frac{r}{n} \times J \times t \right) + R_{\text{зам}}, \quad (5.1)$$

де: α – коефіцієнт, що враховує фільтраційну неоднорідність порід, з яких складається пласт-колектор (зазвичай він складає від 1 до 2), для розрахунків приймемо 1,5.

Q – середньодобовий дебіт нагнітання розсолів, м³/добу;

T – термін експлуатації підземного сховища – 30 років або 1096^{днів}.

m – відкрита пористість пласта-колектора – 12%;

h – ефективна потужність пласта-колектора – 85м;

r – коефіцієнт фільтрації– 0,0324 м/добу;

J – природній нахил руху підземних вод поглинальним горизонтом – 0,0008;

$R_{\text{бат}}$ – радіус батареї нагнітальних свердловин, м;

Підставимо відповідні значення у формулу і отримаємо:

$$R_1 \approx 1.5 \times \left(\sqrt{\frac{1000 \times 10950}{3.14 \times 0.16 \times 52}} + \frac{0.031}{0.16} \times 0.0008 \times 10950 \right) + 0.1345 \approx 649 \text{ м.}$$

Другий пояс санітарно-захисної зони повинен охоплювати територію, де існує потенційна небезпека забруднення високомінералізованими розсолами поверхні землі, відкритих водойм, підземних вод і гірських порід, які мають народногосподарське значення. Відповідно, другий пояс санітарно-захисної зони обмежуватиметься областю поширення розсолів у пласті–колекторі за час пониження їх концентрації до практично безпечних меж.

Період знешкодження забруднюючих компонентів високомінералізованих розсолів, які нагнітатимуться у пласт з моменту припинення роботи нагнітальних свердловин, приймається умовно 200 років.

Величина радіуса другого поясу санітарно-захисної зони оцінюється виходячи із того, що після закінчення терміну експлуатації підземного сховища основна міграція розсолів відбуватиметься зі швидкістю потоку підземних вод, тобто

$$R_2 \approx R_1 + \alpha \times \frac{r}{n} \times J \times (t + \tau). \quad (5.2)$$

Підставимо значення у формулу і отримаємо:

$$R_2 \approx 649 + 1.5 \times \frac{0.031}{0.16} \times 0.0008 \times (73000 + 10950) = 669 \text{ м.}$$

Третій пояс санітарно-захисної зони встановлюється здебільшого у випадках коли пласт-колектор вміщує прісні води, придатні для

m – відкрита пористість пласта-колектора – 12%;

h – ефективна потужність пласта-колектора – 85м;

r – коефіцієнт фільтрації– 0,0324 м/добу;

J – природній нахил руху підземних вод поглинальним горизонтом – 0,0008;

$R_{\text{бат}}$ – радіус батареї нагнітальних свердловин, м;

Підставимо відповідні значення у формулу і отримаємо:

$$R_1 \approx 1.5 \times \left(\sqrt{\frac{1000 \times 10950}{3.14 \times 0.16 \times 52}} + \frac{0.031}{0.16} \times 0.0008 \times 10950 \right) + 0.1345 \approx 649 \text{ м.}$$

Другий пояс санітарно-захисної зони повинен охоплювати територію, де існує потенційна небезпека забруднення високомінералізованими розсолами поверхні землі, відкритих водойм, підземних вод і гірських порід, які мають народногосподарське значення. Відповідно, другий пояс санітарно-захисної зони обмежуватиметься областю поширення розсолів у пласті-колекторі за час пониження їх концентрації до практично безпечних меж.

Період знешкодження забруднюючих компонентів високомінералізованих розсолів, які нагнітатимуться у пласт з моменту припинення роботи нагнітальних свердловин, приймається умовно 200 років.

Величина радіуса другого поясу санітарно-захисної зони оцінюється виходячи із того, що після закінчення терміну експлуатації підземного сховища основна міграція розсолів відбуватиметься зі швидкістю потоку підземних вод, тобто

$$R_2 \approx R_1 + \alpha \times \frac{r}{n} \times J \times (t + \tau). \quad (5.2)$$

Підставимо значення у формулу і отримаємо:

$$R_2 \approx 649 + 1.5 \times \frac{0.031}{0.16} \times 0.0008 \times (73000 + 10950) = 669 \text{ м.}$$

Третій пояс санітарно-захисної зони встановлюється здебільшого у випадках коли пласт-колектор вміщує прісні води, придатні для

водозабезпечення або коли існує небезпека потраплення розсолів у близько розташовані експлуатаційні свердловини, гірські виробки або місця природного розвантаження підземних вод.

Стосовно запроектованого нами полігону захоронення високомінералізованих розсолів, то з огляду на особливості геологічної будови та гідрогеологічні умови третього поясу санітарно - захисної зони немає потреби.

Згідно геологічних, гідрогеологічних та геоморфологічних умов у межах запроектованого об'єкта захоронення розсолів пропонуються два пояси санітарно-захисної зони. Перший пояс охоплює надра до земної поверхні з радіусом 649м. У межах даного поясу забороняється використовувати для питтєвого водозабезпечення всі водоносні горизонти.

Другий пояс охоплює територію денної поверхні і надра в контурі радіусом 669м навколо нагнітальної свердловини. У межах цього поясу забороняється використання для питтєвого водозабезпечення вод поглинального і буферних водоносних горизонтів. У випадках, коли ці води не забрудненні закачаними промисловими відходами, вони можуть бути придатні для технічного водозабезпечення.

Санітарно-захисні заходи передбачають також організацію поясу санітарно-захисної охорони навколо майданчиків збору і підготовки до закачування розсолів і аварійних ємностей, а також вздовж трас водопроводів та нагнітальних колекторів. Границя цього поясу: від нагнітальної свердловини, майданчиків збору та підготовки розсолів і аварійних ємностей – 30-50м, від трубопроводів і нагнітальних колекторів –10-30м.

У процесі захоронення високомінералізованих розсолів у глибокий водоносний горизонт, який представлений нижньодашавським горизонтом НД-8А, необхідний контроль за їх міграцією, швидкістю і відстанню просування площею поглинального горизонту. Крім цього, у межах виділених та обґрунтованих нами поясів санітарно-захисної зони

передбачено проведення гідрогеологічного, гідрохімічного та технічного контролю.

Гідрогеологічний контроль проводитиметься з метою реєстрації і регулювання кількості закачаних в пласт розсолів, визначення стану процесу закачування і своєчасного відключення поглинальної свердловини з метою проведення профілактичного ремонту і відновлення приємності останньої. Він включає щоденний облік кількості закачаних розсолів, замірювання значень тисків на усті поглинальної свердловини і на вході насосів, розходу пластової води, що використовується для розбавлення розсолів, за даними розходомірів.

Гідрохімічний контроль здійснюватиметься за станом горизонтів прісних підземних вод, які використовуються для народногосподарських і питтєвих цілях в районі забудов для захоронення розсолів. Окрім цього, контролюватиметься характер взаємодії розсолу з пластовим середовищем.

Передбачається також технічний контроль за станом споруд (насосами, трубопроводами) з метою забезпечення і проведення необхідних заходів запобігання можливим витокам закачаних розсолів. Цей контроль проводитиметься оператором систематично, тому уже на стадії складання технологічного проекту слід передбачити, а під час спорудження обладнати всі вузли споруд відповідними ущільнювачами та провести необхідний контроль обладнання.

