

Міністерство освіти і науки України
Національний університет
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Навчально-науковий інститут нафти і газу
Кафедра нафтогазової інженерії та технологій
Спеціальність 185 Нафтогазова інженерія та технології

До захисту

Завідувач кафедри НГІТ

В.о. *директора* *Кініч*
С.Г. Кініч

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему: «Підвищення продуктивності свердловин шляхом
впровадження технології пульсаційного впливу на привибійну зону
пласта»

Пояснювальна записка

Керівник

К.т.н., доц. Бухкало С.І.

посада, наук. ступінь, ПІБ

С.І.

підпис, дата,

Виконавець роботи

Фуртас Євгеній Валерійович

студент, ПІБ

група 602-МВ

Фуртас

підпис, дата

Консультант за 1 розділом

доц. Михайловська О.В.

посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Консультант за 2 розділом

доц. в.б.н. Рубень В.В.

посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Консультант за 3 розділом

доц. к.т.н. Клеменко Т.М.

посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Консультант за 4 розділом

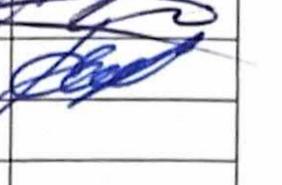
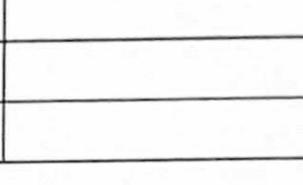
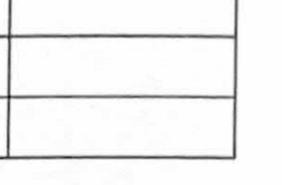
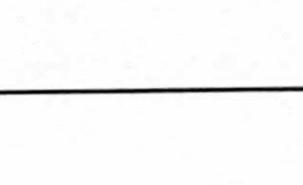
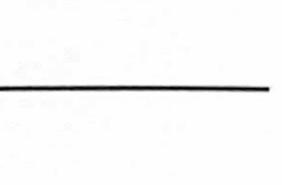
доц. Михайловська О.В.

посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Дата захисту 22.01.2025р.

Полтава, 2024

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1.	Михайлівська О.В.		
2.	доц. І.Т.Н. Рибенко В.П.		
3.	доц. к.т.н. Метерецька М.		
4.	доц. Михайлівська О.В.		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Етапи підготовки	Термін виконання
1	Інформаційно-оглядова частина	14.10-03.11
2	Експериментальна частина	04.11-24.11
3	Теоретична частина (Аналітика. Статистика. Моделювання)	25.11-15.12
4	Впровадження результатів досліджень	16.12-05.01
5	Оформлення та узгодження роботи	06.01-12.01
6	Попередні захисти робіт	13.01-17.01
7	Захист магістерської роботи	

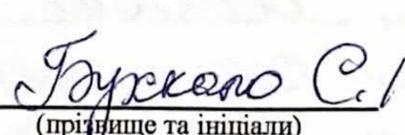
Студент


 (підпис)


 (прізвище та ініціали)

Керівник роботи


 (підпис)


 (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Фуртаса Євгенія Валерійовича

«Підвищення продуктивності свердловин шляхом впровадження технології пульсаційного впливу на привибійну зону пласта»

Кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю 185 «Нафтогазова інженерія та технології». Національний університет «Полтавська Політехніка імені Юрія Кондратюка», Полтава, 2024.

Одним із головних напрямів підвищення ефективності нафтовидобутку є вдосконалення технологій нафтовидобування, що забезпечують інтенсифікацію притоку, підвищення продуктивності, енерго- та ресурсозбереження при експлуатації нафтових родовищ.

В роботі встановлено, що комплексний характер механізму поліпшення фільтраційних характеристик пласта потребує диференційованого підходу до проблеми підвищення продуктивності свердловин: підвищення проникності привибійної зони пласта; попередження та ліквідація припливу пластових вод.

Східно-Рогінцівське нафтове родовище знаходиться на пізній стадії експлуатації, а отже його екологічний стан можемо оцінити як задовільний. Однак для покращення ситуації необхідно провести ряд змін: застосування нового обладнання, що унеможливило виторг продукції в навколишнє середовище; проведення рекультиваційних робіт; слідкувати за станом свердловин, проводити їх огляди, ремонтні роботи.

Автором встановлено, що проведення заходів на свердловині № 51 Східно-Рогінцівського родовища є ефективними. впровадження даного заходу дозволить підприємству отримати економічний ефект в розмірі майже 2,72 млн. грн. за перший рік експлуатації свердловини.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: РОДОВИЩЕ, ПУЛЬСАЦІЯ, КОЛЕКТОР, СВЕРДЛОВИНА.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1: АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ЛІКВІДАЦІЇ ПРИТОКУ ПЛАСТОВИХ ВОД.....	8
1.1. Осносновні причини зниження фільтраційно-ємнісних характеристик пласта.....	8
1.2 Сучасні методи ліквідації припливу пластових вод.....	13
1.3 Огляд методів підвищення продуктивності свердловин.....	16
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1.....	27
РОЗДІЛ 2: ОПИС ТЕХНОЛОГІЇ ШЛЯХОМ ПУЛЬСАЦІЙНОГО ВПЛИВУ НА ПРИВИБІЙНУ ЗОНУ ПЛАСТА.....	29
2.1 Технологія циклічного впливу на привибійну зону пласта.....	29
2.2 Результати досліджень пульсаційного впливу на пласт.....	31
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2.....	33
РОЗДІЛ 3. ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПУЛЬСАЦІЙНОГО ВПЛИВУ НА СХІДНО-РОГІНЦІВСЬКОМУ РОДОВИЩІ.....	34
3.1. Геологічна будова родовища.....	34
3.1.1 Загальні відомості про родовище.....	34
3.1.2. Тектоніка та стратегія.....	35
3.1.2 Колекторські властивості продуктивних відкладів.....	42
3.1.4. Геолого-промислова характеристика покладів.....	47
3.1.5 Літологічна характеристика продуктивних горизонтів, оцінка їх товщини та колекторських властивостей.....	48
3.1 Аналіз стану розробки родовища.....	50
3.2.1. Визначення системи розробки.....	50
3.2.2. Визначення режиму роботи нафтового покладу по фактичним даним.....	52
3.3 Пропозиції щодо впровадження технології на Східно-Рогінцівському родовищі.....	55
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3.....	59

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	61
4.1 Аналіз заходів по охороні надр при бурінні	61
4.2 Аналіз заходів по охороні довкілля при розробці та експлуатації покладу.....	63
4.2.1 Охорона атмосферного середовища	63
4.2.2 Охорона водного середовища.....	64
4.2.3 Охорона і раціональне використання земель родовища.....	66
4.2.4 Охорона флори і фауни	67
4.3 Утилізація промислових стоків в процесі розробки родовища ..	68
4.4 Висновки про екологічний стан природного середовища.....	68
Східно-Рогінцівського родовища.....	68
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4.....	71
РОЗДІЛ 5. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ.....	72
5.1. Техніко-економічне обґрунтування ефективності запроектованих технологічних і технічних рішень.....	72
5.2. Розрахунок витрат на здійснення запроектованого рішення і калькуляції собівартості видобутку нафти.....	73
5.3. Розрахунок економічного ефекту від впровадження запроектованого рішення	75
ВИСНОВКИ	78
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	80

ВСТУП

Актуальність теми. Одним із головних напрямів підвищення ефективності нафтовидобутку є вдосконалення технологій нафтовидобування, що забезпечують інтенсифікацію притоку, підвищення продуктивності, енерго- та ресурсозбереження при експлуатації нафтових родовищ.

Вибір методу на привибійну зону пласта (ПЗП) здійснюється, в основному, емпірично, оскільки експериментальні дослідження завжди пов'язані з великими витратами, внаслідок чого не завжди вдається вибрати ефективні гідродинамічні та теплові режими обробки.

Практика проведення капітального ремонту свердловини (КРС) показує, що серед багатьох методів обробки свердловин показав висову ефективність спосіб структурозберігаючого впливу на ПЗП шляхом дренажу свердловини низькочастотними та високочастотними пульсаціями

При цьому пульсаційні установки дозволяють здійснювати очищення стовбура та привибійної зони у кількох гідродинамічних режимах без зміни гирлового обладнання.

Математичне моделювання гідродинаміки, фільтрації, тепломасообміну дозволяє, використовуючи системний підхід, аналізувати динаміку зміни витрат і тисків у різних частинах системи, визначити умови та розрахувати кінетику масообмінних та фільтраційних процесів у свердловині та пласті, оцінити енергетику обробки ПЗП.

Це надає можливість вибору економічно ефективних режимів при компонуванні гирлового обладнання та знаходити нові технічні рішення у пульсаційній технології очищення стовбура свердловини та привибійної зони пласта.

Метою дослідження є удосконалення технології інтенсифікації притоку нафти і газу шляхом застосування технології пульсаційного впливу, на родовищах, що знаходяться на пізній стадії експлуатації.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- аналіз сучасних методів підвищення продуктивності свердловин та ліквідації припливу пластових вод;
- удосконалення технології інтенсифікації притоку вуглеводнів шляхом пульсаційного впливу на привибійну зону пласта (ПЗП);
- надати рекомендації щодо дослідно-промислових випробувань розробок на Східно-Рогінцівському нафтовому родовищі.

Об'єкт досліджень – нафтові родовища на пізній стадії розроблення.

Предмет дослідження – технологія інтенсифікації притоку вуглеводнів шляхом пульсаційного впливу на ПЗП.

Наукова новизна: проаналізовано сучасні методи підвищення продуктивності свердловин та ліквідації припливу пластових вод.

Удосконалено технологію інтенсифікації притоку вуглеводнів шляхом пульсаційного впливу на привибійну зону пласта.

Розроблено рекомендації щодо впровадження способу на Східно-Рогінцівському родовищі.

Роботу було представлено на засіданні Круглого столу «Основні тенденції розвитку нафтогазової галузі – 2024» у Національному університеті «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка».

РОЗДІЛ 1: АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ЛІКВІДАЦІЇ ПРИТОКУ ПЛАСТОВИХ ВОД

1.1. Основні причини зниження фільтраційно-ємнісних характеристик пласта

Дебіт свердловини багато в чому залежить від стану привибійної зони і пласта, її фільтраційних характеристик. Навіть несуттєва зміна проникності або погіршення стану свердловини, може значно знизити продуктивність свердловини.

Також на продуктивність свердловини впливає зміна фільтраційно-ємнісних властивостей пласта (ФЄВП) в привибійній зоні. Вивченню факторів, що збільшують фільтраційний опір у привибійній зоні пласта, присвячені численні теоретичні та експериментальні дослідження. Ці питання всебічно розглянуті у роботах Алекперова В.Т., Абдуліна Ф.С., Бабаляна Г.А., Боярчука А.Ф., Дем'яненка НА, Крістіана М., Кудінова В.І., Леонідова В.І., Михайлова НН, Миколаївського НН, Орлова Л.І., Підгірного В.М., Сатаєва АС, Сидоровського В.А., Тагірова КМ, Требіна Ф.А., Уса Є.М. [7 - 25] та інших вітчизняних та зарубіжних авторів.

ПЗП є одним з елементів єдиної технологічної природної системи. В даному випадку такою системою є «свердловина-ПЗП-міжсвердловинні ділянки пласта». Різноманітні елементи цієї системи взаємопов'язані і взаємодіють один з одним, і їх статус визначає загальну ефективність розробки нафтових родовищ.

Гідродинамічний зв'язок пласта зі свердловиною відбувається через ПЗП. Високий фільтраційний опір ПЗП може бути зумовлений характеристиками пласта, способами розкриття та факторами, які призводять до часткового закупорювання мікроканалів і, таким чином, погіршення проникності пласта.

ПЗП є одним з елементів єдиної техноприродної системи.

В даному випадку такою системою є «свердловина-ПЗП».

Усі елементи цієї системи взаємопов'язані та взаємодіють, і їх стан визначає загальну ефективність розробки родовищ.

Гідродинамічний зв'язок пласта зі свердловиною відбувається через ПЗП.

Високий опір фільтрації може бути обумовлений властивостями пласта, способом відкриття та навіть факторами, що викликають часткове блокування мікроканалів і, таким чином, зниження проникності пласта.

Фактори, що підвищують опір фільтрації ПЗП [7]:

- Низька проникність пласта.
- Відсутність гідродинамічного зв'язку проди колектора
- Погіршення фільтраційних властивостей пласта ПЗП.

Будова породи-колектора представлена на рис.1.2.

