

622.244
Б41

ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ

Бейзик Ольга Семенівна

УДК 622.244.44; 622.245.44 + 01(043)

Б41

**ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ РОЗКРИТТЯ ПРОДУКТИВНИХ
ГОРИЗОНТІВ НА РОДОВИЩАХ ПРИКАРПАТТЯ**

05.15.06 – Розробка нафтових та газових свердловин

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Івано-Франківськ - 2011

Дисертацією є рукопис

Роботу виконано в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент,
Малярчук Богдан Михайлович

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
НАВРОЦЬКИЙ Богдан Іванович,
Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу
професор кафедри нафтогазової гідромеханіки

кандидат технічних наук
КУСТУРОВА Олена Валеріївна,
науково-дослідний інститут
природних газів ДК
«Укргазвидобування», м. Харків
провідний науковий співробітник
лабораторії бурових розчинів
відділу техніки і технології буріння.

Захист відбудеться “08” грудня 2011 р. о 10⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 20.052.02 Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу за адресою: 76019, Україна, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15.

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

Автореферат розісланий “04” листопада 2011 р.

Учений секретар спеціалізованої вченої ради,
кандидат технічних наук, доцент



І.М. Ковбасюк



ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Тривалий період розробки багатьох родовищ нафти і газу, що визначають паливно-енергетичну політику держави, призводить до значних змін геолого-технічних умов спорудження та експлуатації свердловин.

Основні запаси нафти і газу у Карпатському нафтогазоносному регіоні приурочені до родовищ, які представлені низькопроникними колекторами з низькими пластовими тисками та невисокою пористістю. Колектори в основному порово-тріщинуватого типу, а глинистий матеріал переважно порово-базального монтморилонітового типу, обмінна ємність яких сягає 50 мг-екв/100 г. Розкриття продуктивних горизонтів відбувається при репресії на пласт, яка спричинює зростання фільтрації, проникнення фільтрату всередину порової структури пластів, перезволоження глинистих мінералів, що призводить до зниження колекторських властивостей порід та продуктивності свердловини.

Однією з основних умов якісного первинного розкриття продуктивних горизонтів у складних гірничо-геологічних умовах є вибір типу, рецептури бурового розчину та його основних параметрів.

Значний внесок для вирішення цієї проблеми зробили вітчизняні та зарубіжні вчені, такі як Ангелопуло О.К., Аветисов А.Г., Андрусак А.М., Булатов А.І., Васильченко О.А., Войтович А.Ф., Городнов В.Д., Жуховицький С.Ю., Кістер А.Г., Кошелєв А.Т., Крецул В.В., Крилов В.І., Круглицький М.М., Кустурова О.В., Ліпкес М.І., Лубан Ю.В., Мірзаджанзаде А.Х., Мітельман Б.І., Оринчак М.І., Пеньков А.І., Політучий О.І., Резніченко І.Н., Рябоконт С.О., Рязанов В.І., Харів І.Ю., Роджерс В.Ф., Грей Дж. Р., Дарлі Г.С.Г., Валькер Р.Е. та інші, дослідженнями яких встановлено, що значний вплив на фільтраційно-ємнісні властивості колекторів, представлених відкладами з високим вмістом глинистої складової, має тип бурового розчину та його структурно-механічні властивості.

Найчастіше для розкриття продуктивних горизонтів у вітчизняній та зарубіжній практиці застосовують інгібуючі, соленасичені та безглинисті полімерні розчини.

Застосування інгібуючих та соленасичених розчинів призводить до проникнення фільтрату в пори продуктивного горизонту на значну віддаль, що спричиняє поверхневу гідrataцію, набухання материнських глин і самокольматацію колектора. Ці чинники суттєво погіршують проникність продуктивних горизонтів. Коефіцієнт відновлення проникності продуктивних горизонтів після застосування цих розчинів коливається в межах 0,44-0,77.

Безглинисті полімерні розчини Hydro guard, BARADRIL-N, Flo-pro NT, Glydrill, Біокар, гуматно-біополімерний розчин (ГБР) тощо, розроблені вітчизняними та зарубіжними науковцями, володіють низькими показниками фільтрації, високими мастильними властивостями, низькою корозійною активністю, псевдопластичною в'язкістю і забезпечують якісніші показники

збереження первинної проникності продуктивних горизонтів. Однак, у цих системах для пониження фільтрації застосовують хімічні реагенти на основі акрилових полімерів та водорозчинних ефірів целюлози (СМС, Finnpol, Celpol, Finfix, Tylose, СМНЕС, POLYPAC тощо), які, проникаючи у продуктивний горизонт, адсорбуються на поверхні пор та тріщин, знижуючи їх ефективний діаметр.