Що ж до ролі спостережних свердловин при закачці високомінералізованого розсолу то необхідно відзначити, що при захороненні високомінералізованих розсолів у виснажені розробкою газові поклади Гринівського родовища необхідний контроль за міграцією розсолів, за швидкістю та віддаленістю поширення по пласту. З метою забезпечення надійності контролю за міграцією, швидкістю поширення високомінералізованого розсолу у процесі захоронення у надра Гринівського родовища передбачається використання спостережних свердловин як основного засобу контролю.

У спостережних свердловинах планується систематичне проведення комплексних спостережень, які включали б визначення положення рівнів підземних вод у колекторних і розміщених вище горизонтах, відбір проб підземних вод для визначення їх складу, проведення геофізичних вимірювань – радіоактивного каротажу, термометрії та інших методів. Обробка і аналіз даних спостережень уможливають встановлення положення і структуру ареолу поширення високомінералізованих розсолів водоносним горизонтом для різних періодів часу, уточнення закономірності розповсюдження розсолів в колекторних горизонтах. За результатами контрольних спостережень проводитиметься вибір раціонального режиму захоронення, чим забезпечуватиметься економне використання природної місткості колекторного горизонту.

Кількість та взаємне розміщення спостережних свердловин повинно забезпечити проведення спостережень за поширенням високомінералізованих розсолів поглинальним пластом, а також за гідродинамічними параметрами поглинальних горизонтів з метою забезпечення якомога раціональнішого режиму роботи поглинальних свердловин.

Під час проектування і закладанні спостережних свердловин на локальному об'єкті слід додержуватись одного з основних принципів: кількість спостережних свердловин має бути мінімально необхідною. Методика ж проведення спостережного буріння повністю залежить від геологічного характеру об'єкта захоронення і вимагає диференційованого підходу в конкретній геологічній обстановці до проведення такого виду робіт, а саме вибору раціональної системи розташування спостережних свердловин.

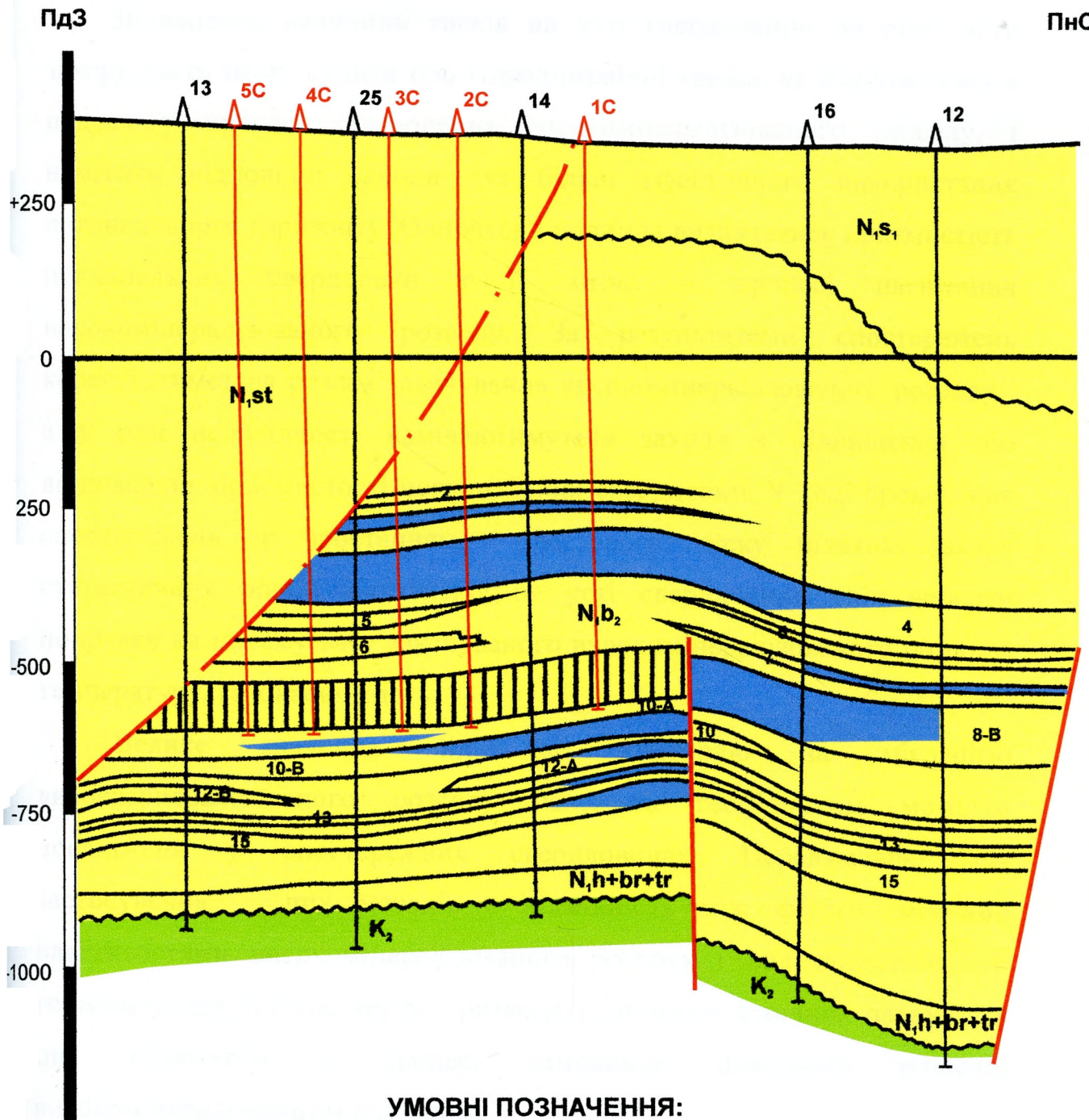
Аналіз першоджерел [127, 128, 129, 130] вказав на цілковиту відсутність конкретних вказівок про кількісну характеристику спостережних свердловин та систем їх взаємного розташування. Здебільшого рекомендації зводяться до того, що спостережні свердловини

повинні розташовуватися від нагнітальної свердловини на віддалі не менше товщини водоносного горизонту. У нашому випадку товщина горизонту захоронення складає 85м. Однак детальний аналіз особливостей геологічної будови та гідрогеологічних умов об'єкта захоронення, кількості високомінералізованого розсолу, який необхідно утилізувати, надійності контролю процесу захоронення вказує на те, що рекомендована у літературних джерелах відстань та система розташування спостережних свердловин є нелогічною і потребує детальних досліджень.

В основу розробленої нами методики розташування спостережних свердловин лягло прогнозне моделювання фільтрації та міграції високомінералізованих розсолів у нижньодашавському водоносному горизонті, а це – радіус розтікання високомінералізованого розсолу у поглинальному водоносному горизонті та швидкість просування розсолу пластом. На основі результатів проведених нами розрахунків (розділ 4, табл.4.1) пропонується наступна схема розташування спостережних свердловин (рис. 5.1.).

Періодичність відбору проб для хімічного аналізу, визначатиметься швидкістю поширення фронту захороненого високомінералізованого розсолу, які залежать від конкретних геолого-гідрогеологічних умов, а також кількості і складу розсолу.