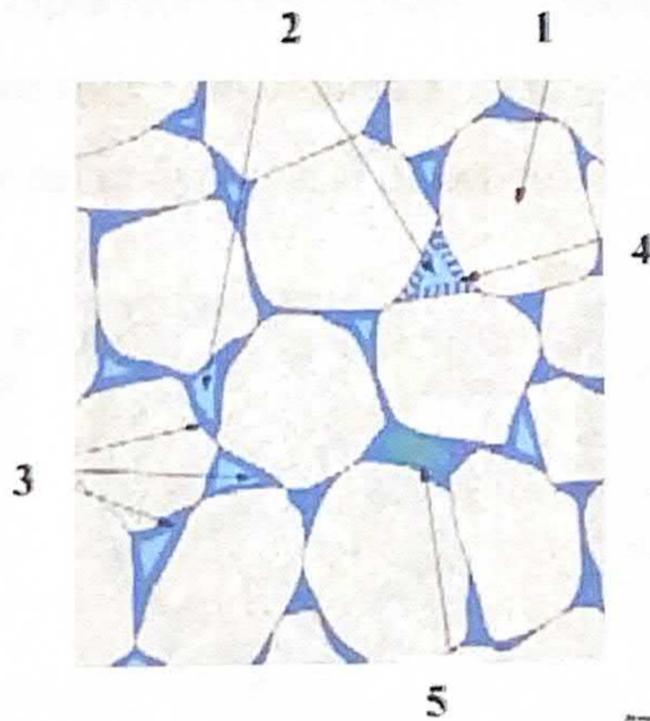


Рис 1.2 – Зразок породи-колектора піщаника: 1 – зерна піщаника; 2 – вільна вода; 3 – капілярно-зв'язана вода; 4 – вода, що утримується глинистими часками; 5 – нафта.

При плоско-радіальній фільтрації рідин у продуктивному пласті площа поверхні фільтрації зменшується, а швидкість збільшується по мірі наближення до свердловини (для постійної сумарної витрати).

У високопроникних пластах цей опір істотно не впливає на досягнення дебітів у стовбурі свердловини. Низька проникність може зменшити потік свердловини, особливо в пластах з аномально низьким пластовим тиском, де великі депресії на один пласт неможливі.

У цих умовах необхідні заходи для посилення припливу рідини для підвищення проникності привибійної зони пласта. Надходження рідини в реальний стовбур свердловини є гідродинамічно повним, оскільки викривлення та потовщення ліній потоку створюють додатковий опір фільтру в присвердловинній зоні та на вибої свердловини. Відомо, що в пластах колекторах утворюються дві зони зміненої проникності, а саме зона інфільтрації та зона погіршених властивостей [26].

Погіршення властивостей фільтраційної зони може відбуватися з різних причин, викликаних розробкою, експлуатацією родовища.

Тому фільтраційні характеристики пласта зменшуються внаслідок забруднення пласта різними речовинами при бурінні свердловин, цементуванні, розкритті пласта бурінням і ремонті.



Рис. 1.3 – Результати компютерної томографії зразка карбонатної породи, насоченої соляним розчином.

Зменшення продуктивності пласта пов'язане з втратою значної частини енергії пласта в зоні обмеження проникності [26]. Під час експлуатації в стовбурі свердловини виникають складні багатофазні динамічні умови, що

зменшують гідродинамічний зв'язок між стовбуром свердловини та пластом [1].

Ще однією причиною зміни проникності, а разом з нею, і продуктивності свердловин є зміна *напруженого стану в пласті і привибійній зоні в процесі розробки родовища*. Різниця між гірським та пластовим тиском є ефективний тиск, що сприймається породою-колектором. З падінням пластового тиску в процесі розробки об'єм порового простору пласта зменшується внаслідок пружного розширення зерен породи і зростання стискаючих зусиль, що передаються на скелет від товщ порід, що лежать вище. При цьому зерна породи зменшуються в об'ємі також внаслідок перерозподілу зерен, більш щільної упаковки та зміни структури пористого середовища [1]. Такі процеси, як наприклад, перегрупування зерен, ковзання їх по поверхні ковзання, руйнування та дроблення зерен - процеси незворотні [2]. Карбонатні колектори найбільш чуттєві до деформацій. Та характеризуються наявністю пор, каверн, тріщин при стисканні, зі збільшенням навантажень.

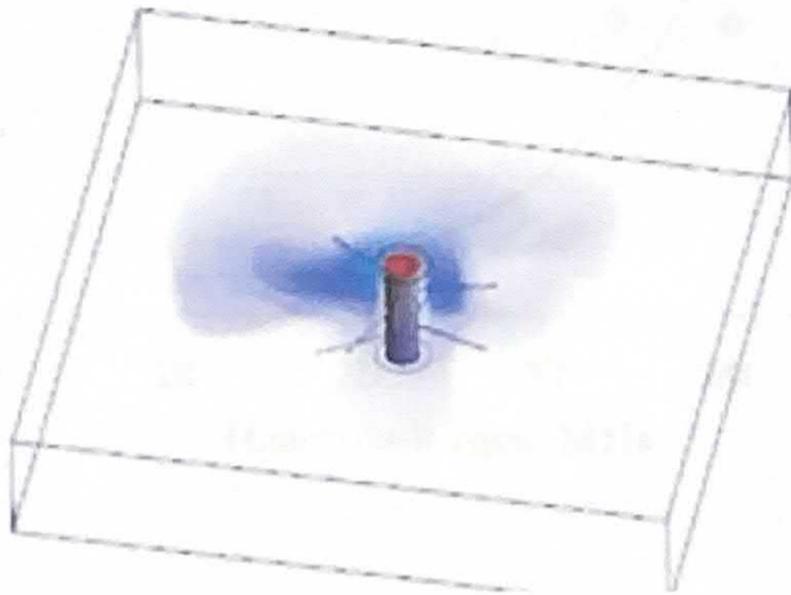


Рис. 1.4 – Моделювання проникності привибійної зони пласта.

Відомі результати аналізу та досліджень матеріалів: інтерпретація понад 150 кривих відновлення тиску, 50 кривих відновлення рівня (КВС) та 30 індикаторних діаграм, аналіз виробничих звітів та раніше проведених досліджень. За багатьма свердловинами і покладами відзначено зниження

проникності і продуктивності у процесі розробки з різних причин, серед яких розгазування нафти, деформація колектора під дією ефективних гірських тисків та ін. родовищ.

Ефективний гірничий тиск перевищує межу пружної деформації (плинності) карбонатних порід. Таким чином, найбільш імовірною причиною зниження проникності є деформація колектора.

Поклад родовища Х характеризується високими значеннями проникності пласта $0,154-2,25 \text{ мкм}^2$. У районі свердловин цього родовища було розраховано ефективні гірські тиски. Їхня величина виявилася вищою за межу текучості карбонатних колекторів. У породах-колекторах відбувається розвиток пружно-пластичних деформацій, що знижують фільтраційні властивості пласта (рис.1.5.).

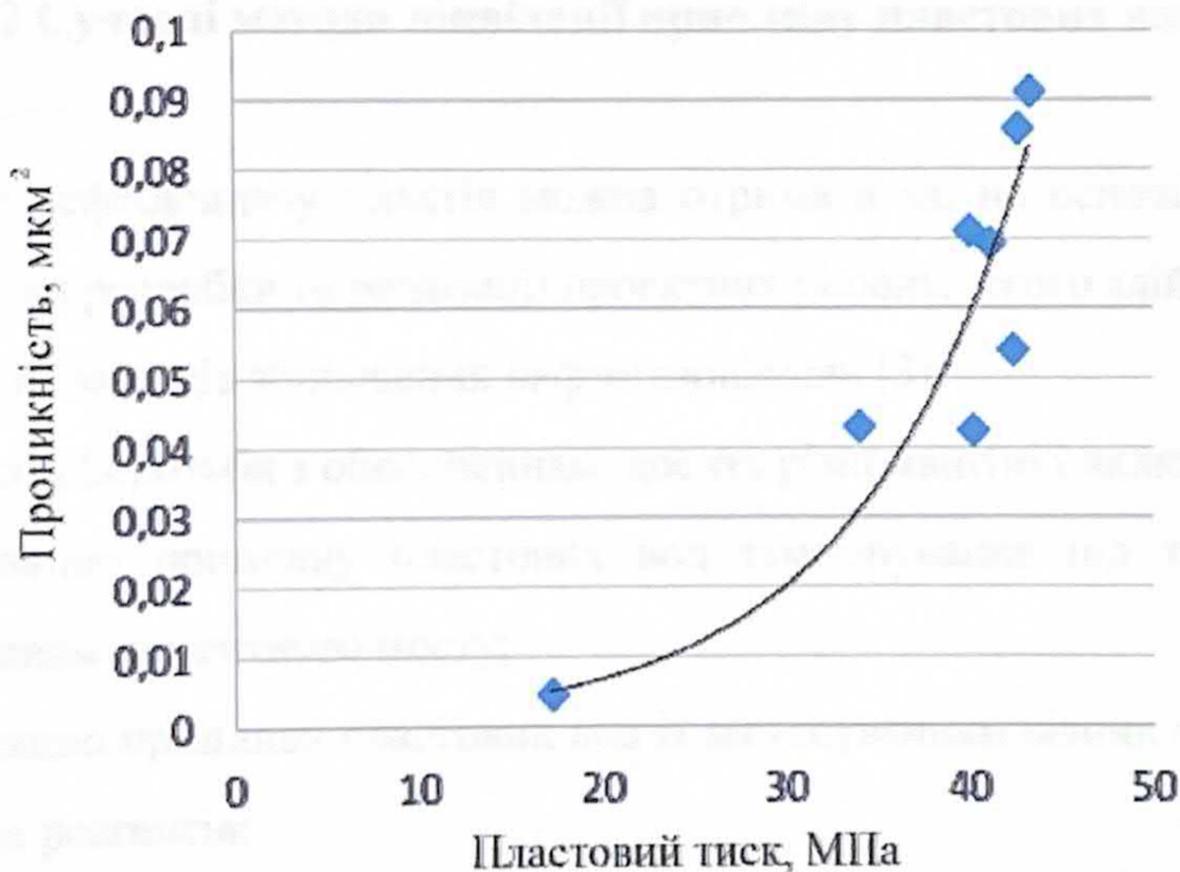


Рис.1.5 - Залежність проникності від пластового тиску родовища Х.

Погіршення фільтраційно-ємнісних характеристик в пристовбурній зоні призводить не тільки до зниження продуктивності свердловини, а й до

зниження дебіту нафти, дебіту розробки та збільшення загального часу розробки пласта.

Висновок. Таким чином, основним фактором, що знижує контакт пласта зі свердловиною, є погіршення фільтраційно-ємнісних характеристик у привибійній зоні пласта. Слід зазначити, що комплексний характер механізму погіршення фільтраційно-ємнісних характеристик, його багатостадійність та періодична повторюваність на різних етапах визначає необхідність диференційованого підходу до проблеми регулювання фільтраційно-ємнісних властивостей у ПЗП:

- підвищення проникності привибійної зони пласта;
- попередження та ліквідація припливу пластових вод.

1.2 Сучасні методи ліквідації припливу пластових вод

Високу нафтовіддачу пластів можна отримати за, на основі якісного проектування розробки та реалізації проектних рішень, якого здійснюється застосування методів збільшення нафтогазовіддачі [3].

Способи боротьби з обводненням досить різноманітні і включають:

- ізоляцію припливу пластових вод тампонуванням під тиском та встановленням цементного мосту;
- ізоляцію припливу пластових вод із застосуванням різних матеріалів та хімічних реагентів;
- Закачування хімічних реагентів, які полімеризуються безпосередньо у пластових умовах;
- Закачування реагентів для набухання порід, що призводять до закупорки водяних пропластків;
- Закачування реагентів, що утворюють стійкі гелі з полівалентними катіонами пластової води та ін.

Одним із традиційних методів попередження надходження підшовних вод є встановлення цементних мостів у перфорованій частині

експлуатаційної колони. Однак такий метод ефективний лише приблизно у 30% і характеризується нетривалим міжремонтним періодом, т.к. вода продовжує просуватися пластом по за колонному простору.

Перспективними для запобігання надходженню підшовної води є селективні способи водоізоляції, при яких склад для водоізоляції надходить тільки водонасичений інтервал пласта. У цій

обводненої частини тільки при взаємодії з водою утворюється ізоляційна тампонажна маса, що забезпечує водоізоляцію. При цьому характеристики продуктивного горизонту не погіршуються [6].

Для селективної водоізоляції в газових свердловинах склад повинен відповідати наступним вимогам:

- не погіршувати проникність продуктивних горизонтів;
- зменшувати до мінімуму проникність водонасичених інтервалів;
- підвищити адгезію частинок породи колектора та попереджати дію розклинюючого тиску.

На родовищах Х на стадії обводнення виконуються роботи зі створення в колекторі гідрофобного емульсійного екрану. Технологічні процеси водоізоляційних робіт здійснюється шляхом послідовного закачування із заданою швидкістю в газову свердловину спочатку ПАР-модифікаторів, потім рідких вуглеводнів з добавками ПАР-емульгаторів. Доставка хімічних реагентів у потрібний інтервал забезпечується регулюванням швидкості подачі рідин, при якому тиск у затрубному просторі свердловини не перевищує гідростатичного.