Окрім цього, структуроутворювачами у цих розчинах є імпорتنі біополімери ксантанового типу (дуовіз, фловіз, біокар-компаунд тощо), висока вартість яких унеможливує їх застосування у нашій країні.

Отже, аналіз колекторів Карпатського нафтогазоносного регіону та бурових розчинів показав, що проблема забезпечення якості розкриття продуктивних пластів є актуальною і потребує подальшого вивчення та вирішення.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана згідно з науково-тематичними планами Міністерства науки і освіти, молоді та спорту України. Результати роботи використано під час виконання держбюджетної тематики № Д-1-07-Ф «Дослідження нових енергоресурсозберігаючих, екологічно безпечних технологій видобування та транспортування вуглеводнів (№ 0107U001558) (з 01.01.2007 р. до 31.12.2009 р.), що виконувались у науково-дослідному інституті нафтогазових технологій Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу.

Мета і завдання дослідження. *Метою роботи* є підвищення ефективності розкриття продуктивних горизонтів з низьким пластовим тиском та низькою проникністю на родовищах Прикарпаття і збереження їх колекторських властивостей впродовж тривалого часу.

Для досягнення мети поставлені такі *завдання*:

1. Аналіз гірничо-геологічних умов та бурових розчинів у ході розкриття продуктивних горизонтів на родовищах Прикарпаття.
2. Розробка рецептури безглинистого крохмально-калієвого бурового розчину і вивчення його впливу на кольматіацію продуктивних горизонтів.
3. Регулювання процесу деструкції крохмальних реагентів у процесі буріння та освоєння продуктивних горизонтів.
4. Розробка карбоксильного крохмального реагента, способу його приготування та вибір його ефективної домішки.
5. Промислові впровадження розроблених рішень та оцінка їх ефективності.

Об'єктом дослідження є буровий розчин та хімічні реагенти, які покращують якість розкриття продуктивних горизонтів, а *предметом дослідження* – основні властивості бурового розчину та хімічних реагентів.

Методи дослідження. Компонентний склад та рецептуру безглинистого крохмально-калієвого бурового розчину та карбоксильного крохмального

реагента обґрунтовано аналітичними та експериментальними дослідженнями, для проведення яких використано методи планування експериментів, вірогідність яких підтверджено результатами промислових впроваджень на трьох свердловинах, ефективність рецептури безглинистого крохмально-калієвого бурового розчину оцінена лабораторними випробуваннями на кернах.

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Вперше розроблено безглинистий крохмально-калієвий буровий розчин, головною особливістю якого є низька фільтрація, відсутність глинистої фази, високі інгібуючі властивості та низький показник концентрації іонів водню, що підвищує ефективність розкриття низькопроникних продуктивних горизонтів з низькими пластовими тисками.

2. Отримано карбоксильний крохмальний реагент (ККР), який володіє підвищеною термостійкістю, розчинний у воді, стійкий до ферментативної деструкції.

3. Запропоновано новий інгібітор деструкції крохмальних реагентів у процесі буріння свердловини та ініціатор деструкції крохмальних реагентів під час освоєння та випробування продуктивних горизонтів.

Основні положення, що захищаються.

1. Рецептура безглинистого крохмально-калієвого бурового розчину.

2. Технологія інгібуння деструкції крохмальних реагентів у процесі буріння свердловин та ініціювання деструкції крохмальних реагентів у процесі їх освоєння.

3. Конструкція спеціального кольматуючого пристрою для створення штучного екрану з метою запобігання поглинанню бурового розчину при розкритті тріщинних високопроникних горизонтів з низькими пластовими тисками.

4. Рецептура карбоксильного крохмального реагента, який володіє підвищеною термостійкістю, бактерицидною стійкістю та розчинний у воді.

Практичне значення одержаних результатів.

1. Запропоновано безглинистий крохмально-калієвий буровий розчин для підвищення якості розкриття низькопроникних продуктивних горизонтів з низькими пластовими тисками (Патент України на корисну модель № 42746).

2. Запропоновано застосування інгібіторів деструкції у процесі буріння свердловин, а під час освоєння продуктивних горизонтів – ініціаторів ферментації.

3. Отримано формулу для оперативного розрахунку маси кальцинованої соди для нейтралізації негативного впливу іонів кальцію та магнію.

4. Запропоновано формувати штучний кольматаційний екран кислоторозчинними наповнювачами за допомогою спеціального пристрою

(Патент України на корисну модель № 48621) у процесі розкриття тріщинуватих продуктивних горизонтів з низькими пластовими тисками

5. Розроблено карбоксильний крохмальний реагент для регулювання фільтраційних властивостей бурових розчинів, що володіє підвищеною термостійкістю, бактерицидною стійкістю та розчинний у воді (Патент України на корисну модель № 28686), який впроваджено на трьох свердловинах Стрийського ВБР та отримано суттєвий економічний ефект.