З метою здійснення раціональної системи експлуатації полігону підземного захоронення високомінералізованого розсолу необхідне систематичне вивчення характеру і динаміки зміни тисків в поглинальних горизонтах, яке визначає характер поширення в них видалених стоків. Зміну пластового тиску слід спостерігати як у поглинальному водоносному горизонті, так і залягаючи вище горизонтах. При цьому слід реєструвати надлишковий тиск і приємність поглинальних свердловин.



УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ:

- геологічні границі
- стратиграфічні неузгодження
- тектонічні порушення
- лінія Стебницького насуву
- пробурені свердловини
- спостережна свердловина
- об'єкт захоронення високомінералізованих розсолів Домбровського кар'єру
- газові поклади

Рис. 5.1. Принципова схема захоронення високомінералізованого розсолу в горизонт НД-8А Гринівського газового родовища (Манюк О.Р. за матеріалами УкрДГРІ, 2008р.)

Зіставлення величини тисків на усті свердловини на різні дати заміру дасть змогу судити про гідродинамічні явища, як відбуваються в надрах у процесі захоронення високомінералізованого розсолу, і намітити відповідні заходи для більш ефективного використання поглинального горизонту. Одночасно повинна визначатись приємність поглинальних свердловин і її зміна в процесі нагнітання високомінералізованого розсолу. За результатами спостережень корегуватиметься режим закачування високомінералізованого розсолу, а у разі необхідності намічаються заходи з підвищення або відновлення приємності поглинальних свердловин. У ході проведення спостережень за зростанням пластового тиску шляхом заміру статистичних рівнів або тисків на усті свердловини слід вносити поправки на питому вагу закачуваного високомінералізованого розсолу, температуру, газонасиченість.

Велике значення під час контролю за міграцією високомінералізованого розсолу належить геофізичним методам досліджень у спостережних свердловинах. Передумовою для застосування цих методів є відмінність між фізико-хімічними властивостями високомінералізованого розсолу і вод поглинального горизонту, що, в свою чергу, призводять до зміни фізичних параметрів цих горизонтів у процесі заміщення пластових розсолів високомінералізованим розсолом.

Геофізичні методи забезпечуватимуть виявлення і прослідкування фронту високомінералізованого розсолу безпосередньо в пласті шляхом проведення дистанційних замірів, які характеризуються різною глибиною, з неперервною реєстрацією параметрів вздовж стовбура свердловини.

Висновок

Запроектовано комплекс заходів щодо охорони навколишнього середовища у процесі захоронення високомінералізованого розсолу у виснажений розробкою поклад вуглеводнів. Так, навколо полігону захоронення високомінералізованого розсолу запроектовано та обґрунтовано встановлення санітарно-захисних зон, у межах яких передбачено проведення гідрогеологічного, гідрохімічного та технічного контролю, а також передбачено буріння спостережних свердловин як основного засобу контролю за процесом закачування розсолу. Результати контрольних спостережень уможливають вибір раціонального режиму захоронення, що забезпечить економне використання природної місткості колекторних горизонтів.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

У дисертаційній роботі висвітлено актуальну наукову проблему зменшення негативного впливу на довкілля високомінералізованих розсолів родовищ калійних солей. Теоретичні та експериментальні дослідження, виконані автором з метою обґрунтування теоретичних і методичних основ процесу утилізації високомінералізованих розсолів калійних родовищ Передкарпаття у виснажені розробкою поклади вуглеводнів, апробація та впровадження розробок у виробництво, а також запропоновані технологічні заходи та технічні рішення дають змогу зробити наступні висновки:

1. Здійснено критичний аналіз існуючих даних щодо складу високомінералізованих розсолів калійних родовищ Передкарпаття та методів їх утилізації. Встановлено, що методи, які традиційно використовувались для знешкодження цих розсолів, на сьогодні не можуть вважатись екологічно прийнятними, а єдиним надійним методом утилізації високомінералізованих розсолів є їх захоронення у виснажені розробкою поклади вуглеводнів поблизу розташованих родовищ.

2. Проведено вивчення особливостей геологічної будови та гідрогеологічних умов досліджуваної території, аналізу розробки та сучасного стану гідродинаміки нижньодашавського горизонту Гринівського газового родовища. У результаті виявлено у виснаженому розробкою покладі газу горизонту НД-8А геологічну структуру, сприятливу для захоронення високомінералізованого розсолу, екологічна безпечність якої обумовлена значною глибиною захоронення (понад 850м), наявністю покривки значної товщини, складеної глинистими відкладами з прошарками кам'яної солі над поглинальним горизонтом

3. На основі фізико-хімічного дослідження взаємодії високомінералізованого розсолу та пластових вод об'єкта захоронення, встановлено, що зміна концентрації йонів і загальної мінералізації розчину відбувається згідно лінійного закону. Це пояснюється однотипністю йонно-сольового складу вод та абсолютною сумісністю розчинів і уможливорює

запровадження оптимального варіанту зменшення об'ємів відходів та обумовлює ефективність і довготривалість експлуатації проектного полігону захоронення розсолів.

4. Здійснено прогнозування основних параметрів процесу захоронення високомінералізованих розсолів у виснажені розробкою поклади вуглеводнів на 1, 5, 10, 20, 30 років експлуатації. Встановлено, що швидкість просування розсолу поглинальним пластом та радіус розтікання з часом і віддаленням від вибою свердловини різко гальмуються і залежать, як від ємнісно-фільтраційних властивостей породи-колектора, так і від загального об'єму закачаних у свердловину розсолів. А також створено програмний продукт, за допомогою якого можна оцінити масштаби забруднення водоносного горизонту та спрогнозувати довготривалу міграцію розсолів у підземних водах.

5. Запроектовано комплекс заходів з охорони навколишнього середовища у процесі захоронення високомінералізованого розсолу у виснажений розробкою поклад вуглеводнів. Так, навколо полігону захоронення високомінералізованого розсолу запроектовано та обґрунтовано встановлення санітарно-захисних зон, у межах яких передбачено проведення гідрогеологічного, гідрохімічного та технічного контролю, а також передбачено буріння спостережних свердловин як основного методу контролю за закачуванням розсолу. Результати контрольних спостережень дадуть можливість вибрати раціональний режим захоронення і забезпечити економне використання природної місткості колекторних горизонтів.

Запропонована методика утилізації розсолів у виснажені розробкою поклади вуглеводнів є екологічно безпечною для довкілля і гарантує надійність захоронення високомінералізованих розсолів на сталу перспективу. Отримані ж результати можуть бути використані під час розвідки, проектування, будівництва та експлуатації полігонів підземного захоронення промислових відходів гірничої промисловості, що гарантує підвищення екологічної безпеки держави.

ДОДАТКИ

Додаток А

"ЗАТВЕРДЖУЮ"

Директор
ДП "Калійний завод"
ВАТ "Оріана"

І. Корчинський

"10" лютого 2008 року



Ми, що нижче підписані, представники ДП "Калійний завод" ВАТ "Оріана", начальник виробничо-технічного відділу Краюхін В.Г., головний геолог Бараненко Б.Т. та аспірант кафедри безпеки життєдіяльності Івано-Франківського Національного технічного університету нафти і газу Манюк О.Р. склали даний акт, який підтверджує, що ДП "Калійний завод" ВАТ "Оріана" використовує наукові розробки Манюк О.Р., а саме:

- основні принципи утилізації високомінералізованих розсолів шляхом їх підземного захоронення у виснажені розробкою поклади вуглеводнів;
- методичні основи процесу утилізації високомінералізованих соляних розсолів Калуш – Голинського родовища калійних солей у виснажені розробкою горизонти Гринівського газового родовища.