Аналіз накопиченого досвіду виконаних ізоляційних робіт показує, що проблема попередження надходження вод при розробці родовищ на пізній стадії розробки не завжди вдається вирішити.

Якісне проектування розробки та реалізація проектних рішень, що враховують низку основних принципів.

1. Обґрунтування вибору об'єктів розробки. В один об'єкт можуть поєднуватися пласти з близькими колекторськими властивостями.

Об'єднання в один об'єкт розробки пластів з різними колекторськими властивостями, особливо за проникністю, без застосування спеціального обладнання спільно-роздільної експлуатації та роздільного заводнення пластів неприпустимо. Помилки в цьому питанні не дозволять стежити за виробленням запасів нафти з об'єднаних пластів, а отже, визначати поточну нафтовіддачу та раціонально застосовувати методи збільшення нафтовіддачі.

2. Вибір оптимальної щільності сітки свердловин (ЩСС) одне із центральних питань теорії та практики розробки нафтових родовищ. У реальних неоднорідних пластах ЩСС істотно впливає технологічні показники розробки та коефіцієнт вилучення нафти (КН). Цей вплив зростає зі збільшенням неоднорідності та уривчастості нафтових пластів, погіршенням їх літолого-фізичних властивостей, підвищенням в'язкості нафти у пластових умовах та кількості нафти, що спочатку перебуває у водонафтових та підгазових частинах покладів.

3. Розкриття продуктивних пластів має проводитися при скін-факторі, що дорівнює або близькому нулю. При цьому коефіцієнт працюючої товщини нафтового пласта в свердловині становить у середньому 96%, дебіт нових свердловин збільшується щонайменше в 1,5 - 2 рази, що у свою чергу підвищує нафтовіддачу.

4. Поряд з вибором оптимальної сітки свердловин дуже важливі прогнозування і відбір рідини. При проектуванні необхідно керуватися принципом, що найбільший технологічний ефект досягається при постійно зростаючих регульованих відборах рідини протягом основного періоду розробки покладу. Зниження темпів відбору рідини у період зменшує нафтовіддачу.

5. Підтримувати пластовий тиск у покладі в процесі розробки необхідно на рівні початкового або трохи нижче зі встановленням індивідуальних (де необхідно) насосів з подачею та тиском, що відповідають характеристикам продуктивних пластів. При цьому необхідно

мати на увазі, що закачування прісної води необоротно знижує проникність пласта, тоді як фільтрація пластової води практично не знижує проникність пластів.

6. Система впливу на продуктивні пласти залежить від їх геологічної будови, на початку розробки родовища переважно рядна або вибіркова система.

1.3 Огляд методів підвищення продуктивності свердловин

В даний час завдяки зусиллям науки і практики нафтова промисловість України володіє практично всіма технологіями збільшення нафтовіддачі пластів, що використовуються у світовій практиці. До найбільш широко впроваджуваних технологій і методів належать такі.

1. У сучасній галузі нафтовидобутку *гідророзрив пласта* (ГРП) є ефективним методом впливу на привибійну зону свердловини. Цей спосіб необхідний збільшення продуктивності родовища нафти чи газу, ступеня поглинання нагнітальних свердловин, у межах робіт із ізоляції ґрунтових вод. Сам процес гідравлічного розриву пласта включає створення нових тріщин та збільшення вже наявних, які пролягають у привибійній породі. Вплив на тріщини відбувається за допомогою регулювання тиску рідини, що подається у свердловину.

Після проведення ГРП дебіт свердловини зазвичай різко зростає. Метод дозволяє включити в розробку свердловини, що простоюють, на яких видобуток нафти або газу традиційними способами вже неможливий або малорентабельний. Крім того, в даний час метод застосовується для розробки нових нафтових пластів, вилучення нафти з яких традиційними способами нерентабельне через низькі отримувані дебіти.

2. Одним з найперспективніших напрямків удосконалення розробки нафтових родовищ є застосування *горизонтальних та розгалужено-горизонтальних свердловин*, а також зарізання бічних горизонтальних

стовбурів.

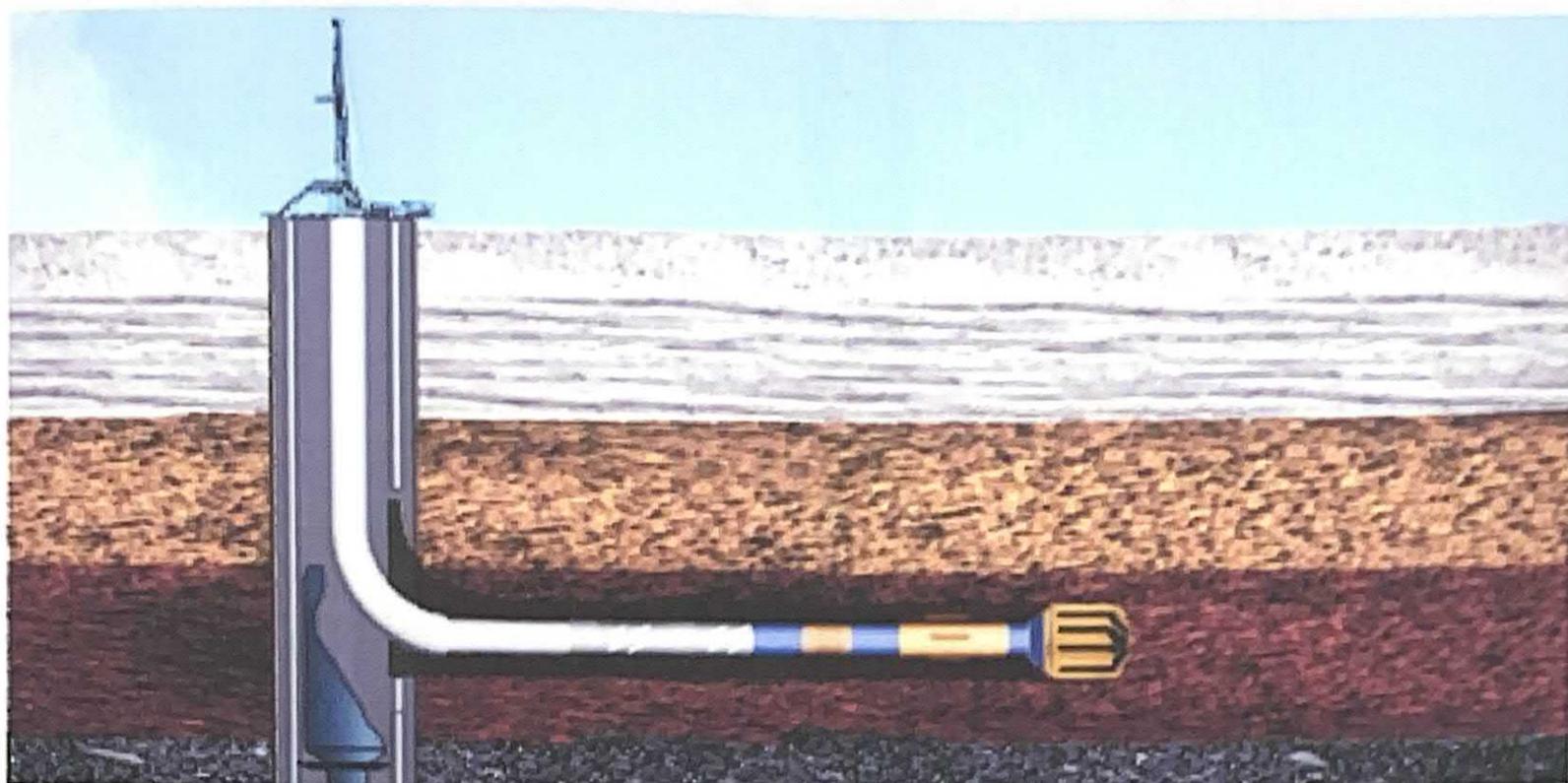


Рис. 1.6 – Буріння бічного горизонтального стовбура.

З метою скорочення непрацюючого фонду свердловин та ефективного вирішення низки вищевказаних проблем нафтогазовидобувними компаніями з кожним роком інтенсивно нарощується будівництво горизонтальних свердловин та інших бічних стволів.

Однак через погані колекторські властивості пласта на багатьох родовищах бічні стовбури не завжди дають очікуваний ефект.

У цьому випадку найбільш ефективним методом збільшення нафтовіддачі є гідравлічний розрив пласта (ГРП), який широко застосовується у всіх великих нафтових компаніях для буріння бічних стволів.

3. *Полімерне заводнення.* Багато родовищ України перебувають у завершальній стадії розробки, їх обводненість перевищує 90%. Полімерне заводнення протягом кількох десятиліть є відомим фізико-хімічним методом збільшення нафтовіддачі [4,5].

Цей метод впроваджувався на багатьох родовищах по всьому світу, серед найвідоміших прикладів можна назвати родовища Daqing (Китай) та Pelican Lake (Канада). У першому випадку завдяки полімерному заводненню вдалося досягти +15,1% до базового видобутку [11], у другому випадку понад 20% [12].

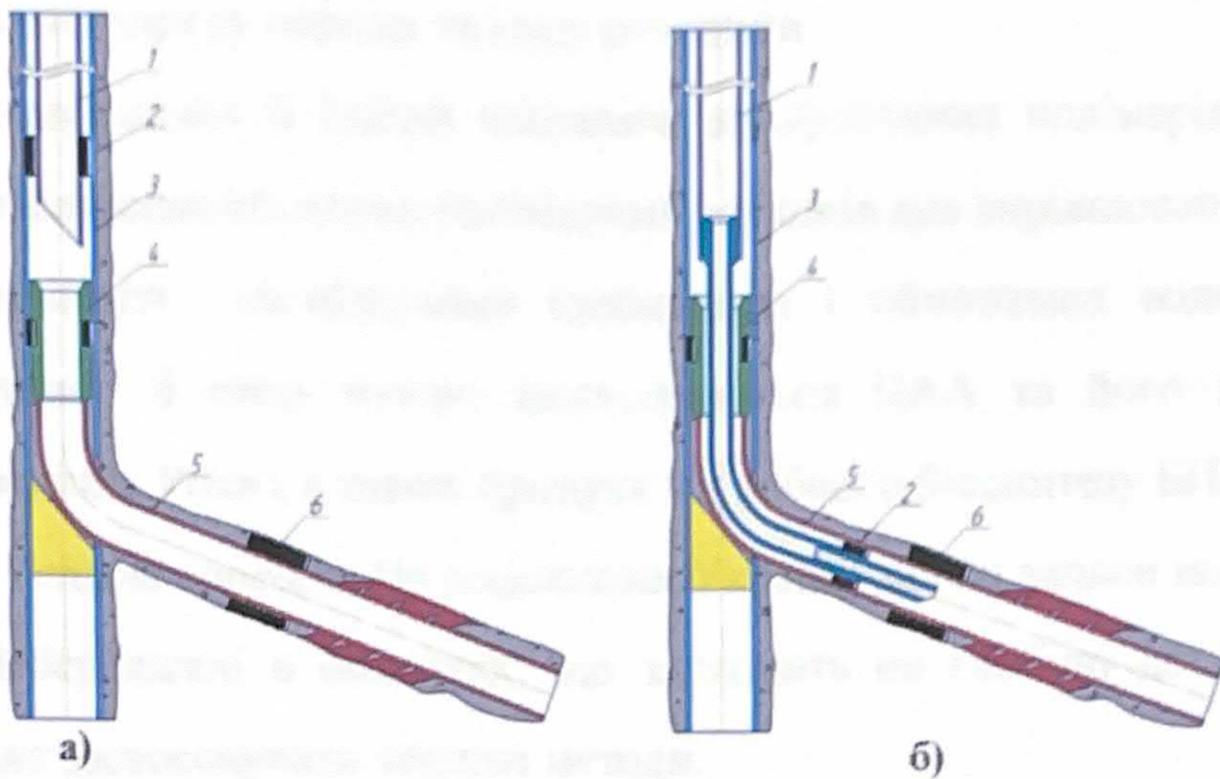


Рис. 1.7. - Існуючі схеми проведення ГРП у бічних стовбурах свердловин:

1 – ліфтова колона НКТ, 2 – пакер ГРП, 3 – експлуатаційна колона, 4 – пакер-підвіска хвостовика, 5 – хвостовик, 6 – заколоний пакер.

Позитивний результат є при застосуванні на родовищах загусників і, зокрема, полімерного ряду. З 60-х років за кордоном і в СРСР почали проводитися дослідно-промислові роботи з полімерного заводнення з метою зниження рухливості витісняючої рідини і, як наслідок, подолання в'язкісної нестійкості витіснення, збільшення охоплення заводненням, запобігання раннім проривам води, що закачується в пласт видобувним свердловин, зниження обводненості нафти.