6. За результатами лабораторних досліджень розроблено рекомендації щодо застосування безглинистого крохмально-калієвого бурового розчину, які передано для впровадження УкрНДІгаз ДК «Укргазвидобування», м. Харків.

Особистий внесок здобувача. Постановка задачі належить науковому керівнику к.т.н., доценту Малярчуку Б.М. та к.т.н., доценту кафедри буріння нафтових і газових свердловин Оринчаку М.І. [1]. Особисто автором проведено огляд літературних джерел, промислового матеріалу, проаналізовано літологічний склад колекторів та бурові розчини, які застосовують для розкриття продуктивних горизонтів Карпатської нафтогазоносної провінції, розроблено рецептуру безглинистого крохмально-калієвого бурового розчину [2], отримано формулу для розрахунку маси кальцинованої соди для нейтралізації іонів кальцію та магнію [3], удосконалено конструкцію пристрою для кольматації тріщин продуктивних горизонтів з низькими пластовими тисками [4], розроблено склад карбоксильного крохмального реагента [5], розроблено спосіб інгібування деструкції крохмальних реагентів під час буріння та ініціювання деструкції крохмальних реагентів під час освоєння та випробування продуктивних горизонтів [6], здійснено теоретичні [3] та експериментальні дослідження [1, 2, 4, 5, 6], проаналізовано їх результати, розроблено рекомендації для приготування безглинистого крохмально-калієвого бурового розчину.

Апробація результатів дисертації. Основні результати та положення дисертаційної роботи доповідались та обговорювались на:

- міжнародній науково-технічній конференції «Ресурсозберігаючі технології у нафтогазовій енергетиці» у м. Івано-Франківську, 2007 р.

- науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу Івано-Франківського національного технічного університету 2002-2009 рр., м. Івано-Франківськ.

Публікації. Основні положення дисертаційної роботи опубліковано в 6 наукових працях, з них 3 статті у фахових виданнях і 3 патенти України на корисну модель.

Структура і обсяг роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків і додатків. Матеріали дисертації викладено на 190 сторінках машинописного тексту, робота містить 30 рисунків, 34 таблиці, 114 найменувань бібліографічних джерел.

Автор дисертації висловлює глибоку вдячність науковому керівнику кандидату технічних наук Мальярчуку Б.М. за постійну допомогу та ширю подяку кандидату технічних наук, доценту кафедри буріння нафтових і газових свердловин Оринчаку М.І. за слушні поради, сприяння та практичну допомогу під час виконання роботи, а також колективу кафедри буріння за підтримку та створення сприятливих умов для виконання роботи.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обгрунтовано актуальність обраної теми дисертаційної роботи, сформульовано мету і задачі дослідження, відображено наукове та практичне значення отриманих результатів.

У першому розділі проведено аналіз гірничо-геологічних умов розкриття продуктивних горизонтів, охарактеризовано фільтраційні та літолого-петрофізичні властивості порід-колекторів родовищ Прикарпаття.

Основні газонафтові поклади пов'язані з відкладами крейди, олігоцену і еоцену і представлені чергуваннями пісковиків, алевролітів та аргілітів. Глинистість колекторів коливається в межах 20-24%, обмінна ємність становить від 35 до 50 мг.екв/100 г. Коефіцієнти аномальності пластових тисків у продуктивних горизонтах становлять ($K_a=1,02-1,09$). Пористість колекторів становить 10-18%, проникність – $0,0016-0,065$ мкм².

Особливістю колекторів є переважаюча кількість глинистого монтморилонітового цементуючого матеріалу, що пов'язано з первинними умовами формування текстури та структури порід у період осадконакопичення.

Проаналізовано типи та параметри бурових розчинів, які використовують для первинного розкриття продуктивних горизонтів на родовищах Прикарпаття, та їх вплив на відновлення природної проникності колекторів.

До таких розчинів належать: хлоркалієвий, гуматно-акрилово-калієвий, хлоркальцієвий, гіпсокалієвий та соленасичений.

Основними недоліками описаних розчинів є:

- високий вміст глинистої колоїдної фази, що особливо небезпечно для колекторів, що мають звивисте розгалуження тріщин і пор;
- полімерні реагенти-понижувачі фільтрації бурових розчинів, особливо на основі акрилових полімерів та водорозчинних ефірів целюлози, проникаючи в пори продуктивного горизонту, адсорбуються на їх поверхні, погіршуючи фільтраційні властивості колекторів;
- відносно високий показник фільтрації бурових розчинів (до $10-12$ см³/30 хв.);
- високий показник рН, який коливається в межах 9-11.