Начальник ВТВ ДП "Калійний завод"

В.Г.Краюхін

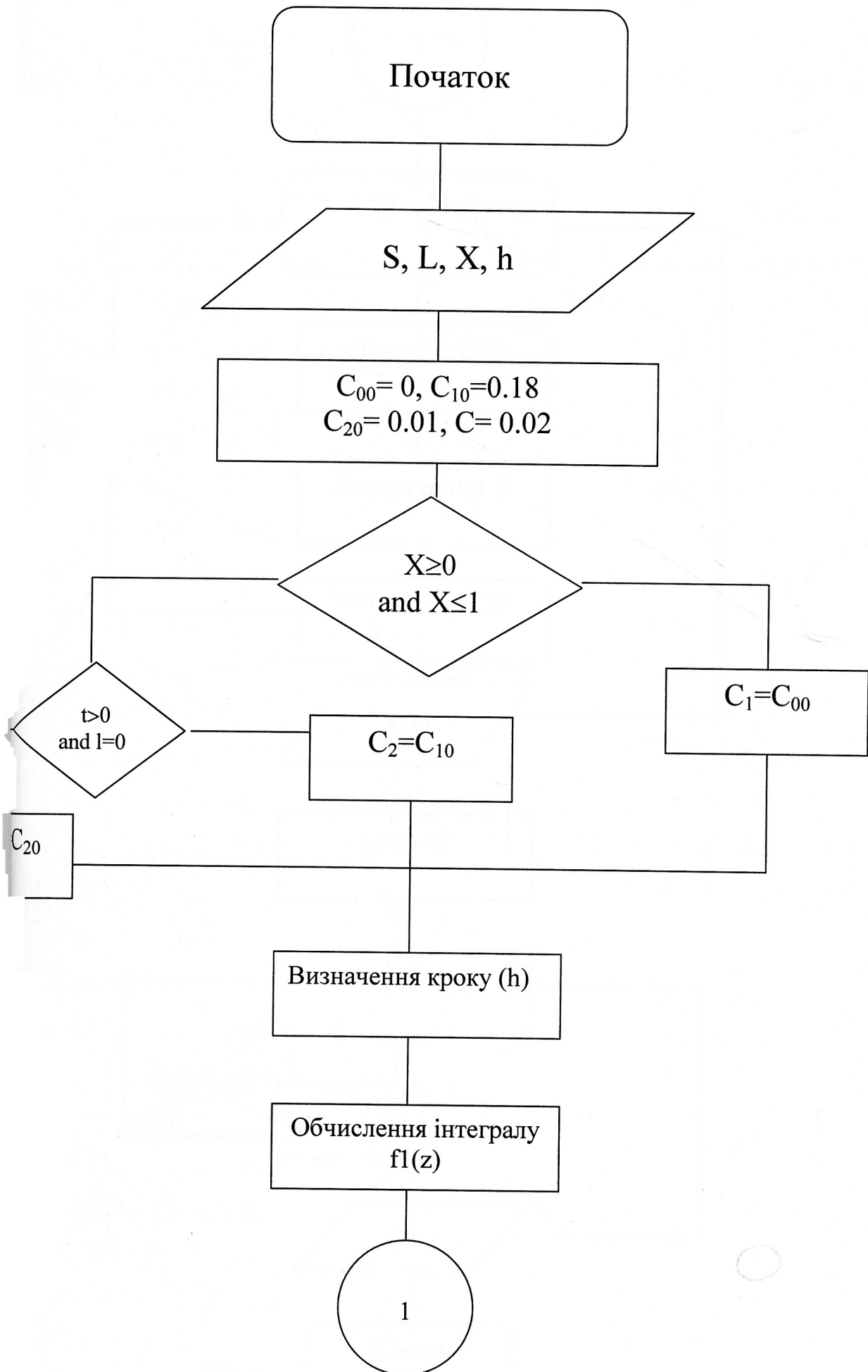
Головний геолог ДП "Калійний завод"

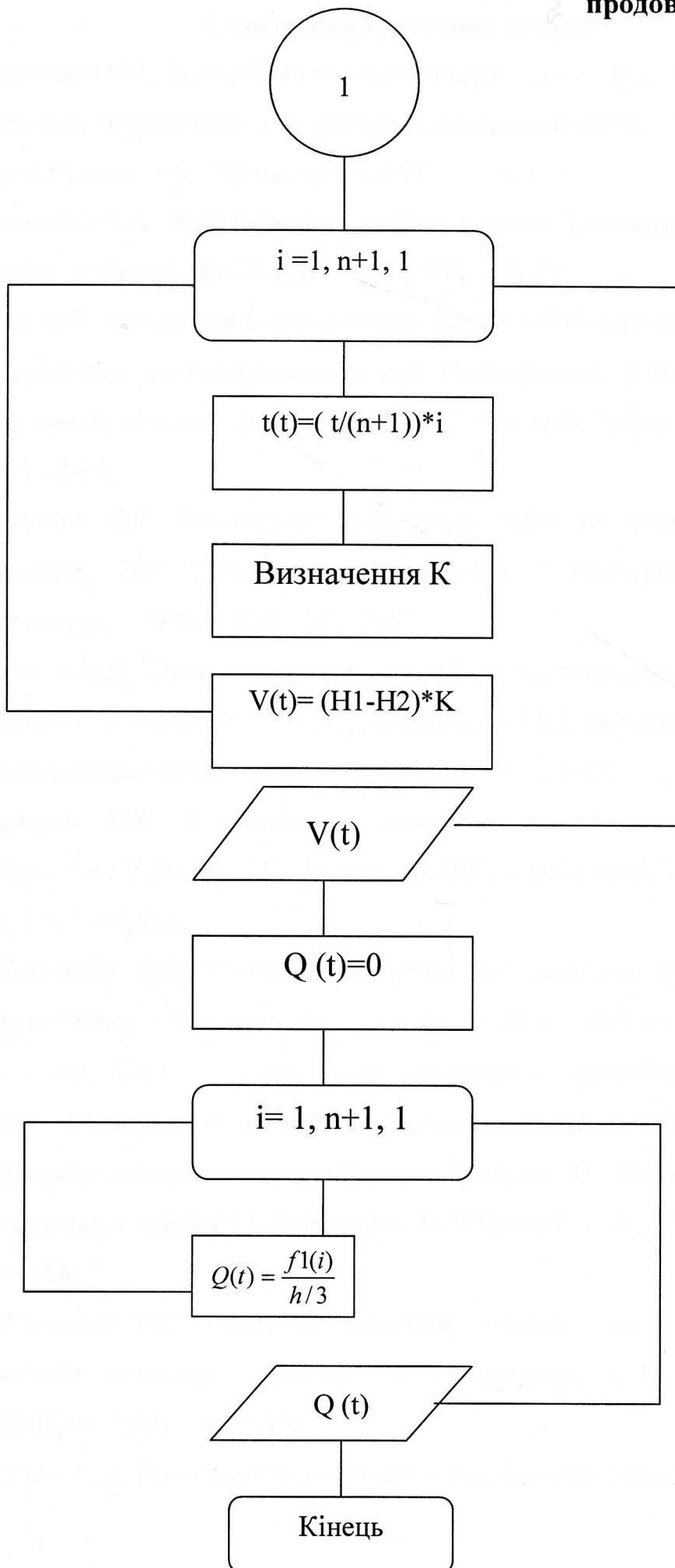
Б.Т. Бараненко

Аспірант ІФНТУНГ

О.Р. Манюк

Схема-алгоритм програми розрахунку швидкості фільтрації та динаміки
захоронення високомінералізованого розсолу у поглинальний водоносний горизонт