Створення пласті облямівки полімерного розчину близько 30% обсягу порового простору може збільшити коефіцієнт збільшення нафтовіддачі на 10 - 13%. Під дією сил молекулярного тяжіння ПАР випадають з водного розчину та осідають на твердій поверхні пористого середовища. Кварцові пісковики і карбонати мають меншу здатність адсорбувати ПАР, ніж алевроліти. В алевролітах адсорбція ПАР у 5-6 разів вища, ніж у кварцових пісковиків. Адсорбція у нафтонасичених пластах вища, ніж у

водонасичених. ПАР гідрофілізуватиме або гідрофобізуватиме породу залежно від заряду породи та типу речовини.

Розвивається й інший напрямок використання полімерів - обробка ПЗП невеликими обсягами полімерних розчинів для вирівнювання профілю приймальності нагнітальних свердловин і обмеження водопритоку у видобувних. З цією метою застосовуються ПАА та його модифікації (Темпоскрин, Рітін), а також продукт мікробного біосинтезу БП-92.

4. *Теплові способи.* На родовищах України значні запаси високов'язких нафт зосереджені в покладах, що залягають на глибині до 1500 м, що дозволяє застосовувати теплові методи.

Використання термічних методів підвищення нафтовіддачі є одним із найефективніших способів збільшення видобутку нафти. Термічні методи, такі як термічний крекінг, парогенерація та інші, можуть покращити фізико-хімічні властивості нафти та знижують його в'язкість, що сприяє більш ефективному видобутку.

Однією з головних переваг використання теплових методів є можливість досягнення значного збільшення видобутку нафти при відносно низьких витратах [8-10].

Існує низка факторів, які впливають на ефективність тепла. Одним із ключових аспектів є вибір правильного методу залежно від складу породи-колектора.

Також важливим є оптимальний розподіл тепла по пласту. Це допомагає мінімізувати втрати тепла і забезпечує рівномірне руйнування флюїду у порах макроструктур породи для підвищення проникності.

5. *Газові методи* дозволяють значно збільшувати нафтовіддачу, але в Україні т вони майже не застосовуються в основному через відсутність прийнятних за критерієм «ціна-якість» компресорів високого тиску.

Двоокис вуглецю розчиняється у воді набагато краще вуглеводневих газів. Розчинність двоокису вуглецю у воді збільшується з підвищенням тиску та зменшується з підвищенням температури.

При розчиненні у воді двоокису вуглецю в'язкість її дещо збільшується. Однак це збільшення незначне. При масовому вмісті у воді 3-5% двоокису вуглецю в'язкість її збільшується лише на 20-30%. Вугільна кислота H_2CO_3 , що утворюється при розчиненні CO_2 у воді, розчиняє деякі види цементу і породи пласта і підвищує проникність. У присутності двоокису вуглецю знижується набухання глиняних частинок. Двоокис вуглецю розчиняється в нафті в чотири-десять разів краще, ніж у воді, тому вона може переходити з водного розчину в нафту. Під час переходу міжфазний натяг між ними стає дуже низьким, і витіснення наближається до того, що змішується.

Двоокис вуглецю у воді сприяє відмиванню плівкової нафти, що покриває зерна та породи, та зменшує можливість розриву водної плівки. Внаслідок цього краплі нафти за малого міжфазного натягу вільно переміщуються в порових каналах і фазова проникність нафти збільшується [13].

При розчиненні в нафті CO_2 в'язкість нафти зменшується, щільність підвищується, а обсяг значно збільшується: нафта набухає.

Збільшення обсягу нафти в 1,5-1,7 рази при розчиненні в ній CO_2 відбувається при розробці родовищ, що містять малов'язкі нафти. При витісненні високов'язких нафт основний чинник, який збільшує коефіцієнт витіснення – це розчинення у ній CO_2 .

Ефект може бути отриманий як при цілеспрямованих обробках ПЗП, так і як попутний ефект при впливі на пласт в цілому гідродинамічними, тепловими і фізико-хімічними методами. Для регулювання фільтраційних властивостей ПЗП запропоновано численні способи та технології, більшість яких випробувано у промислових умовах. Наявний практичний досвід показав, що домогтися істотного підвищення продуктивності (приймальності) свердловин можливо лише у випадках, коли механізм відновлення ФЄВП адекватний механізму їх погіршення.

Відповідно потенційні можливості регулювання досягаються, перше, за рахунок зведення до мінімуму втрат продуктивності на етапах

розкриття пластів, закінчення та експлуатації свердловин і, по-друге, за рахунок планування штучного впливу виходячи з поточного стану ПЗП [26]. Методи, що широко застосовуються для інтенсифікації видобутку нафти (законтурне та внутрішньоконтурне заводнення), методи теплового та хімічного впливу, включаючи використання порохових генераторів тиску, гідророзрив пласта, закачування пари, газу, ПАР, полімерів та інших витісняючих агентів по-різному сприяють підвищенню видобування.

Однак загальний недолік зазначених методів полягає в тому, що їх застосування призводить до незворотних ефектів післядії та порушення екологічної рівноваги. Різноманітність причин та умов зниження продуктивності свердловин визначило широкий вибір методів інтенсифікації видобутку вуглеводнів, основними з яких є відновлення або збільшення проникності, а також ліквідація припливу пластових вод. Застосування методів обробки ПЗП дозволяє вносити відповідні корективи, як у саму систему розробки, і у режими роботи окремих свердловин [14,15].

В даний час значного розвитку отримали передові фізико-механічні методи хвильового впливу: *реагентно-імпульсні, дилатаційно-хвильові, вібраційні, бароциклічні.*

До хвильових гідроімпульсних методів впливу на ПЗП належать акустичні, віброударні, засновані на застосуванні пристроїв золотникового типу та ін., а також бароциклічні (імплізія, метод миттєвих та циклічних депресій та репресій та ін.).

Хвильовий вплив на пласт: Основна мета технології – ввести в розробку низькопроникні ізольовані зони продуктивного пласта шляхом впливу на них пружними хвилями, які згасають у високопроникних ділянках пласта, але розповсюджуються на значну відстань і достатньо інтенсивно, щоб збуджувати низькопроникні ділянки пласта.

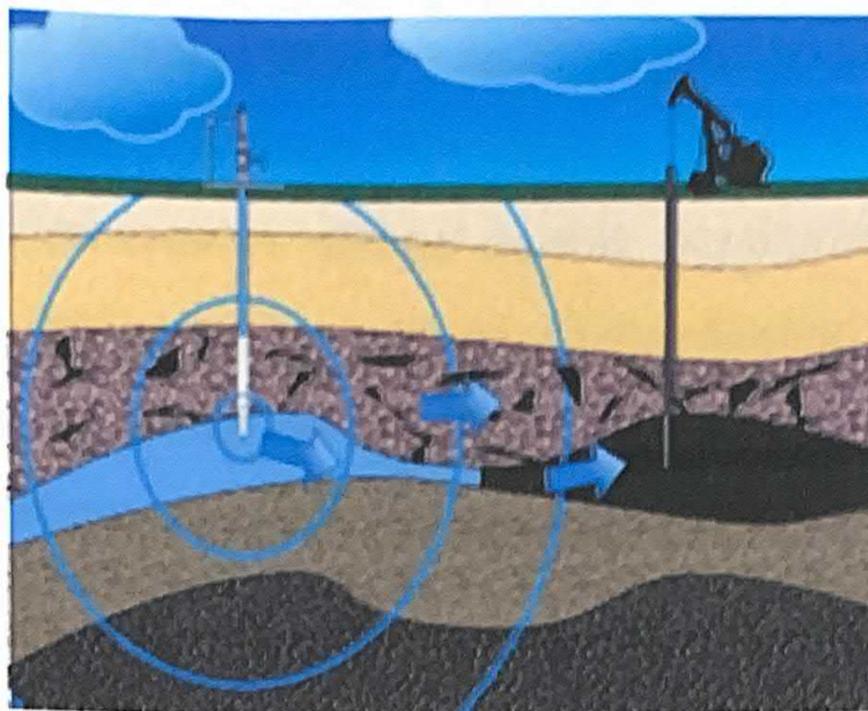


Рис.1.8 – Схема хвильового впливу на пласт.

<https://studfile.net/preview/5897712/page:8/>

При цьому позитивний ефект хвильового впливу виявляється як в свердловині, що безпосередньо обробляється, так і в окремих випадках, при відповідних режимах обробки проявляється в свердловинах, віддалених від джерела імпульсів тиску на сотні і більше метрів.

Генерація віброхвиль у гідродударній машині заснована на використанні гідравлічних ударів, що виникають при перекритті клапаном потоку рідини, що нагнітається через корпус пристрою. Обробка проводиться безпосередньо всередині експлуатаційної колони.

У пласті виникають хвилі коливання, що збуджують пружні власні коливання пористого середовища, що призводить до розриву гірських порід з утворенням мережі мікротріщин. Наявність у порах продуктивних колекторів рідини створює умови для поширення генерованих і відбитих хвиль, які впливають на поверхні пор і каналів. Ударні хвилі сприяють очищенню ПЗП від механічних домішок, впливають на властивості нафти, зменшуючи її в'язкість та зчеплення зі стінками порових каналів і, тим самим, полегшуючи рух до забою свердловини.

Спосіб вібродії широко застосовується в комплексі з кислотною обробкою пласта. Наявність змінного тиску, що виникає під час роботи

гідроударника, сприяє більш інтенсивному проникненню кислоти в пласт і значно збільшує ефективність кислотних обробок.

Методи пружнохвильового впливу можна розділити на: акустичні (ультразвукові та звукові); ударно-хвильові; вібросейсмічні.

В основі їх дії лежать близькі механізми впливу на середовища, що відрізняються швидкістю перебігу процесів, що залежать від частоти та амплітуди коливань.

Таким чином, при впливі на ПЗП за допомогою хвильових методів найбільший ефект може бути отриманий при використанні хвиль тиску субінфразвукової частоти, так як вони добре проникають в пласт через перфораційні отвори і не втрачають швидко своєї енергії при русі по пласту.

До цих методів належать:

група бароциклічних методів із частотою впливу менше 0,5 Гц;

циклічний вплив за допомогою струменевих насосів;

багаторазовий гідравлічний удар;

метод впливу змінними тисками з гирла свердловини та ін.

Основні переваги хвильових бароциклічних методів під час проведення реагентно-імпульсної обробки пласта досягаються за дотримання низки принципів [29].

1. Для забезпечення максимального проникнення в пласт реагента і збільшення глибини обробки хвильовий вплив повинен виконуватися в процесі фізико-хімічної обробки або безпосередньо після закачування робочої рідини в пласт. У всіх інших випадках ефективність комплексної обробки буде мінімальна і дорівнює послідовному впливу кожного методу.

2. Для забезпечення спрямованого впливу реагентом на заданий інтервал по товщині пласта джерело хвильового впливу повинен розташовуватися навпроти оброблюваних інтервалів, а закачка реагентів повинна здійснюватися в процесі імпульсної обробки.

3. вилучення з пласта продуктів реакції має виконуватися після обробки хімреагентом ПЗП. Численними лабораторними та

гідроударника, сприяє більш інтенсивному проникненню кислоти в пласт і значно збільшує ефективність кислотних обробок.

Методи пружнохвильового впливу можна розділити на: акустичні (ультразвукові та звукові); ударно-хвильові; вібросейсмічні.

В основі їх дії лежать близькі механізми впливу на середовища, що відрізняються швидкістю перебігу процесів, що залежать від частоти та амплітуди коливань.

Таким чином, при впливі на ПЗП за допомогою хвильових методів найбільший ефект може бути отриманий при використанні хвиль тиску субінфразвукової частоти, так як вони добре проникають в пласт через перфораційні отвори і не втрачають швидко своєї енергії при русі по пласту.

До цих методів належать:

група бароциклічних методів із частотою впливу менше 0,5 Гц;

циклічний вплив за допомогою струменевих насосів;

багаторазовий гідравлічний удар;

метод впливу змінними тисками з гирла свердловини та ін.

Основні переваги хвильових бароциклічних методів під час проведення реагентно-імпульсної обробки пласта досягаються за дотримання низки принципів [29].

1. Для забезпечення максимального проникнення в пласт реагента і збільшення глибини обробки хвильовий вплив повинен виконуватися в процесі фізико-хімічної обробки або безпосередньо після закачування робочої рідини в пласт. У всіх інших випадках ефективність комплексної обробки буде мінімальна і дорівнює послідовному впливу кожного методу.

2. Для забезпечення спрямованого впливу реагентом на заданий інтервал по товщині пласта джерело хвильового впливу повинен розташовуватися навпроти оброблюваних інтервалів, а закачка реагентів повинна здійснюватися в процесі імпульсної обробки.