Ці недоліки суттєво погіршують проникність продуктивних горизонтів, що підтверджується низьким коефіцієнтом відновлення проникності, який коливається в межах $0,44-0,77$ (табл. 1).

Вплив різних типів бурових розчинів на відновлення проникності керну

Тип розчину	Довжина зразка керну, см	Проникність зразків, Д		Коефіцієнт відновлення проникності
		до дії розчину	після дії розчину	
Гуматно-акрилово-калієвий	1,88	$8,90 \cdot 10^{-3}$	$5,37 \cdot 10^{-3}$	0,61
Хлоркальцієвий	3,27	$36,37 \cdot 10^{-3}$	$19,8 \cdot 10^{-3}$	0,52
Соленасичений	3,22	$38,40 \cdot 10^{-3}$	$29,6 \cdot 10^{-3}$	0,77
Хлоркалієвий	1,92	$11,26 \cdot 10^{-3}$	$7,72 \cdot 10^{-3}$	0,65
Гіпсокалієвий	3,2	$43,26 \cdot 10^{-3}$	$19,20 \cdot 10^{-3}$	0,44

Віднедавня широкого застосування набули, безглинисті біополімерні системи, розроблені відомими зарубіжними та вітчизняними науковцями, що сприяють якісному розкриттю продуктивних горизонтів, до яких належать відомі на сьогодні Hydro guard, BARADRIL-N, Flo-pro NT, Glydrill, Біокар, гуматно-біополімерний розчин (ГБР) та ін, які забезпечують значно кращі показники відновлення первинної проникності продуктивних горизонтів, але мають окремі недоліки:

- для регулювання фільтраційних та реологічних властивостей у цих розчинах застосовують реагенти на основі акрилових полімерів та водорозчинних ефірів целюлози, які, проникаючи у продуктивний горизонт знижують ефективний діаметр пор та погіршують первинну проникність колекторів;

- структуроутворювачами у цих розчинах є біополімери ксантанового ряду, вартість та витрати на транспортування цих реагентів дуже високі, що робить їх дефіцитними і недоступними та унеможливує широке застосування в нашій країні.

Отже, виникає потреба у розробці складу і рецептури безглинистого розчину з низькими фільтрацією та показником рН і високими інгібуючими властивостями, способу розкриття тріщинуватих продуктивних горизонтів з низькими пластовими тисками з метою збереження їх первинної проникності, усуненні негативного впливу реагентів на основі акрилових полімерів та водорозчинних ефірів целюлози, замінивши їх на екструзивний крохмальний реагент (ЕКР) з подальшим ініціюванням його деструкції у продуктивних горизонтах та розширенням області застосування крохмальних реагентів за

рахунок підвищення їх термостійкості, бактерицидної стійкості та покращення розчинності.

У другому розділі проведено експериментальні дослідження, присвячені розробці рецептури безглинистого інгібуючого розчину, що сприяло б забезпеченню якісного розкриття продуктивних горизонтів та збереженню їх первинної проникності, за основні компоненти якого можна було б використати хімічні реагенти вітчизняного виробництва.

Серед відомих хімічних реагентів такими особливостями володіють реагенти полісахаридної природи – похідні крохмалю, які мають високі експлуатаційні властивості та не забруднюють навколишнє середовище, тому при розробці рецептури безглинистого розчину використовували ЕКР. Як інгібітор – застосувати хлорид калію, що зумовлено тим, що іони калію мають маленькі розміри – $2,66 \text{ \AA}$ і глибоко проникають у кристалічну ґратку глинистих мінералів, зменшуючи їх набухання. Як регулятор показника рН – застосувати гідроксид калію.

Пошук шляхів покращення якості розкриття продуктивних горизонтів з низькою проникністю та пластовими тисками, близькими до гідростатичних, при одночасному зменшенні вартості розчину є метою роботи, для досягнення якої проведено серію експериментальних досліджень, пов'язаних з розробкою рецептури безглинистого крохмально-калієвого бурового розчину з одночасним збільшенням його інгібуючих та зниженням фільтраційних і лужних властивостей.

Рецептура безглинистого крохмально-калієвого бурового розчину побудована на компонованні таких основних хімічних реагентів: ЕКР – понижувач фільтрації бурових розчинів на водній основі; хлорид калію (KCl) – інгібітор набухання глинистих мінералів; гідроксид калію (KOH) – регулятор рН бурових розчинів.

Під час проведення експериментів вперше було встановлено, що комбінація концентрованого водного розчину крохмалю та технічного хлористого калію додатково є структуроутворювачем безглинистого розчину.