Список використаних джерел

1. Адаменко О.М. Екологічна геологія: підруч. [для студ. вищ. навч. закл. екологічних, геологічних, географічних спеціальностей] / Олег Адаменко, Григорій Рудько. – К.: Манускрипт, 1997. – 348 с.
2. Высоцкий З.А. Калиеносные бассейны мира: [монографія] / Зеновий Высоцкий. – Минск: Наука и техника, 1988. – 387 с.
3. Хабер Н.В. Состояние и перспективы размещения и утилизации отходов от переработки полиминеральных руд Прикарпаття // Использование и складирование отходов фабрик : статьи / Николай Хабер. – Л.: ВНИИГ, 1974. – С. 7-11.
4. Гаркушин П.К. Технология закладочных работ на калийных рудниках Прикарпаття/ П.К Гаркушин., ЯМ. Семчук // Подземное и шахтное строительство. – 1991. – №2. – С. 13-17.
5. Сивоконь Е.П. Снижение потерь при добыче калийных солей системами с твердеющей закладкой / Е.П.Сивоконь, П.К.Гаркушин // Развитие калийной промышленности. – 1970.– Вып.1. – С. 21-27.
6. Тарасов Б.Г. Комплексное освоение калийных месторождений Предкарпаття / Тарасов Б.Г., Гаркушин П.К., Глоба В.М. – Львов: Вышшая школа, 1987. – 128 с.
7. Духовлинов Д.П. Механизация работ на калийных рудниках ГДР / Д.П. Духовлинов // Хімічна промисловість. – 1957. – №6. – С. 8-11.
8. Ротыкин С.М. О возможности подземного захоронения промстоков основных предприятий калийной промышленности // Использование и складирование отходов обогатительных фабрик. Подземное и шахтное строительство : статьи / С.М.Ротыкин, И.И Ризнич. – Л., ВНИИГ, 1974. – С. 104 - 118.
9. Алексеев В.С. Опыт захоронения сточных вод // Гідрогеологія. Инженерная геология : статьи / В.С.Алексеев, Е.А Никольская. – М.: ВИНТИ, 1976. – С. 5-101.
10. Гаев А.Я. Промышленные стоки – в подземные горизонты / Алексей

Гаев. – Челябинск, 1978. – 102 с.

11. Гольдберг В.М. Прогнозная оценка возможностей захоронения промстоков на конкретных объектах // Гидрогеологические вопросы подземных захоронений промстоков : статьи / В.М.Гольдберг, Е.С.Соколов, В.Я. Леви. – М.:ВСЕГИНГЕО, 1969. – С. 54-58.

12. Гольдберг В.М., Тарасова Н.В. Анализ состояния проблемы и опыта гидрогеологических исследований подземного захоронения промстоков // Проблемы теоретической и региональной гидрогеохимии : статьи / В.М. Гольдберг, Н.В. Тарасова. – М.: МГУ, 1973. – С. 167-173.

13. Мироненко В.А. Теория и методы интерпретации опытно-фильтрационных работ / В.А. Мироненко, В.М. Шестаков. – М.: Недра, 1978. – 325 с.

14. Мироненко В.А. Основы гидрогеомеханики / В.А. Мироненко, В.М. Шестаков. – М.: Недра, 1974. – 296 с.

15. Білявський Г. О. Основи загальної екології : [підруч. для студ ВНЗ екологічних, геологічних, географічних спеціальностей] / Білявський Г.О., Падун М. М., Фурдуй Р. С. — К.: Либідь, 1993. — 304с.

16. Білявський Г.О. Основи екології: теорія і практика : [навч. посіб. для студ ВНЗ екологічних, геологічних, географічних спеціальностей] / Білявський Г.О., Бутченко Л.І., Навроцький В.М. – К.: Лібра, 2002. – 352 с.

17. Запольський А.К. Основи екології: [підруч. для студ ВНЗ екологічних, геологічних, географічних спеціальностей] / Запольський А.К., Салюк А.І., Ситник К.М. – К.: Вища школа, 2001. – 358 с.

18. Мироненко В.А. Охрана подземных вод в горнодобывающих районах : [монографія] / Мироненко В.А., Румынин В.Г., Учаев В.К. – Л.: Недра, 1980. – 276 с.

19. Исследование и прогноз загрязнения подземных вод тяжелыми хлорорганическими соединениями / В.Г. Румынин, В.П. Подопрigора, Л.Н. Синдаловский [та ін.] // Геоэкология. – 2005. – № 6. – С. 1-22.

20. Мельковицкая С.Г. Органические загрязнители подземных вод и

методы их исследования // Гидрогеоэкология и инженерная геология : статьи / Светлана Мельковицкая. — М.: ВИЭМС, 1988. — С. 38-55.

21. Захарова Е.Е. Анализ процессов подземного захоронения трудноочищаемых стоков ОГПЗ / Евгения Захарова. — Оренбург: ВНИГНИ, 1979. — 42 с.

22. Раевский В.И. Методические основы прогнозирования изменений геологической среды при разведке калийных месторождений // Охрана геологической среды на калийных месторождениях : статьи / В.И. Раевский, С.К. Гемп. — Л.: ВНИИГ, 1985. — С.60-73.

23. Малишев А.С. Подземное захоронение сточных вод на предприятиях газовой промышленности / Александр Малишев. — М.: ВНИИЭгазпром, 1978. — 102 с.

24. Прогноз гидрогеологических условий в районе Первомайского химкомбината при подземном захоронении промышленных стоков / Бочерев Ф.М., Ордавская А.Е., Сайдаковский С.З., Соколов А.Д.. — М.: ВНИИВОДГЕО, 1973. — 170 с.

25. Гаев А.Я. О возможности захоронения стоков Березниковского промузла в карстовых коллекторах // Вопросы загрязнения подземных вод и борьба с ними : статьи / А.Я. Гаев, Г.Г.Жидкова. — Пермь:ПГУ, 1971. — С. 12-25.

26. Гаев А. Я. Подземное захоронение сточных вод на предприятиях газовой промышленности / Алексей Гаев. — Л.: Недра, 1981. — 166 с.

27. Гаркушин П.К. Техногенез і охорона навколишнього середовища при розробці калійних родовищ Передкарпаття. / П.К. Гаркушин. // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. — 2001. — №2. — С. 48-55.

28. Рудько Г.І. Екологічна безпека навколишнього середовища України. Контури проблеми / Г.І. Рудько, Б.Ю. Депутат // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. — 2003. — №4. — С. 22-28.

29. Рудько Г.І. Техногенно-екологічна безпека солевидобувних гірничо-промислових комплексів Передкарпаття / Г.І. Рудько, Л.Є. Шкіца //

Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2001. – №5-6. – С.68-71.