3. вилучення з пласта продуктів реакції має виконуватися після обробки хімреагентом ПЗП. Численними лабораторними та

експериментальними дослідженнями встановлено, що після проведення солянокислотних обробок у карбонатних та теригенних пластах, а також глинокислотних обробок у продуктивних теригенних породах часто відбувається незворотне зниження проникності низько- та середньопроникних фільтраційних каналів.

Акустичний вплив на пласт: Вплив пружними коливаннями, що мають сформований хвильовий характер безпосередньо у ПЗП. При високочастотному акустичному впливі (більше 1000 Гц) на ПЗП та розвитку поблизу джерела великої інтенсивності (вище 1 кВт/м²) спостерігаються зміна проникності насичених пористих середовищ, збільшення швидкості фільтрації, зниження зсувної в'язкості флюїдів, підвищення тиску насичення розчинених газів.

У процесі виконання робіт з інтенсифікації припливу в окремих свердловинах проводилися гідродинамічні дослідження шляхом зняття кривої відновлення тиску. За всіма свердловинами скін-ефект після обробки становив від мінус 1,3 до мінус 5. Таким чином, у всіх випадках був досягнутий ефект очищення та збільшення проникності ПЗП. Накопичений промисловий досвід та результати гідродинамічних досліджень дозволили визначити галузі ефективного застосування методів циклічного та реагентно-імпульсного впливу струминними насосами в залежності від потенційної продуктивності та проникності пласта та ступеня забруднення привибійної зони.

Аналіз технологічних режимів впливу та динаміки очищення пласта та відновлення продуктивності свердловин дозволив встановити наступне [19].

1. У середньо- та високопродуктивних свердловинах з незначним погіршенням стану ПЗП та нетривалим перебуванням у бездіяльності (до 6 міс.) достатнім для відновлення продуктивності є проведення циклічного впливу протягом 8 - 20 год з числом циклів до 40 - 80 та обсягом припливу із пласта до 25 м³.

2. У разі високого ступеня кольматації ПЗП при бурінні, тривалому знаходженні в бездіяльності, глушенні свердловин з високою репресією на пласт комплекс робіт з відновлення та збільшення продуктивності свердловин повинен включати реагентно-імпульсну обробку пласта. При цьому тривалість циклічного впливу повинна становити більше 2 діб, а число циклів досягати 200 і більше [36,37].

3. Для збільшення продуктивності свердловин з низькопроникним колектором, а також відновлення продуктивності свердловин з глибокої блокадою ПЗП перед реагентно-імпульсною обробкою необхідно проводити гідравлічний і гідрокислотний удар з ініціюванням мікротріщин у приви́бійній зоні.

Слід зазначити, що найбільш технологічним та перспективним методом бароциклічного впливу можна вважати метод впливу змінними тисками з гирла свердловини, що не вимагає застосування свердловинного обладнання. Однак, у існуючих методах оцінка продуктивності свердловини проводиться після завершення технологічного процесу інтенсифікації.

Тривалість циклічного впливу планується без урахування динаміки очищення пласта. Серйозним ускладненням при експлуатації родовищ нафти і газу, підземних газосховищ (у циклах відбору газу) є приплив пластової води в експлуатаційні свердловини. Результатом такого ускладнення є руйнування ПЗП, зниження дебіту, утворення піщано-глинистих пробок у стовбурах свердловин і, як наслідок, ерозійне руйнування підземного та наземного обладнання, що призводить до розвитку аварійних ситуацій та зупинок свердловин [30-34].

Ефективність застосування методів ліквідації припливу пластової води у свердловинах багато в чому залежить від точно виявлених причин надходження води.

Існують різні причини обводнення свердловин, зокрема, автори роботи [27] поділяють причини на: геологічні; технологічні; технічні.

Для ліквідації припливу пластової води використовуються різні речовини, які умовно можна поділити на дві групи:

- селективної дії;

- неселективної дії.

Принцип дії селективних складів - вибіркоче загущення у водонасиченій частині пласта та утворення водоізолюючих екранів. У частині пласта насиченої вуглеводнями складу залишаються рухливими і легко видаляються з пласта при виклику припливу флюїдів. Неселективні сполуки утворюють водоізоляційні екрани у пласті незалежно від його насичення [16-18].

Застосування таких речовин має бути спрямованим у заданих інтервалах, що підвищує вимоги до достовірності виділення причини обводнення свердловини, у якій проводиться операція.

Селективні склади знайшли широке застосування в практиці видобутку нафти та газу. Гель гідроксиду алюмінію успішно застосовується при ліквідації водопровів у нафтових свердловинах [35]. Модифікація цементних розчинів шляхом добавки в цемент неорганічної добавки дозволяє поліпшити ізолюючі властивості каменю, що утворюється, при ізоляції підшовної води внаслідок підвищення величини адгезії до металу колони і породи в 2 - 2,5 рази [38]. На родовищі Х з метою ізоляції підшовної води успішно застосовується полімерцементна композиція, що складається з портландцементу, хлориду натрію, ПАА та нітрилотриметилфосфонові кислоти [19]. Однак, часто використання ефективних складів ще недостатньо для успіху операції, необхідне впровадження комплексних технологій, що поєднують застосування технічних засобів, методів ведення робіт та комплексу технологічних складів [20].

Як видно, розроблено технології для ізоляції припливу пластових вод, проте проблема водоізоляції залишається однією з основних у практиці видобутку вуглеводнів, що свідчить про її складність і необхідність ведення

подальших робіт у цьому напрямку. Якість водоізоляції в ПЗП істотно залежить не тільки від фізико-хімічних властивостей композицій, а й від режимних параметрів доставки блокуючого агента до пласта, що особливо важливо в умовах низьких пластових тисків.

Проведення ремонтних водоізоляційних робіт в умовах низьких пластових тисків диктує особливі вимоги до обладнання. У разі АНПТ найперспективнішим методом регулювання фільтраційних потоків є застосування композицій селективної дії.

Застосуванням таких методів можна досягти помітної інтенсифікації фільтраційних процесів у пластах та підвищення їх нафтовіддачі у широкому діапазоні амплітудно-частотної характеристики режимів впливу.

При цьому позитивний ефект хвильового впливу виявляється як в свердловині, що безпосередньо обробляється, так і в окремих випадках, при відповідних режимах обробки проявляється в свердловинах, віддалених від джерела імпульсів тиску на сотні і більше метрів [21-23].

Тобто при хвильовій обробці пластів принципово можна реалізувати механізми як локального, і далекого площадного впливу. Всі перераховані вище методи характеризуються різною потенційною можливістю збільшення нафтовіддачі пластів.

Так коефіцієнт збільшення нафтовидобутку теплових методів становить 15-30%, газових методів - 5-15%, хімічних методів - 25-35%, фізичних методів - 9-12%, гідродинамічних методів - 7-15%.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1.

Визначено, що існуючий взаємозв'язок дебіту свердловин та режимів роботи всієї системи свердловин на родовищі обумовлює необхідність комплексного впливу на продуктивний пласт.

Комплексний характер механізму поліпшення фільтраційно-ємнісних характеристик, потребує диференційованого підходу до проблеми

підвищення продуктивності свердловин:

- Підвищення проникності привибійної зони пласта;
- Попередження та ліквідація припливу пластових вод.

Виявлено, що для підвищення ефективності обробки ПЗП необхідно удосконалити технологію репресійно-депресійного впливу на продуктивні відкладення з оптимізацією тривалості циклічного впливу з урахуванням динаміки очищення пласта безпосередньо під час проведення технологічного процесу.

РОЗДІЛ 2: ОПИС ТЕХНОЛОГІЇ ШЛЯХОМ ПУЛЬСАЦІЙНОГО ВПЛИВУ НА ПРИВИБІЙНУ ЗОНУ ПЛАСТА

2.1 Технологія циклічного впливу на привибійну зону пласта

На даний час істотно збільшується значення розрахунково-теоретичного аналізу характеристик таких систем (обладнання, технології). В даний час існує матеріальна база (сучасні ЕОМ) для математичного моделювання та використання обчислювального експерименту не тільки як розрахунково-теоретичного супроводу на стадії відпрацювання (експлуатації) обладнання та технології, але і при їх розробці, підборі та оптимізації їх експлуатаційних режимів рис.2.1 [24].

На сучасному етапі математичне моделювання і обчислювальний експеримент з використанням ЕОМ стали складовими частинами загальних підходів, характерних для сучасних технологій. Практична реалізація можливостей математичного моделювання та обчислювального експерименту істотно підвищує ефективність розробки нових технологій, зокрема розробка технологій відновлення фільтраційно-ємнісних властивостей свердловинної зони продуктивного пласта, що дозволяє скоротити витрати часу та засобів на використання в техніці передових досягнень фундаментальних наук [18,29].

Одним з методів відновлення фільтраційно-ємнісних властивостей свердловинної зони продуктивного пласта (проникності) є метод циклічного впливу спеціальної технологічної рідиною (рідини очищення) на зону зниження проникності продуктивного пласта. В результаті багаторічної експлуатації нафтових і газових свердловин спостерігається погіршення колекторських властивостей продуктивного пласта за рахунок зменшення проникності привибійної зони k_t до порівняно з природною проникністю k_0 (рис.2.1).

Це призводить до зменшення дебіту Q_t . З метою відновлення дебіту свердловини проводиться технологічний процес циклічного впливу

рідиною інтенсифікації на ПЗП.

Розробка даної технології передбачає вирішення двох основних завдань:

- Визначення прогнозованого коефіцієнта продуктивності (проникності) свердловини після проведення циклічного впливу;
- Визначення кількості необхідних (прогнозованих) циклів обробки.

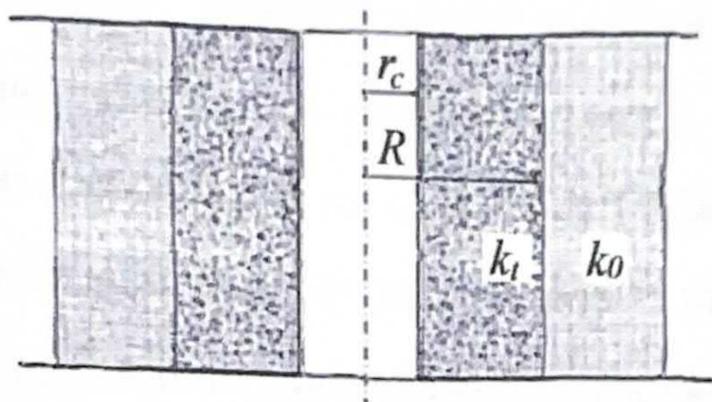


Рис.2.1 – Схема присвердловинної зони продуктивного пласта. r_c - радіус свердловини; R - радіус зони кольтатації; k_t - проникність присвердловинної зони пласта; k_0 - початкова проникність пласта.

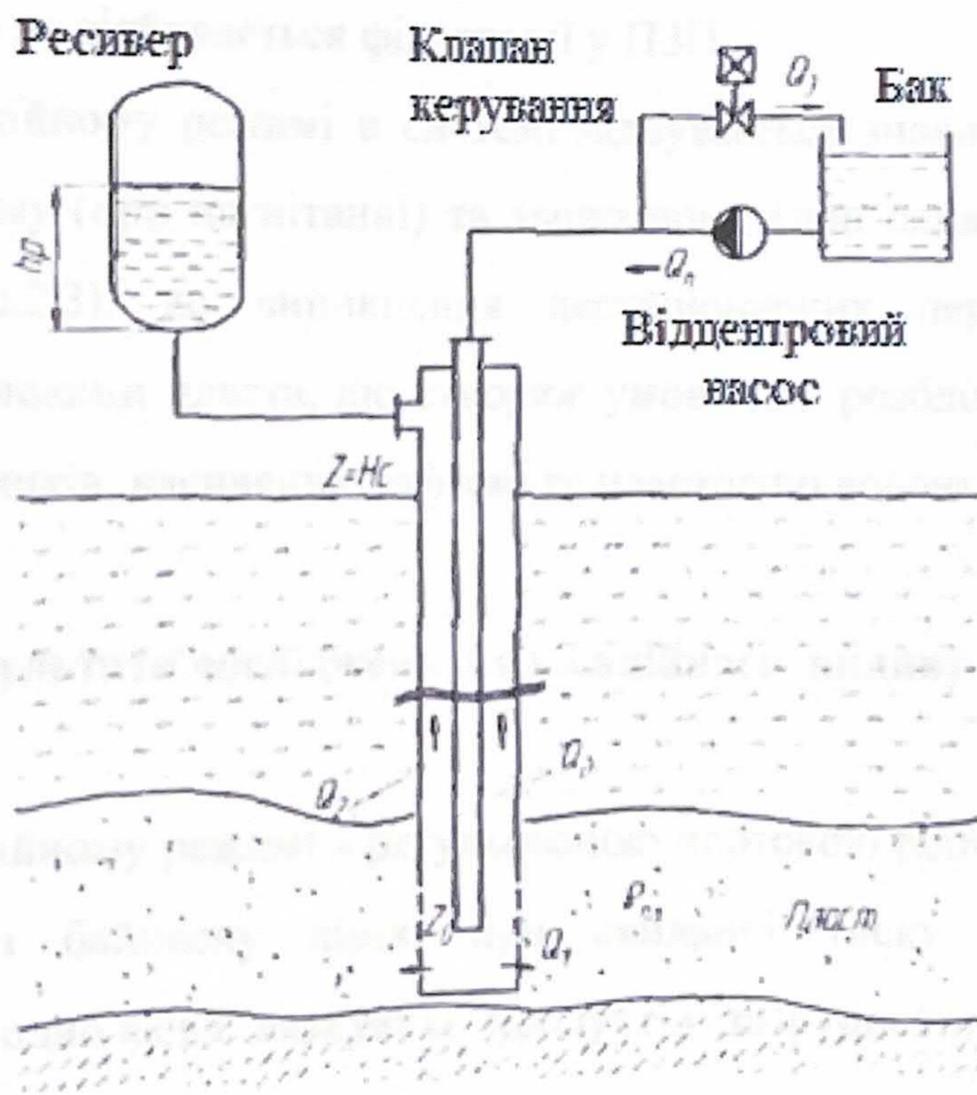


Рис.2.2. – Схема пульсаційної установки

Основні чинники, що зумовлюють технологічний режим процесу, можна поділити на групи:

- геологічні та гідродинамічні умови: встановлюють репресію, яка не призводить до гідророзриву пласта та депресію на вибої – до руйнування ПЗП;

- технологічні умови: витрата спеціальної рідини очищення, її щільність та реологічні характеристики (властивості);

- технічні умови: стан та технічні можливості обладнання.