Це пояснюється наявністю іонів кальцію, який міститься у технічному хлористому калію.

Структура у розчині утворюється внаслідок взаємодії іонів калію з поверхневими силами ЕКР, які виникають у результаті його клейстеризації, та взаємодії іонів кальцію з метильною групою молекули крохмалю. Вміст іонів кальцію в технічному хлористому калію, визначений комплексонометричним способом, не перевищує 0,1%. Під дією цих факторів утворюється просторова решітка між макромолекулами крохмалю, яка сприяє збільшенню статичного напруження зсуву розчину.

Встановлено, що густина бурового розчину збільшується від 1035 кг/м^3 до 1160 кг/м^3 зі збільшенням концентрації хлориду калію, що може слугувати одним зі способів обваження безглинистого крохмально-калієвого розчину.

За результатами лабораторних досліджень рекомендується безглинистий крохмально-калієвий буровий розчин [1, 2] для якісного розкриття продуктивних горизонтів з невеликим пластовим тиском та низькою проникністю рецептура та основні параметри якого наведені нижче

Склад 1 м³ бурового розчину:

1 ЕКР – 9-11%;

2 КСІ – 4-7%;

3 вода – решта.

Параметри розчину:

густина – 1070-1120 кг/м³

умовна в'язкість – 27-28 с;

фільтрація – 2,0-2,5 см³/30 хв.;

СНЗ₁₁₀ – 7-12/10-15 дПа;

pH – 7-7,5.

Отже, розроблений розчин має такі переваги:

1 відсутність глинистої фази;

2 низький показник фільтрації;

3 високі інгібуючі властивості;

4 низький показник рН.

Дослідження впливу запропонованого розчину на відновлення природної проникності кернів проводили на установці УИПК-1М, для яких використали керни, отримані з продуктивних горизонтів свердловин Північно-Долинського родовища, при перепаді тиску 4 МПа. Під час досліджень використовували безглинистий крохмально-калієвий буровий розчин з вмістом хлористого калію 4%. Кольматуючі властивості розчину оцінювали за коефіцієнтом відновлення проникності.

У табл. 2 наведено результати вивчення впливу безглинистого крохмально-калієвого бурового розчину на відновлення проникності кернів

Таблиця 2
Вплив безглинистого крохмально-калієвого бурового розчину на відновлення проникності кернів

Тип розчину	Склад 1 м ³ розчину	Довжина зразка керну, см	Проникність зразків, Дарсі		Коефіцієнт відновлення проникності
			до дії розчину	після дії розчину	
Безглинистий крохмально-калієвий буровий розчин	ЕКР – 10 % КСІ – 4% вода - решта	2,35	8,67·10 ⁻³	8,24·10 ⁻³	0,95
		2,48	7,93·10 ⁻³	7,70·10 ⁻³	0,97
		3,18	9,22·10 ⁻³	8,897·10 ⁻³	0,96
		2,98	11,26·10 ⁻³	11,04·10 ⁻³	0,98

Як бачимо з табл. 2, після проведення експериментів та зачищення торців керну коефіцієнт відновлення проникності коливався в межах 0,95-0,98.

Буріння свердловин на нафту й газ проводиться на глибинах, які сягають понад 3000 м, де вибійна температура перевищує 90-100°C. Параметри розчину а особливо, фільтрація, змінюються під дією пластових умов. Тому було проведено лабораторні експерименти, під час яких перевіряли термостійкість БККР на комплексному приладі ВНДІБТ, за результатами яких встановлено, що розчин зберігає свої властивості та стабільність до температури 120°C і дає змогу стверджувати, що термостійкість рекомендованого розчину коливається у межах 110-120°C.

Під час буріння свердловини у буровий розчин проникають іони кальцію та магнію, які погіршують його ефективність. Для нейтралізації їх негативного впливу у практиці буріння найчастіше застосовують кальциновану соду.

Для визначення маси кальцинованої соди побудовано графічну залежності кількості кальцинованої соди від концентрації іонів кальцію у бурових розчинах різної густини та зміни кутового коефіцієнту. Застосовувавши метод найменших квадратів і розв'язавши систему рівнянь, отримано формулу (1) для розрахунку маси кальцинованої соди [3]:

$$m_{Na_2CO_3} = (-5,0889 \cdot \rho_{\text{бр}}^2 + 2,696 \cdot \rho_{\text{бр}} + 28,84) \cdot 10^{-4} \cdot B_{Ca^{2+}}; \quad (1)$$

де $m_{Na_2CO_3}$ – кількість кальцинованої соди, кг/м³;

$\rho_{\text{бр}}$ – густина бурового розчину, г/см³;

$B_{Ca^{2+}}$ – вміст іонів кальцію у фільтраті бурового розчину, мг/л.