30. Рудько Г.І. Екологічний моніторинг геологічного середовища: підруч. [для студ. вищ. навч. закл. екологічних, геологічних, географічних спеціальностей] / Григорій Рудько, Олег Адаменко. – Львів: Видавничий центр ЛНУ, 2001. – 260 с.

31. Рудько Г.І. Екологічна безпека та раціональне природокористування в межах гірничопромислових і нафтогазових комплексів : [монографія] / Г.І. Рудько, Л.Є. Шкіца.– К.: Нічлава, 2001.– 528 с.

32. Геология Восточного поля Калуш-Гольнского калийного месторождения. / [Н.М. Джиноридзе, АИ. Поликарпов, В.П. Телегин, С.С. Коринь та ін.] // Геология месторождений калийных солей и их разведка. – Л.: ВНИИГ, 1988. – С. 3-19.

33. Коринь С.С. Минеральный состав и свойства соляных пород Предкарпатья - индикаторы тектонических деформаций / С.С.Коринь // Советская геология. – 1988. – №24. – С. 95-97.

34. Кузьменко Е.Д. Ефективність комплексного підходу при геофізичному вивченні карстових процесів над відпрацьованими шахтами поляни родовищ кам'яної та калійної солі / Е.Д. Кузьменко, О.П. Вдовина, С.М. Багрій та ін. // Ресурсозберігаючі технології в нафтогазовій енергетиці: матеріали наук.-техн. конф. з між нар. участю «ІФНТУНГ - 40» (16 – 20 квітня 2007р.): тези доповідей . – Ів.-Франківск, 2007. – С. 26.

35. Кузьменко Е.Д Тривимірне картування карстових утворень на родовищах калійної солі за даними гравірознавства / Е.Д. Кузьменко // Розвідка та розробка родовищ нафти і газу. – 1996. – №1(33). – С. 42-48.

36. Оцінка експресними методами еколого-геологічної обстановки родовища калійних „Стебник" в Передкарпатті (Україна) / В.І. Лущик, Ш.В. Швирло, А.А. Лущик., Е.А. Яковлев, Е.Д. Кузьменко, Н.В. Штогрин // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2001. – №2. – С. 55-60.

37. Рудько Г.И. Оценка техногенных изменений геологической среды и

вопросы управляемого контроля техногенеза (на примере Карпатского региона Украины) / Г.И. Рудько // Геоекология. – 1999. – №2. – С. 15-25.

38. Малешевська О.С. Екологічна ситуація в районах розробки та переробки полімерних калійних руд Передкарпаття / О.С. Малешевська, Я.М. Семчук, Л.П. Книгінецька // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2004. – №4. – С. 47-53.

39. Гаркушин П.К. Технология закладочных работ на калийных рудниках Прикарпатья/ П.К. Гаркушин, Я.М. Семчук // Подземное и шахтное строительство. – 1991. – №2. – С. 13-17.

40. Іщенко О.М. Елементи мінімізації техногенного впливу на геологічне середовище і довкілля при розробці газових і газоконденсатних родовищ та експлуатації підземних сховищ газу у Прикарпатті / О.М. Іщенко, В.В. Колодій, В.Л. Плужнікова // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. – 2002. – № 3(4). – С. 207-209.

41. Варламов А.А. Гидрогеологические условия и карст в районе прорыва надсолевых вод / Варламов А.А., Козлов С.С., Липницкий В.К. // Материалы по гидрогеологической и геологической роли подземных вод. – Л.: ЛГУ, 1971. – С. 27-32.

42. Козлов С.С. О гидродинамической и гидрогеохимической взаимосвязи подземных вод соленосных отложений и надсолевых пород (на примере Стебницкого месторождения калийных солей) // Геология и полезные ископаемые соленосных толщ : статьи / С.С. Козлов, В.И. Липницкий, А.Е. Ходьков. – К.:Изд. “Наукова думка”, 1974. – С. 176-183.

43. Колодій В. В. Підземне захоронення промислових стічних вод (на прикладі Передкарпаття) / В.В. Колодій, В.М. Щепак // Вісник АНУРСР. – 1986. – №3. – С. 81-84.

44. Манюк О.Р. Дослідження особливостей геологічної будови та гідрогеологічних умов Калуш-Голинського родовища калійних солей з

метою проектування полігону захоронення високомінералізованих розсолів / О.Р. Манюк, Я.М. Семчук // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. – 2007. – №1. – С. 52-55.

45. Манюк О.Р. Оцінка гідрогеологічних параметрів крейдового водоносного комплексу – горизонту захоронення високомінералізованих розсолів Калуш-Голинського родовища калійних солей / Манюк О.Р. // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. – 2007. – №2(16). – С. 155-158.

46. Манюк О.Р. Оцінка сумісності пластових вод і високомінералізованих розсолів Калуш-Голинського родовища калійних солей при підземному їх захороненні / О.Р. Манюк, Я.М. Семчук // Екологія і ресурси: зб. наук. пр. Інституту проблем національної безпеки. – К.: ІПНБ, 2007. – №16. – С. 38-41.

47. Манюк О.Р. Підземне захоронення високомінералізованих розсолів Калуш-Голинського родовища калійних солей у виснажені розробкою поклади вуглеводнів, як ефективний захід захисту довкілля / О.Р. Манюк, О.Д. Мельник, Я.М. Семчук // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. – 2008. – №1. – С. 49-57.

48. Манюк О.Р. Підземне захоронення високомінералізованих розсолів та основні заходи захисту від забруднень навколишнього середовища / О.Р. Манюк, Я.М. Семчук // Екологічна безпека. – 2008. – №1. – С. 37-42.

49. Манюк О.Р. Захист від забруднення довкілля високомінералізованими розсолами шляхом їх підземного захоронення / О.Р. Манюк // Ресурсозберігаючі технології в нафтогазовій енергетиці: матеріали наук.-техн. конф. з між нар. участю «ІФНТУНГ-40» (16 – 20 квітня 2007р.): тези доповідей. – Ів.-Франківск, 2007. – С.56.

50. Самоочищення природного середовища після Чорнобильської катастрофи : [монографія] / [В.В.Долін, Г.М.Бондаренко, О.О.Орлов; Е.В.Соботович]. – К.: Наукова думка, 2004. – 222 с.

51. Крупський Ю.З. Геодинамічні умови формування і нафтогазоносність

Карпатського та Волино-Подільського регіонів України : [монографія] / Юрій Зенонович Крупський. – К.: УкрДГРІ, 2001. – 144 с.

52. Глушко В.В. Геологическое строение и горючие ископаемые Украинских Карпат: [монографія] / В.В. Глушко, С.С. Круглов. – М.: Недра, 1971. – 389 с.

53. Глушко В.В. Тектоника и нефтегазоносность Карпат и прилегающих прогибов: [монографія] / Володимир Глушко. – М.: Недра, 1968. – 263 с.

54. Західний нафтогазоносний регіон: атлас родовищ нафти і газу України. / [наук. редкол.: М.Я. Вуль, Б.І. Деніга, В.О. Федішин та ін.]. – Львів: Центр Європи, 1998. – Т.4. – 425 с.

55. Вялов О.С. Стратиграфія неогенових моласс Педкарпатського прогиба : [монографія] / Олег Вялов. – К.: Наукова думка, 1965. – 265 с.

56. Вялов О.С. Палеогеновый флиш Северного склона Карпат : [монографія] / Олег Вялов. – К.: Наукова думка, 1979. – 155 с.