- економічні умови зводяться до розрахунків та вибору основних техніко-економічних показників раціонального режиму [25].

Насос прокачує робочу рідину по круговому циклу. Витрата рідини в НКТ становить $Q_H = 30...40 \text{ м}^3/\text{год}$, швидкості і числа Re дорівнюють відповідно $w = 0,60...0,85 \text{ м/с}$, $Re = 170000.. 230000$. Такий режим обробки аналогічний способу прямого та зворотного очищення зумпфу і стовбура свердловини, де не відбувається фільтрації у ПЗП.

У пульсаційному режимі в системі відбувається знакозмінний рух рідини у прямому (при нагнітанні) та зворотному (при скиданні) тиску) напрямках (рис.2.3). до виникнення нестационарних перетоків між тріщинами та блоками пласта, що створює умови для розблокування зон забруднення, ціликів, насичених нафтою та пластовою водою.

2.2 Результати досліджень пульсаційного впливу на пласт

У пульсаційному режимі з регульованою протокою рідини в одному напрямку через байпасну лінію при скиданні тиску з ресивера забезпечується одночасна евакуація продуктів забруднення зумпфу та обробка привибійної зони.

Як показують розрахунки, під час пульсації відбувається зміна напрямку руху рідини зі свердловини до пласта на етапі нагнітання. Із пласта

в свердловину на етапі скидання тиску (депресія) нагнітання T_1 дозволяє вибрати режим, при якому кількість рідини, що виходить із пласта, більше, ніж входить у пласт U зв'язку зчим стає можливим одночасно обробляти ПЗП та видаляти продукти забруднення із привибійної зони пласта на поверхню.

Виникнення депресії у привибійній зоні має місце за умови, що башмак знаходиться нижче інтервалу перфорації, що відображено у вигляді протяжного інтервалу позитивної величини фільтраційного потоку Q_4 та відсутності його для потоку Q_1 де башмак вище інтервалу перфорації.

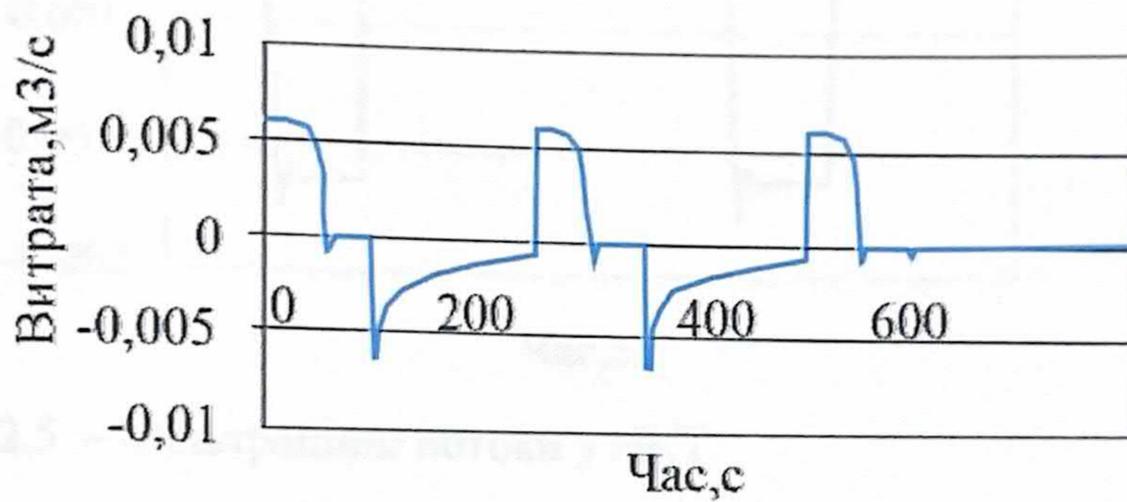


Рис.2.3 – Режим роботи пульсаційної установки без протока (НКТ вище інтервалу перфорації)

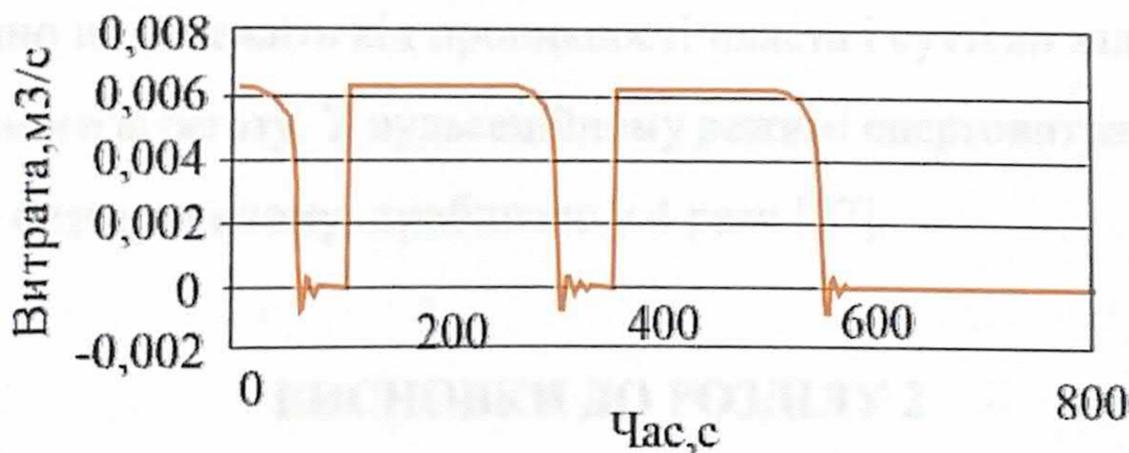


Рис. 2.4 – Режим роботи пульсаційної установки з протоком (НКТ нижче інтервалу перфорації).

Проаналізовано вплив параметрів насоса, часу нагнітання та скидання на виникнення позитивної депресії. Показано, що цей ефект виникає при тиску насоса не більше 40 атм та натиску трохи більше 30

м³/год.

Розрахунки масообміну в ПЗП при розчиненні АСПВ підтверджують, що НКТ доцільно опускати нижче за інтервал перфорації. У цьому випадку у затрубному просторі виникають інтенсивні потоки, що інтенсифікують очищення.

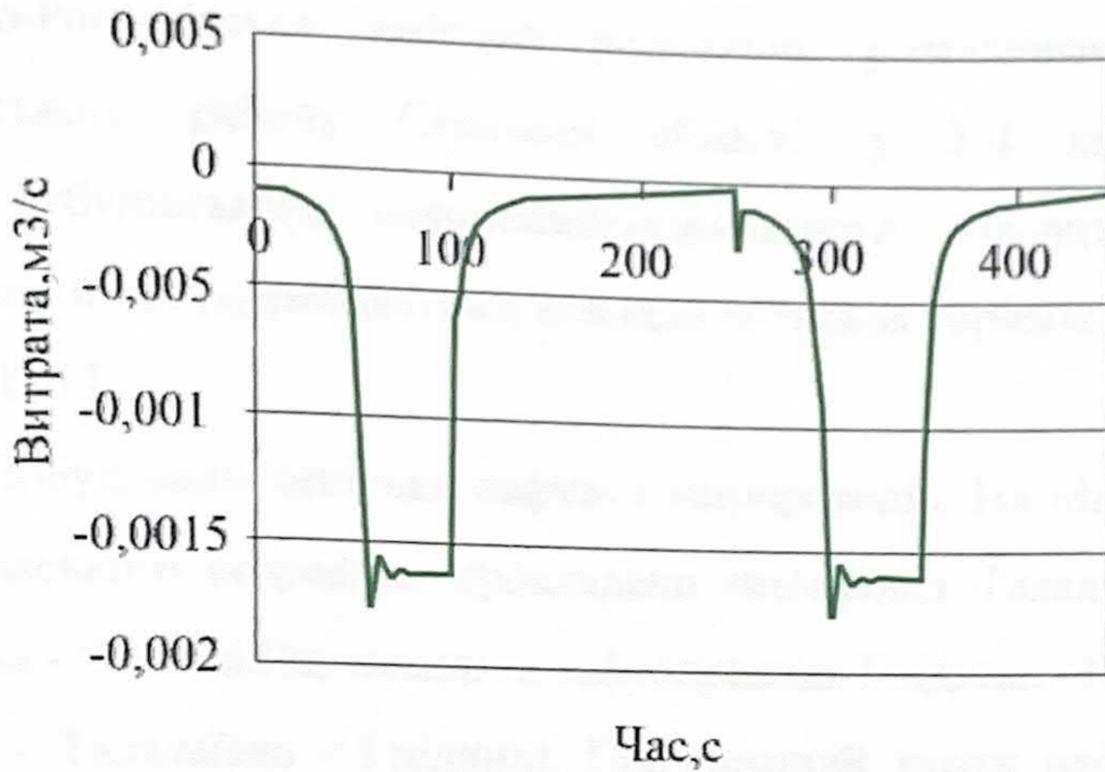


Рис. 2.5 – Фільтраційні потоки у НКТ

Розрахунки енерговитрат роботи насосного агрегату показують, що середня потужність у безперервному режимі роботи складає 10,3... 13,5 кВт, практично не залежить від проникності пласта і суттєво залежить від напору насосного агрегату. У пульсаційному режимі енерговитрати завжди нижче, ніж у безперервному, приблизно у 4 рази [27].

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

Переваги пульсаційних режимів дозволяють реалізувати комплексне промивання свердловини, яка може включати всі використовувані режими, ефективно виробляючи очищення зумпфу та стовбура свердловини, декольматацию порового простору свердловини пласта, що дозволяє ефективно впливати на ПЗП шляхом депресійно-репресійної обробки ПЗП в імпульсному режимі.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Охорона надр і навколишнього середовища в процесі розробки газоконденсатних покладів являється однією з основних умов раціональної розробки, а також екологічної безпеки на всіх стадіях розробки родовища.

Охорона надр передбачає здійснення комплексу заходів, направлених на запобігання втрат вуглеводнів, а також супутніх корисних копалин в результаті неякісної проводки свердловин та порушення технологічних режимів видобутку вуглеводнів. Нераціональний видобуток нафти призводить до передчасного обводнення, перетоків флюїдів між продуктивними і сусідніми горизонтами, руйнування колектора, обсадної колони і цементного кільця.

Природоохоронна діяльність в 2011 році на підприємстві НГВУ "Охтирканафтогаз" проводиться по наступних основних напрямках:

- планування заходів по охороні навколишнього середовища і раціональному використанню природних ресурсів;
- забезпечення і дотримання природоохоронних правил і норм в ході технологічного процесу, безпосередньо зв'язаного з шкідливим впливом на довкілля;
- забезпечення правильної експлуатації очисних споруд і підтримування їх у постійному працездатному стані.

4.1 Аналіз заходів по охороні надр при бурінні

Охорона надр забезпечується на етапах буріння і експлуатації свердловин. При бурінні нафтових і газових свердловин можливе забруднення горизонтів з прісною водою, яку використовують для пиття. Для цих випадків викриття горизонтів з прісними водами проводиться з приміщенням екологічно нешкідливого бурового та тампонажного розчинів з послідуочим перекриттям і цементуванням обсадної колони.