Частина продуктивних горизонтів Прикарпаття складена тріщинними колекторами з низькими пластовими тисками, під час розкриття яких можливе поглинання бурового розчину. Тому запропоновано під час буріння свердловини застосувати безглинистий крохмально-калієвий розчин з одночасною кольматацією тріщин продуктивного горизонту кислоторозчинними наповнювачами, наприклад такими, як баракарб, крейда тощо за допомогою вдосконаленого нами кольматуючого пристрою [4]. Особливість його роботи полягає в тому, що кислоторозчинний наповнювач разом з буровим розчином поступає у пристрій і затримується на сітці, розташованій навпроти основної насадки, а відтак під тиском поступає через неї у тріщини продуктивного горизонту.

Кількість гранульованого кислоторозчинного наповнювача вибирають залежно від товщини поглинаючого горизонту, його проникності та радіусу проникнення гранул у стінки свердловини.

У третьому розділі проведено серію лабораторних експериментів, присвячених покращенню властивостей та розширенню області застосування крохмальних реагентів.

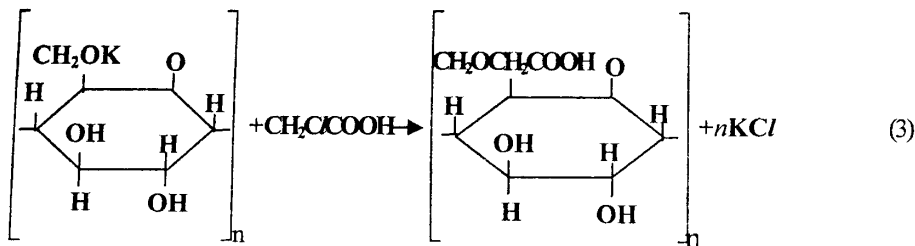
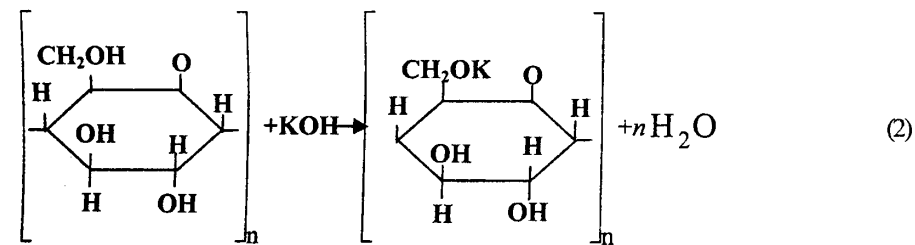
Відомо, що крохмальні реагенти мають низьку термостійкість (100-120°C), нерозчинні у воді і піддаються деструкції.

Для підвищення термостійкості, бактерицидної стійкості та покращення розчинності крохмальних реагентів пропонується до молекули крохмалю привити карбоксиметильну групу у ході реакції мерсеризації (формула (2)) та етерифікації (формула (3)). Для розщеплення молекули крохмалю застосовано реакцію мерсеризації, внаслідок якої отримано лужний крохмаль, а з метою прививки карбоксиметильної групи у ході реакції етерифікації лужний крохмаль оброблено монохлороцтовою кислотою (МХОК), внаслідок чого отримано карбоксильний крохмальний реагент (ККР) [5].

Для вибору оптимального співвідношення між ЕКР, КОН та МХОК за критерій взято розчинність кінцевого продукту. За результатами лабораторних досліджень за оптимальне співвідношення вказаних вище компонентів прийнято 10:3:1,25.

В подальшому було проведено лабораторні дослідження з визначення ефективної концентрації, термостійкості та оцінки ефективності ККР за результатами яких встановлено, що ефективна концентрація становить 0,5%-0,7% сухого реагента від об'єму бурового розчину, термостійкість 140°C.

ККР значно ефективніший від ЕКР. Це пов'язано з тим, що його можна вводити до бурового розчину у сухому вигляді, а ЕКР – тільки у вигляді 8% водно-лужного розчину, термостійкість ККР збільшилась на 15-20 °C.



Одним із основних недоліків карбоксильного крохмального реагента (ККР) є те, що він понижуючи фільтрацію бурового розчину одночасно підвищує його умовну в'язкість. З цією метою проведено лабораторні дослідження з оцінки впливу хромпіку та гідрохінону під дією різних температур на зміну умовної в'язкості бурового розчину, за результатами яких

отримано позитивний ефект від застосування як хромпіку, так і гідрохінону, але враховуючи дефіцитність та високу вартість гідрохінону рекомендується застосовувати хромпик, оптимальна домішка якого становить 0,5-1% від об'єму бурового розчину.