57. Підземні води західних областей України : [монографія] / [О.Д. Штогрин, Е.С. Гавриленко, В.М.Щепак та ін.]. – К.: Наукова думка, 1968. – 315 с.

58. Доленко Г.Н. Геология нефти и газа Карпат / Геннадий Доленко. – Київ: Изд. АН УССР, 1962. – 362 с.

59. Ладыженский Н.Р. Геологическое строение и газонефтеносность Советского Предкарпатья / Ладыженский Н.Р., Антипова В.И. – М.: Гостоптехиздат, 1961. – 362 с.

60. Маєвський Б.Й. Прогнозування, пошуки та розвідка нафтових і газових родовищ : [підручник для ВНЗ] / Б.Й. Маєвський, О.Є. Лозинський, В.В. Гладун, П.М. Чепіль. – Київ: Наукова думка, 2004. – 446 с.

61. Нефтегазопромисловая геология и гидрогеология : [учебник для вузов] / [В.Г. Каналин, С.Б. Вагин, М.А. Токарев, Г.А. Ланчаков, В.А. Тимофеев]. – М.: Недра, 1997. – 366 с.

62. Мончак Л.С. Основы геологии нефти и газа: підруч.[для студ. вищ.навч. зал.] / Л.С. Мончак, В.Г. Омельченко. – Івано-Франківськ: Факел, 2002. – 256 с.

63. Котяхов Ф.И. Физика нефтяных и газовых коллекторов / Федор Котяхов. – М.: Недра, 1977. – 287с.
64. Геологические условия захоронения промышленных стоков в недрах Предкарпатского прогиба и Волыно-Подолья / [А.Н. Ищенко, В. М. Марковский, В. М. Щерба и др.]. – К.: Наук, думка, 1978. – 82 с.
65. Гольдберг В.М. Гидрогеологические основы охраны подземных вод от загрязнения : [монографія] / В.М. Гольдберг, С.В. Газда – М.: Недра, 1984. – 283 с.
66. Крайнов С.Р. Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты : [монографія] / С.Р. Крайнов, Б.Н. Рыженко, В.М. Швец. – М.: Наука, 2004. – 677 с.
67. Герметичність підземних сховищ газу за даними при поверхневих геотермічних досліджень / І.І. Грицик, П.Г. Дригулич, І.М. Куровець [та ін.] // Геологія і геохімія горючих копалин. – 2002. – №4. – С. 38-45.
68. Хабер Н.В. Состояние и перспективы размещения и утилизации отходов от переработки полиминеральных руд Прикарпаття // Использование и складирование отходов обогатительных фабрик / Николай Хабер. – Л.: ВНИИГ, 1974. – С. 18-26.
69. Мироненко В.А. Горнопромышленная гидрогеология / В.А. Мироненко, Е.В. Мольский, В.Г. Румынин . – М.: Недра, 1989. – 283 с.
70. Хрущов Д.П. Литология и геохимия галогенных формаций Предкарпатского прогиба / Дмитрий Хрущов. – К.: Наукова думка, 1980. – 316 с.
71. Питьева К.Е. Геохимия подземных вод в условиях освоения нефтегазовых месторождений / К.Е. Питьева, А.В. Гоман. — Астрахань: Изд. дом «Астраханский университет», 2006. — 223 с.
72. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза / Сергей Шварцев. — М.: Недра, 1998. — 366 с.
73. Крайнов С.Р. Геохимия подземных вод хозяйственно-питьевого назначения / С.Р. Крайнов, В.М. Швец. – М.: Недра, 1987. – 237 с.
74. Румынин В.Г. Учет гидрохимических процессов в гидродинамических

моделях фильтрации / Румынин В.Г., Коносавский П.К., Совадина Л.И. // Водные ресурсы. – 1988. – № 2. – С. 59–71.

75. Нефтегазопромысловая геология и геологические основы разработки месторождений нефти и газа / [Иванова М.М., Дементьев Л.Ф., Чоловский И.П.]. – М.: Недра, 1985. – 452 с.

76. Кирюхин В.А. Гидрогеохимия : [учебник для вузов] / В.А. Кирюхин, А.И. Коротков, С.Л. Шварцев. – М.: Недра, 1993. – 384 с.

77. Гиматудинов Ш.К. Физика нефтяного и газового пласта : [учебник для вузов] / Шамиль Гиматудинов. – М.: Недра, 1977. – 312 с.

78. Желтов Ю.П. Разработка нефтяных месторождений : [учебник для вузов] / Юрий Желтов. – М.: Недра, 1986. – 332 с.

79. Войтович А.Ф. Основи технології буріння та експлуатації нафтових і газових свердловин : [навчальний посібник] / Андрій Войтович. – Полтава, 2001. – 166 с.

80. Мищенко И.Т. Скважинная добыча нефти : [учебное пособие для вузов] / Игорь Мищенко. – Москва: Нефть и газ, 2003. – 816 с.

81. Коллинз Р. Течения жидкостей через пористые материалы / Ричард Коллинз. – М.: Мир, 1964. – 350 с.

82. Беренблатт Г.И. Движение жидкостей и газов в природных пластах / Г.И. Беренблатт, В.М. Ентов, В.М. Рижик. – М.: Недра, 1984. – 207 с.

83. Щелкачев И.Н. Подземная гидравлика : [учебное пособие для вузов] / И.Н. Щелкачев, Б.Б. Лапук. – Ижевск: НИЦ, 2001. – 736 с.

84. Абдрахманов Г.С. Бурение нефтяных и газовых скважин / Георгий Абдрахманов. – М.: Недра, 1969. – 124 с.

Янин Е.П. Екологічна геохімія гірничопромислових територій /

І. Янин // Геоєкологічні дослідження й охорона надр. –

І.: АТ«Геоінформмарк», 1993. – Вип.2. – С. 50-61.

86. Решение задач охраны подземных вод на численных моделях / [Г.Н.Гензель, Н.Ф. Караченцев, П.К.Коносавский и др.]. – М.: Недра, 1992. – 240 с.

87. Лаврик В.І. Методи математичного моделювання в екології : [навч. посіб.] / Володимир Лаврик. – Київ: КМ Академія, 2002. – 203 с.
88. Альшинский В.С. Структурный подход к исследованию загрязнения подземных вод статистическими методами // Водные ресурсы : статьи / Василий Альшинский. – М.: ВНИИГ, 1989. – С. 95-99.
89. Лаврик В.І. Матиматическое моделирование в гидроэкологических исследованиях / В.І. Лаврик, Н.А. Никифорович. – К.: Фитоцентр, 1998. – 418 с.
90. Горев Л.М. Основы моделювання в гідроекології / Л.М. Горев // Моделювання природно-техногенних процесів. – К.: КПІ, 1996. – С. 5-141.
91. Акулич И.Л. Математическое программирование в примерах и задачах / Игорь Акулич. – М.: Высшая школа, 1993. – 192 с.
92. Кондаков В.М. Математическое программирование. Элементы линейной алгебры и линейного программирования / Владимир Кондаков. – Пермь: Из-во ЛГУ, 1992. – 160 с.
93. Веригин Н.Н. Диффузия и массообмен при фильтрации жидкостей в пористых средах / Н.Н. Веригин., Б.С. Шержуков // Развитие исследований по теории фильтраций. – М.: Наука, 1969. – С. 237-277.
94. Ентов В.М. Програмное моделирование процесса капиллярного вытеснения в пористой среде / В.М. Ентов, А.Я. Фельдман, Э. Чен Син // Программирование. – 1975. – №3. – С. 68-73.
95. Лукнер Л.В. Моделирование миграции подземных вод / Л.В. Лукнер, В.М. Шестаков. – М.: Недра, 1982. – 184 с.
96. Мироненко В.А. Проблемы гидрогеоэкологии. Изучение и моделирование геомиграционных процессов / В.А. Мироненко, В.Г. Румынин. – М.: Изд-во МГГУ, 1998. – 452 с.
97. Минкин Е.Л. Исследование и прогнозные расчеты для охраны подземных вод / Евгений Минкин. – М.: Недра, 1972. – 112 с.
98. Горев Л.Н. Основы мелиоративной гидрохимии : [учебное пособие для вузов] / Леонид Горев. – К.: Наукова думка, 1991. – 536 с.
99. Вайнберг Я.М. Статистические методы расчленения неоднородных