В проекті на будівництво свердловин передбачаються технічні

рішення, які забезпечують надійність цих споруд в відношенні запобігання за колонних і між колонних перетоків вуглеводнів, які можуть привести до витікання газу в атмосферу і загазування відносних горизонтів.

Під час будівництва свердловин забруднюється атмосфера викидами дизелів бурової установки, газами з дегазаторів бурового розчину, пилом сипких матеріалів і хімреагентів, випаровуваннями промивних рідин і хімреагентів.

З метою охорони атмосферного повітря від забруднення в районі бурових робіт передбачається:

- обладнання вихлопних труб дизелів масловідділювачами;
- застосування герметичних і закритих ємностей для зберігання ПММ;
- організований збір і максимальна утилізація супутнього газу при випробуванні свердловин;
- застосування технічних засобів, технологічних процесів, що запобігають виникненню нафтогазопроявів та відкритих фонтанів.

Підприємство несе відповідальність за виконання заходів з охорони земель та природоохоронних заходів, передбачених проектом:

- зберігання родючого ґрунту;
- зберігання якості поверхневих і підземних вод;
- якісне і своєчасне знешкодження і захоронення відходів буріння свердловин;
- якісне захоронення стічних вод у поглинаючі горизонти;
- виконання етапу технічної рекультивації.

Найбільш небезпечними для об'єктів природного середовища є відходи буріння, які накопичуються і зберігаються на території бурової.

Основними напрямками утилізації відходів буріння є:

- для бурових стічних вод(БСВ) – використання їх в системі зворотного водопостачання бурової, відпомповування у нафтопромисловий колектор з метою використання в системі підтримання пластового тиску та безпечного скидання на рельєф місцевості;

- для ВБР та шламу – безпечне поховання в шламових амбарах після знезараження, вивезення в організовані для поховання місця або на переробку з метою отримання корисних матеріалів(керамзиту, цегли тощо).

4.2 Аналіз заходів по охороні довкілля при розробці та експлуатації покладу

4.2.1 Охорона атмосферного середовища

За існуючою технологією видобутку нафти і газу головним джерелом забруднення атмосферного повітря можуть бути:

- комплексні збиральні пункти;
- сепаратори;
- ємності для зберігання нафти і газу;
- резервуарні парки для зберігання конденсату, які мають дихаючі клапани;
- свердловини і газопроводи(шлейфи) при їх продувці в атмосферу;
- аварійні викиди газу;
- пропуски газу через нещільності технологічного обладнання;
- технологічні втрати нафтового газу в процесі ремонту свердловин.

Одною із задач запобігання забруднення атмосфери являється зниження викидів шкідливих речовин. Основний об'єм викидів шкідливих газоподібних речовин, забруднюючих повітряний басейн, складають легкі вуглеводи.

Зменшення втрат вуглеводнів і підвищення коефіцієнта використання нафтового газу веде до скорочення викидів в атмосферу вуглекислої сировини і продуктів його згорання. Використання розчиненого газу, покращення захисту від шкідливих викидів, скорочення технологічних витрат на всіх ступенях видобутку, переробки, транспорту і зберігання нафти і нафтопродуктів визначають стан повітряного басейну на родовищі.

З метою зменшення і запобігання викидів шкідливих речовин в атмосферу при розробці і експлуатації Бориславського родовища в робочому проекті проводяться необхідні заходи:

- комплекс досліджень і замірів по контролю за станом атмосферного повітря з метою визначення концентрації шкідливих речовин;
- складення графіків профілактичного огляду запірною і герметизуючого обладнання, його заміну, ремонт, графіків продувок свердловин і технологічного обладнання з мінімальним випуском вуглеводнів в атмосферу;
- буріння свердловин виконувати з використанням електроенергії;
- випробування свердловин проводити після перевірки обладнання на герметичність;
- у випадку використання в процесі дослідження установки для розділення фаз вуглеводнів(сепараторів), рідкі(конденсат) повинні зібратися в ємкості з послідуочим їх вивозом;
- дослідження свердловин, в процесі експлуатації, робити в промисловий колектор з повною утилізацією вуглеводнів(без випуску газу в атмосферу);
- не проводить дослідження свердловин з випуском газу в атмосферу при мете умовах які можуть привести до забруднення, в разі крайньої необхідності виконання таких робіт, повинні бути складені заходи по зниженню викидів.

При освоєнні свердловин і у випадку вимушеного випуску газу з метою захисту атмосфери необхідно спалювати газ в спеціальних факельних спорудженнях, забезпечуючи бездимне горіння.

Для запобігання атмосфери від забруднення вихлопними газами всі вихлопні колектори ДВС повинні обладнуватися іскрогасителями.

4.2.2 Охорона водного середовища

Водопостачання на нафтовидобувному підприємстві забезпечує виробничі процеси буріння, видобутку, підготовки, транспорту і

зберігання нафти. Споживання чистої води на технологічні потреби визначає об'єми стічних вод.

Заходи по охороні водного середовища передбачають охорону горизонтів з прісними водами в верхній частині геологічного розрізу родовища, ґрунтових і поверхневих вод.

Потенційними джерелами забруднення є: бурові стічні води і шлам; продукти випробувань свердловин (конденсат, мінералізована вода); хімічні реагенти, використовувані для обробки бурового розчину; забруднені ливневі стічні води і др..

Для запобігання забруднення ґрунтових і поверхневих вод необхідно виключити можливість виходу за границі бурової площадки і УКПН цих джерел. Тому необхідно передбачити: спорудження земляних шламових амбарів в глинистому ґрунті з гідроізоляцією їх стінок і дна відпрацьованого бурового розчину істотних вод; зберігання хімреагентів в спеціальних спорудах.

Виходячи із проектного положення свердловин необхідно визначити глибину днища земляних шламових амбарів з врахуванням рівня підземних вод.

Запобігання попадання бурового розчину, хімреагентів, ГСМ, стічних вод та ін. за межі бурової площадки повинно вирішуватись за рахунок обваловки із гранта по всьому периметру площадки. Крім того обвалуванню підлягають ділянки землі, де змонтовані блоки по приготуванню і очистці бурових розчинів, зберігання хімреагентів і ГСМ.

У видобутку нафти основними виробничими процесами являються: заводнення продуктивних пластів; експлуатація свердловин; збір, промислова підготовка нафти і транспорт. Продуктивні відклади нафтовидобувного району заводняються, в основному, стічною водою, потоки яких формуються в пунктах підготовки нафти і у вузлах попереднього скиду на родовищі. Стічні води, які пройшли очистку, необхідно використовувати при підготовці нафти. Розхід стічної води – 250

кг на 1 т нафти.

4.2.3 Охорона і раціональне використання земель родовища

Охорона земель складається із комплексу заходів забезпечуючи збереження родючого шару ґрунту і запобігання забруднення слідуючого за родючим шаром ґрунту.

Збереження родючого шару ґрунту від забруднення повинно бути забезпечено шляхом зняття і складування його в кагати висотою 3 – 4 м, в границях площадки бурової. По узгодженню з місцевими органами Держкомприроди родючий шар повинен бути знятий по всій площадці бурової на глибину 0,5 – 0,7 м. Для запобігання розрушення кагатів необхідно зробити посів трави по їх поверхні.

Забруднення слідуючого за родючим ґрунтом може трапитись на площадці бурової хімреагентами, ГСМ, нафтою, відпрацьованим буровим розчином і др. Для запобігання забруднення необхідно комплекс заходів які дадуть змогу локалізувати перелічені вище компоненти на бетонних площадках з послідуочим їх збиранням в ємкості.

Призначення свердловин на родовищі – промислова експлуатація нафти і газу. Площа відводу земель для будівництва нафтової свердловини – до 2,5 га, газової – до 3,5 га. На відведеній ділянці до початку проведення будівництва і монтажу бурової знімається родючий шар землі.

На родовищі передбачається амбарна система накопичення, зберігання і захоронення технологічних відходів буріння. На ділянці бурової споруджується три виду земляних амбарів: шламові амбри для скиду вибуреної породи; водяні амбари для відстою бурових стічних вод; земляні амбари на викидах превентора.

При нафтогазовиявленнях необхідно прийняти міри по можливо меншому позбавленню навколишнього середовища виходячої із свердловини рідини.

При погрузочно-розгрузочних і других роботах з хімреагентами, необхідно не допускати попадання їх на поверхність ґрунту.

4.2.4 Охорона флори і фауни

З метою захисту флори і фауни необхідна нейтралізація і захоронення хімічних реагентів на території площадки бурової, виключити аварійний викид вуглеводнів.

Нейтралізація хімреагентів може проводитись слідуючими методами:

- термічним;
- затвердінням;
- хімічною нейтралізацією з послідуючим затвердінням.

Вибір місця захоронення і метод обеззараження відходів процесу буріння повинні бути погоджені в місцевих органах Держкомприроди.

На випадок аварійної ситуації, з ціллю зниження ушкодження від забруднення навколишнього середовища, на кожній буровій і нафтовому промислі складається план ліквідації аварій, який містить вказівки по попередженню організацій які повинні брати участь в ліквідації аварій, перелік технічних засобів, спосіб збору і видалення забруднюючих речовин і обеззараження території.

Заключним етапом будівництва свердловини являється рекультивація землі на площадці бурової. Вона включає два етапи: технічний і біологічний. Крім рекультивації площадки бурової необхідно приділити увагу і на рекультивацію прокладення шлейфів від свердловин до площадки УКПН. Ці етапи висвітлені в проекті на будівництво свердловини.

В процесі розробки родовища основним потенційним джерелом забруднення навколишнього середовища є експлуатаційні свердловини, трубопроводи і установка комплексної підготовки нафти(УКПН).

Проектом на облаштування і експлуатацію родовища передбачається конкретні заходи щодо охорони навколишнього середовища в процесі експлуатації цих споруд. Так всі площадки на території УКПН під обладнанням забетоновано і запроектовано дренажні лінії в ізольовані ємкості, що дає змогу локалізувати різні проливи.

4.3 Утилізація промислових стоків в процесі розробки родовища

В останні роки досягнуто успіхів в термічному знешкодженні відпрацьованих бурових розчинів, під час якого токсичні органічні речовини вигорають, а залишок у вигляді домішок долучається до тампонажних розчинів.

Сконструйовані та виготовлені також установки для висушування бурових розчинів з отриманням гранульованих матеріалів для приготування промивних рідин.

Формування промислових стоків виникає за рахунок конденсаційних і пластових вод, які видобуваються в процесі експлуатації свердловин, технічної води, котра надходить у свердловину в результаті робіт при глушінні або різних обробках, по збільшенню видобутку вуглеводнів, регенерації метанолу та інгібітору корозії, зливових стоків та інших водяних відходів промислового виробництва.

Води верхніх горизонтів надійно ізольовані в свердловинах цементом і в формуванні СПВ участі не приймають.

Слід проводити обробку промстоків антисептиками з метою попередження їх зараженням сульфітовідновлюючими бактеріями, які призводять до утворення сірководню.

4.4 Висновки про екологічний стан природного середовища

Східно-Рогінцівського родовища

Оскільки Східно-Рогінцівське родовище розробляється досить тривалий проміжок часу, то в процесі експлуатації відбувся негативний вплив на екологічний стан регіону.

Основними забруднювачами поверхневих і підземних водних джерел є нафта, паливно-мастильні матеріали, хімічно-оброблені і обвал очні рідини для глушіння свердловин, високо-мінералізовані пластові і промстічні води, кислоти, поверхнево-активні речовини (ПАР), розчинники і інші реагенти, які застосовуються в технологічних процесах видобутку, внутрішньо-промислового збору, підготовки і транспорту нафти і газу.

Вплив зазначених забруднювачів на водні джерела (підземні водоносні горизонти) може мати місце як при бурінні свердловин, так і при їх експлуатації.

Охорона пісководних пластів повинна забезпечуватись за рахунок застосування екологічно безпечного бурового розчину, перекриття обсадною колоною з послідуочим цементуванням їх тампонажним цементом до устя.

При бурінні свердловин недопустимим є порушення дренажних систем на площадках буріння свердловин і трубопроводів.

При розробці родовища вплив виробничих об'єктів на водне середовище території в робочому режимі мінімальний і може бути помітним лише у випадках порушення нормального технологічного процесу.

Потенційними негативними факторами впливу при розробці родовища можуть бути:

- попадання в ґрунт і в ґрунтові води витоків нафти через нещільність фланцевих з'єднань несправного обладнання, дренавання забруднюючих речовин в підземні горизонти води;
- забруднення ґрунтових вод при недбалому виконанні ремонтних робіт.

Вплив зазначених факторів має випадковий характер, локальний за місцезнаходженням, нетривалий у часі і попереджається насамперед регламентуванням технологічного процесу в межах проектного режиму та організацією надійного контролю за технічним станом обладнання.