Під час буріння свердловини колоїдний розчин крохмалю піддається фізичній, хімічній та біологічній деструкціям. Процес деструкції відбувається у результаті розриву хімічних зв'язків в головному ланцюгу макромолекули, утворюючи макрорадикали. Вільні макрорадикали можуть за певних обставин ініціювати реакцію деструкції.

В дисертаційній роботі висвітлено дослідження, пов'язані із управлінням процесом деструкції колоїдного розчину крохмалю, тобто під час буріння свердловини сповільнити процес деструкції крохмалю, а під час освоєння продуктивних горизонтів – штучно спричинити деструкцію крохмалю, зруйнувавши кольматаційний екран і відновивши первинну проникність продуктивного горизонту.

Для цього проведено лабораторні дослідження впливу різних хімічних речовин на процес деструкції 10% водного розчину крохмалю, які умовно було поділено на дві групи:

1) інгібітори деструкції колоїдного розчину крохмалю, або, як їх ще по-іншому називають, антиферментатори чи антисептики, які запобігають ферментативній деструкції під час буріння свердловин;

2) ініціатори ферментації колоїдного крохмального розчину або ферментатори, які прискорюють процес деструкції під час освоєння продуктивних горизонтів.

Інгібіторами деструкції ЕКР використовували хлорне вапно, Кристал-1000, пергідрат сечовини та формалін, а ініціаторами ферментації – пекарські дріжджі та амілокс.

За результатами експериментальних досліджень з вивчення впливу антиферментаторів на час деструкції 10% водного розчину ЕКР та їх ефективність, встановлено, що найефективнішим антисептиком крохмалю є формалін, однак через його токсичність рекомендується застосовувати пергідрат сечовини. На рис. 1 наведено графічну залежність часу деструкції ЕКР від концентрації пергідрату сечовини, з якої бачимо, що ефективна концентрація становить 1,5-2% від об'єму бурового розчину, одноразова обробка яким пригнічує деструкцію протягом 39 діб [6].

Під час проникнення у продуктивний горизонт крохмаль адсорбується на поверхні пор, викликає їх звуження, а за великої концентрації – кольматацию продуктивного горизонту. У цьому випадку для відновлення первинної проникності під час освоєння свердловини запропоновано штучно ініціювати деструкцію та зруйнувати полімерну плівку в порах продуктивного горизонту. Ініціаторами деструкції крохмалю можуть слугувати світло, ультразвук, тепло, хімічні речовини, бактерії тощо.

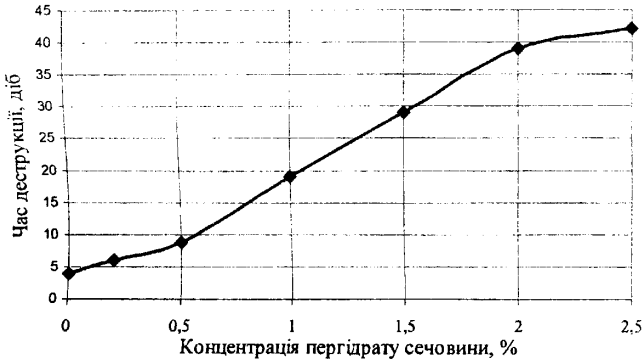


Рис. 1. Вплив пергідрату сечовини на деструкцію 10% водного розчину ЕКР

Для прискорення часу деструкції під час освоєння свердловин ефект отримано від застосування дріжджів та амілоксу, проте через низьку термостійкість дріжджів (до 60°C) рекомендуємо застосовувати амілокс, який за концентрації 1-1,5% від маси ЕКР призводить до його деструкції вже через 2 доби після введення у розчин [6], що підтверджується графічними залежностями, наведеними на рис. 2.

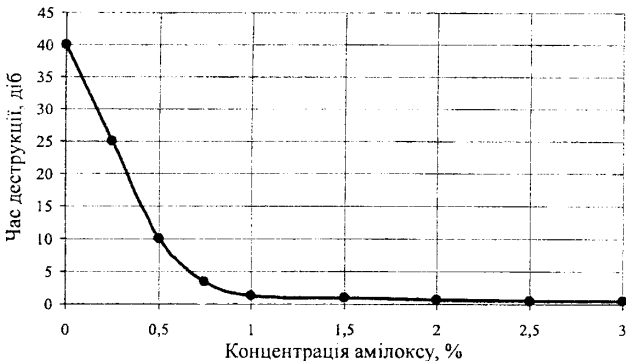


Рис. 2. Вплив амілоксу на деструкцію 10% водного розчину ЕКР

У четвертому розділі наведено результати впровадження безглинистого крохмально-калієвого бурового розчину та карбоксильного крохмального реагента на родовищах Прикарпаття.