объектов с использованием марковских условных вероятностей / Я.М. Вайнберг // Геология и геофизика. – 1982. – №7. – с. 112-120.

100. Закономерности распространения загрязнителей в местах складирования осадков коммунальных стоков мегаполисов / [Алехин Ю.В., Ковальская Н.В., Лапицкий С.А., и др.]. – М.: СО РАН, НИЦ ОИГГМ, 1998. – 223 с.

101. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем / Рональд Шеннон. – М.: Наука, 1978. – 418 с.

102. Атрощенко Ф.Г. Изучение миграции высокоминеральных рассолов на физических моделях / Федор Атрощенко. – Ленинград: ЛГИ, 1982. – С. 82-88.

103. Мироненко В.А. Изучение загрязнения подземных вод в горнодобывающих районах / В.А. Мироненко, Е.В. Мольский, В.Г. Румынин. – М.: Недра, 1988. – 265 с.

104. Highway stormwater runoff quality: Development of surrogate parameter relationships / Tomson N.R., McBean E.A., Snodgrass W., Monstrenko I.B. // Water, Air, and Soil Pollution (March 1997). – P. 307-347.

105. Гитис В.Г. Основы пространственно-временного прогнозирования в геоинформатике / В.Г. Гитис, Б.В. Ермаков. – М.:ИЗМАЛИТ, 2004. – 256 с.

106. Тихонов А.П. Методы решения некорректных задач / А.П. Тихонов, В.Я. Арсенич. – М.: Наука, 1974. – 223 с.

107. Адлер Ю.И. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.И. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. – М.: Наука, 1971. – 283 с.

108. Шестаков В.М. Динамика подземных вод / Вениамин Шестаков. – М.: МГУ, 1973. – 327 с.

109. Х. Азиз Математическое моделирование пластовых систем / Халид Азиз, Ентонин Сеттари; пер. с англ. А.В. Королева. – Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2004. – 416 с.

110. Каждан А.Б. Математические методы в геологии / А.Б. Каждан,

О.И. Гуськов. – М.: Недра, 1990. – 251 с.

111. Miller G. Living in the Environment. An Introduction to Environmental Science: Fifth Edit / Miller G. Tyler, Jr. — Belmont, Californ Wadsworth publ., 1992. — 564 p.

112. Решение задач охраны подземных вод на численных моделях / [Г.Н.Гензель, Н.Ф. Караченцев, П.К.Коносавский и др.]. – М.: Недра, 1992. – 240 с.

113. Хаустов А.П. Охрана окружающей среды при добыче нефти / А.П. Хаустов, М.М. Редина. – М.: Дело, 2006. – 552 с.

114. Ляшко И.И. Численное решение задач тепло- и масопереноса в пористых средах/ И.И. Ляшко, Л.И. Демченко, Г.Е. Мистецкий. – К.: Нак. Думка, 1991. – 262 с.

115. Середя Н.Г. Бурение нефтяных и газовых скважин: учебник. [для студ. виш. науч. закл] / Н.Г. Середя, Е.М. Соловев. – М.: Недра, 1988. – 380 с.

116. Яремійчук Р.С. Освоєння та дослідження свердловин: навч. посіб. [для студ. виш. науч. закл] / Р.С. Яремійчук, В.Р. Возний. – Львів, 1994. – 439 с.

117. Яремійчук Р.С. Освоєння свердловин : навч. посіб. [для студ. виш. науч. закл] / Р.С. Яремійчук, Ю.Д. Качмар. – Львів: Світ, 1997. – 256 с.

118. Иванова М.М. Нефтегазопромысловая геология и геологические основы разработки месторождений нефти и газа / М.М. Иванова, Л.Ф. Дементьев, И.П. Чоловский. – М.: Недра, 1985. – 452 с.

119. Дятлов В.Н. Коррозионная стойкость металлов и сплавов / Владимир Дятлов. – Москва: Машиностроение, 1969. – 125с.

120. Гоник А.А. Коррозия нефтепромыслового оборудования в пластовых водах и борьба с ней / А.А. Гоник, Є.М. Тихова // Нефтяное хозяйство. – 1964. – №2. – С. 12-16.

121. Семчук Я.М. Захист ґрунтових вод від сольового забруднення / Я.М. Семчук, Б.Ю. Депутат, А.Я. Лопушанський // Экотехнологии и ресурсозбережение. – 2006. – №3. – С. 48-52.

122. Гошовський С.В. Екологічна безпека техноприродних геосистеми у

- зв'язку з катастрофічним розвитком геологічних процесів / С.В. Гошовський, Г.І. Рудько, Б.М. Прісне. – К.: Нічлава, 2002. – 624 с.
123. Бочеве́р Ф.М. Защита подземных вод от загрязнения / Бочеве́р Ф.М., Лапшин Н.Н., Орадовская А.Е. – М.: Недра, 1979. – 262 с.
124. Барвиш М.В. Новый подход к оценке микрокомпонентного состава подземных вод, используемых для питьевого водоснабжения / М.В. Барвиш, А.А. Шварц // Геоэкология. – 2000. – №5. – С. 467-473.
125. Тердовідов А. С. Рекомендації по контролю за процесом закачування СПВ у надра / А.С. Тердовідов, М.Я. Малихін. – Харків: УкрНДІГаз, 2000. – 20 с.
126. Плішка М.Г. Повернення супутньо-пластових вод нафтогазових родовищ / Плішка М.Г. // Нафтова і газова промисловість. – 2000. – № 4. – С. 59-63.
127. Формирование и строение ореолов рассеивания вещества в подземных водах / [В.А. Грабовников, В.З. Ребейкин, Л.М. Самсонова и др.]. – М.: Недра, 1977. – 178 с.
128. Яковлев С.В. Методы оценки источников загрязнения поверхностных водных объектов / С.В. Яковлев, А.П. Нечаев, Е.В. Мясникова, А.В. Максимов // Водоснабжение и санитарная техника. – 1999. – №12. – С. 10-12.
129. Карцев А.А. Гидрогеология нефтяных и газовых месторождений: учебник [для студ. виш. науч. завед. геол. специал.] / Алексей Александрович Карцев. – М.: Недра, 1972. – 280 с.
130. Ковальчук П.И. Прогнозирование и оптимизация санитарного состояния окружающей среды / П.И. Ковальчук, Е.С. Лахно. – К.: Наукова думка, 1988. – 187 с.