З метою запобігання забруднення водного середовища передбачається

комплекс організаційних і техніко-технологічних заходів:

- спорудження земляних амбарів з гідроізоляцією їх дна та стінок для збору відробленого бурового розчину і стічних вод;
- обвалування території бурової;
- закладення глибини днища земляних шламових амбарів з обліком рівня ґрунтових вод;
- зберігання хімреагентів, ПММ, конденсату в металевих ємностях;
- виключення попадання на землю та у поверхневі і підземні води ПАР, кислот, лугів, полімерних розчинів та інших хімреагентів та рідких вуглеводнів;
- нейтралізацію залишкового об'єму відпрацьованих шкідливих речовин (бурового розчину, технологічних рідин);
- затвердіння і поховання відпрацьованого бурового розчину, засипання земляних амбарів ґрунтом;
- планування площадки бурової (по можливості передбачити розташування в місцях де ґрунт ущільнений);
- рекультивацію родючого шару ґрунту на площадках, які зайняті тимчасовими дорогами та ін.

Біологічний етап рекультивації виконується в об'ємі, який передбачений землекористувачем і включає наступні основні види робіт: оранку і дискування землі, застосування органічних і мінеральних добрив, посів трав, прикачування посівів важкими котками; культивацію.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4

Підводячи підсумки можемо сказати що Східно-Рогінцівське нафтове родовище знаходиться на пізній стадії експлуатації, а отже його екологічний стан можемо оцінити як задовільний.

Однак для покращення ситуації необхідно провести ряд змін: застосування нового обладнання, що унеможливиює виток продукції в навколишнє середовище; проведення рекультиваційних робіт; слідкувати за станом свердловин, проводити їх огляди, ремонтні роботи.

№	Свердловина	Висота стовпа рідини, м
1	Свердловина № 1	800,2
2	Свердловина № 2	1100
3	Свердловина № 3	4,01
4	Свердловина № 4	9,34

РОЗДІЛ 5. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ

5.1. Техніко-економічне обґрунтування ефективності запроектівних технологічних і технічних рішень.

Для обробки привибійної зони пласта свердловини №51 родовища Східні Рогінці запропоновано метод пульсаційного впливу на продуктивні відклади.

1. Визначення додаткового видобутку нафти

Вихідні дані для проведення розрахунку економічної ефективності обробки пласта наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності при проведенню пульсаційну обробку привибійної зони свердловини № 51 Східно-Рогінцівського нафтового родовища.

Найменування показника	Одиниця виміру	Значення показника
1. Собівартість видобутку 1 т нафти	грн.	8662,2
2. Ціна 1 т нафти	грн.	11000
3. Дебіт свердловини до проведення обробки	т / добу	4,01
4. Дебіт свердловини після проведення обробки	т / добу	9,14

Допущення 1. Ціни для розрахунків в розділі 5 задані керівником і є умовними.

Допущення 2. Змінні витрати встановлюються із розшифрованих статей калькуляції в розрахунку на додатковий видобуток нафти.

До змінних витрат відносяться затрати на електроенергію (плата за використану електроенергію), витрати на перекачку нафти, відрахування на геолого пошукові роботи.

Додатковий видобуток нафти після проведення робіт на свердловині визначаємо за формулою:

$$\Delta Q = Q' - Q \quad (5.1)$$

де Q' – видобуток нафти після проведення обробки, т;

Q – видобуток нафти до проведення обробки, т.

$$Q'_{\text{грп}} = Q \cdot 365 \cdot k,$$

$$Q = q \cdot 365 \cdot k,$$

де k – коефіцієнт, що враховує характер свердловини (для нафтової свердловини $k=0,5$);

q – дебіт свердловини до проведення обробки;

$$Q = 4,01 \cdot 365 \cdot 0,5 = 731,83 \text{ (т / рік);}$$

$$Q' = 9,14 \cdot 365 \cdot 0,5 = 1668,05 \text{ (т / рік);}$$

$$\Delta Q_0 = Q' - Q = 1668,05 - 731,83 = 936,22 \text{ (т/рік).}$$

5.2. Розрахунок витрат на здійснення запроєктованого рішення і калькуляції собівартості видобутку нафти

Витрати на проведення робіт розраховуємо за формулою:

$$V_{\text{роб}} = V_{\text{м}} + V_{\text{т}} + V_{\text{р}} \quad (5.2)$$

де $V_{\text{м}}$ – витрати на придбання матеріалів, необхідних для проведення заходів, грн.;

$V_{\text{т}}$ – витрати на експлуатацію техніки та транспорту, грн.;

$V_{\text{р}}$ – витрати на оплату праці робітників, грн.

Витрати на придбання матеріалів, необхідних для проведення заходів, визначаємо за формулою:

$$V_{\text{м}} = k_{\text{н.п.}} \times k_{\text{тр.}} \times \sum_{i=1}^n \text{Ц}_{\text{мі}} \times V_{\text{рі}} \quad (5.3)$$

де $k_{\text{н.п.}}$ – коефіцієнт, що враховує накладні витрати за всіма видами витрат, окрім заробітної плати;

$$k_{\text{н.п.}} = 1 + \frac{H_{\text{нп}}}{100} \quad (5.4)$$

$H_{\text{нп}}$ – норма накладних витрат за всіма видами витрат, крім заробітної

плати (складає 10%).

C_{mi} – ціна 1 м³ (1 т) реагенту (матеріалу), грн.;

V_{pi} – об'єм (маса) реагенту (матеріалу), м³ (т);

n – кількість видів матеріалів та реагентів для проведення процесу;

$k_{тр.}$ – коефіцієнт, що враховує транспортні витрати, приймаємо $k_{тр.} = 1,155$.

Згідно розрахунків кількість використовуваних матеріалів на проведення обробки складає 70912,4 грн

Витрати на експлуатацію техніки та транспорту визначаються за формулою:

$$B_T = k_{н.в.} \sum_{i=1}^T (2l \times B_{li} + t \times B_{ti}) \quad (5.5)$$

де l – відстань від машинного парку до свердловини, км;

B_{li} – вартість перебазування одиниці техніки, грн. / км;

t – час проведення операцій, год.;

B_{ti} – вартість 1 години роботи агрегату, грн.;

m – кількість агрегатів та машин.

$k_{н.в.}$ – коефіцієнт, що враховує накладні витрати за всіма видами витрат, окрім заробітної плати, $k_{н.в.} = 1,1$.

Визначення розміру витрат на експлуатацію техніки та транспорту.

$$B_{T_грп} = 1,1 \times 8892,2 = 9781,4 \text{ (грн.)}$$

Витрати на оплату праці робочого і технічного персоналу для проведення однієї операції:

$$B_p = \lambda \times \sum_{i=1}^B C_{ti} \times (1 + H_n) \times t \quad (5.6)$$

де $k_{н.з.}$ – коефіцієнт, що враховує накладні витрати за витратами по заробітній платі, $k_{н.з.} = 1,3$;

λ – коефіцієнт, що враховує премії;

B – кількість робітників у ланці, чол.

$C_{ті}$ – часова тарифна ставка робітника бригади, що виконує роботи, грн.;

N_n – норма нарахувань на фонд оплати праці згідно чинного законодавства;

t – час проведення операцій, год.

Нарахування на заробітну платню, що переносяться на собівартість виконаних робіт, на теперішній час складають 37,13%:

$$V_{p_} = 1,3 \times 1,25 \times 508,2 \times (1 + 0,3713) = 1144 \text{ (грн.)}$$

Витрати на проведення робіт на свердловині:

$$V_{роб} = 70912,4 + 9781,4 + 1144 = 81837,8 \text{ (грн.)}$$

Приведені витрати на підготовку додаткового видобутку нафти складають: згідно статистичних даних середня собівартість видобутку нафти на підприємствах НГВУ „Охтирканафтогаз” складає 8662,2 грн., в тому числі змінні витрати – 12,82%, що складає 1110,49 грн.

Тоді додаткові витрати підприємства, пов'язані із видобутком додаткової нафти, складуть:

$$\Delta V_{вид} = \Delta Q \times C_{соб.}^{змін.}$$

де $C_{соб.}^{змін.}$ - змінні витрати;

$$\Delta V_{вид.} = 1035 \times 1110,49 = 1149361,2 \text{ (грн.)}$$

5.3. Розрахунок економічного ефекту від впровадження запроєктованого рішення

Сумарний економічний ефект підприємства від проведення обробки за формулою:

$$E_{сум.} = [\Delta Q \times C_n - (V_{роб} + \Delta V_{вид.})] \times \left(1 - \frac{C_{тпр}}{100}\right) \quad (5.6)$$

де: C_n – відпускна ціна нафти, грн. / т;

$C_{тпр}$ – ставка податку на прибуток, згідно чинного законодавства

складає 21%.

$$E_{\text{сум}} = (936,22 \cdot 11000 - (81837,8 + 1149361,2) \cdot (1 - 0,21)) = 7,16 \text{ млн.грн}$$

Враховуючи імовірнісний характер проведених розрахунків, прогнозоване значення економічного ефекту визначають:

$$E_{\text{пр.}} = E_{\text{сум.}} \times a \quad (5.7)$$

де a – вірогідність отримання запланованих показників, $a = 0,38$.

$$E_{\text{пр}} = 7,16 \cdot 0,38 = 2,72 \text{ млн.грн}$$

Висновок:

Отже, проведення заходів на свердловині № 51 Східно-Рогінцівського родовища є ефективними. З проведених вище розрахунків можна зробити висновок, що проведення заходів є доцільнішим, оскільки впровадження даного заходу дозволить підприємству отримати економічний ефект в розмірі майже 2,72 млн. грн. за перший рік експлуатації свердловини.

Таблиця 5.3 - Розрахунок економічного ефекту

Найменування показника	Позначення	Одиниця виміру	Величина показника
1. Відпускна ціна нафти підприємства	Цн	грн/т	11000
2. Собівартість видобутку	С _{соб}	грн/т	8662,2
в тому числі:			
питомі умовно-змінні витрати	С _{соб} ^{змін}	грн/т	1110,49
3. Дебіт свердловини до проведення обробки	q	т/добу	4,01
4. Дебіт свердловини після проведення обробки	q _п	т/добу	9,14
5. Додатковий видобуток газу після проведення робіт	ΔQ	т/рік	936,22
6. Витрати на проведення робіт з обробки	$B_{\text{ГРП}} = B_m + B_m + B_p$	тис. грн.	81,838
в тому числі:			
витрати на придбання матеріалів	B _м	тис. грн.	70,912

витрати на експлуатацію техніки та транспорту	V_T	тис. грн.	9,781
витрати на оплату праці робітників	V_P	тис. грн.	1,144
7. Додаткові витрати підприємства, пов'язані із видобутком	$\Delta B_{\text{вид}} = \Delta Q_{\text{сум}} \cdot C_{\text{соб}}^{\text{змін}}$	тис. грн.	159,32
9. Прогнозований економічний ефект підприємства	$E_{\text{пр}} = E_{\text{сум}} \cdot a$	млн. грн.	2,72

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Акульшин О.І., Акульшин О.О., Бойко В.С., Дорошенко В.М., Зарубін Ю.О. Технологія видобування, зберігання і транспортування нафти і газу: Навчальний посібник. – Івано-Франківськ: Факел, 2003. – 434 с.
2. Атлас родовищ нафти і газу України // гол. ред. М. М. Іванюта. – Львів: Центр Європи, 1998. – Т. II. – 924 с.
3. Атлас родовищ нафти і газу України // гол. ред. М. М. Іванюта. – Львів: Центр Європи, 1999. – Т. VI. – 223 с.
4. Атлас родовищ нафти і газу України: в 6 т. / гол. ред. М. М. Іванюта. – Львів: «Центр Європи», 1998.
5. Бойко В.С, Бойко Р.В. Підземна гідрогазодинаміка: Підручник. - Львів: Апріорі, 2005. - 452 с.
6. Бойко В.С. Розробка та експлуатація нафтових родовищ. - К.: Реал-Принт, 2004. - 695 с.
7. Витвицький Я.С. Економічна оцінка гірничого капіталу нафтогазових компаній // Наукова монографія. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2007. – 431 с.
8. Вуль М.А. Сучасний стан ресурсної бази вуглеводнів у нафтогазоносних регіонах України / М.А. Вуль, В.М. Гаврилко, Б.М. Полухтович // Газ і нафта. – 2006. – №11. – С. 32-36.
9. Довідник з нафтогазової справи / За заг. ред. д-рів техн. наук В.С.Бойка, Р.М. Кондрата, Р.С. Яремійчука. – К.: Львів, 1996. – 620 с. 20.
10. Дорошенко В.М. Напрямки вирішення проблеми розробки виснажених родовищ нафти і газу / В.М. Дорошенко, Д.О. Єгер, Ю.О. Зарубін, РМ. Кондрат // Розвідка та розробка нафтових та газових родовищ. – 2007. – № 4. – С. 108-110.
11. Дорошенко В.М., Зарубін Ю.О., Гришаненко В.П., Прокопів В.Й., Швидкий О.А. // Основні напрями вдосконалення систем розробки