Розроблено рекомендації для приготування безглинистого крохмально-калієвого бурового розчину, які регламентують технологію приготування та регулювання параметрів бурового розчину. Рекомендації передано в УкрНДІгаз ДК «Укргазвидобування» для впровадження під час проектування свердловин

для Стрийського ВБР та подальшому використанні його під час первинного розкриття продуктивних горизонтів.

Рекомендації містять інформацію про сферу застосування БККР, його компонентний склад. Розроблено технологію приготування розчину у лабораторних та промислових умовах, акцентовано особливості його приготування у промислових умовах. Детально розроблено послідовність регулювання технологічних параметрів розчину під час буріння свердловин та забезпечення очищення розчину від вибуреної породи. Окрім цього, в рекомендаціях розроблено вимоги безпеки та охорони довкілля відповідно до діючих галузевих нормативних документів.

Промислові впровадження карбоксильного крохмального реагента проводилися на свердловинах №28 Солотвинська, №2 Буцівська та №12 Бабченська Стрийського ВБР, які у геоморфологічному відношенні належать до Карпатської нафтогазоносною провінції.

Випробування карбоксильного крохмального реагента на свердловині № 28 Солотвинська було проведено під час буріння під першу проміжну колону в інтервалі 1200-1450 м, де застосовували хлоркалієвий буровий розчин; на свердловині № 2 Буцівська - під час буріння під проміжну колону в інтервалі 875-1125 м, де застосовували гуматно-акрилово-калієвий буровий розчин; на свердловині №12 Бабченська – під час буріння під хвостовик в інтервалі 1500-1710 м, де застосовувався соленасичений буровий розчин.

На оптимальну концентрацію хімічних реагентів у буровому розчині значно впливають температура, мінералізація, вміст твердої фази. Зі збільшенням температури і мінералізації витрата хімреагента зростає. За високого вмісту твердої фази значні домішки понижувача фільтрації призводять до загущення бурового розчину, тобто збільшення його умовної в'язкості.

Перед обробкою бурових розчинів було виміряно їх густину, умовну в'язкість, показник фільтрації, статичне напруження зсуву, товщину фільтраційної кірки та показник рН.

Ефективну концентрацію для обробки бурових розчинів було уточнено шляхом експериментальних досліджень, для проведення яких відібрано проби бурових розчинів, до яких додавали ККР у кількості від 0,5% до 1% від об'єму бурового розчину в перерахунку на суху речовину. Об'єм бурового розчину, взятий для кожної із проб однаковий і становить 1 л.

Під час проведення лабораторних досліджень встановлено, що ефективна концентрація ККР становить 0,7%, що сприяє зменшенню фільтрації бурових розчинів приблизно удвічі, умовної в'язкості – в 1,25-1,4 рази.

Після визначення ефективної концентрації проводили обробку бурових розчинів ККР та контролювали основні параметри розчину, які наведено у табл. 3.

Параметри бурових розчинів, оброблених ККР

№ свердловини,	Інтервал, м	Тип бурового розчину	Параметри бурових розчинів						
			ρ , кг/м ³	T, °C	θ_1/θ_{10} , дПа	Φ_{30} , см/30хв	K, мм	П, %	pH
родовище № 28 Солотвинська	1200-1450	Хлоркалієвий	1360	45	15/2 5	5	1,5	1,0	9
№ 2 Буцівська	875-1125	Гуматно-акрилово-калієвий	1120	48	20/30 5	5	1,0	1,0	9
№ 12 Бабченська	1500-1710	Соленасичений	1200	50	30/4 5	6	1,5	1	9

За результатами дослідження впливу ККР на параметри бурового розчину та техніко-економічні показники буріння проводився порівняльний аналіз.

Після обробки бурового розчину ККР на свердловині №28 Солотвинська в інтервалі буріння 1200-1450 м, на свердловині № 2 Буцівська в інтервалі буріння 875-1125 м та на свердловині № 12 Бабченська в інтервалі буріння 1500-1710 м встановлено, що під час застосування ККР загущення бурового розчину не спостерігалось, фільтрація знизилась удвічі, $CH_{3I/10}$ коливалось в межах норм, зазначених в ГТН. Під час буріння в цих інтервалах частота оброблення бурового розчину ККР, а також сумарна витрата хімічного реагента на 1 м проходки була нижчою, порівняно з КМЦ.

Окрім того, під час розкриття засолених глин та ангідритів не спостерігалось погіршення параметрів бурового розчину та знизилась інтенсивність коагуляції.

Механічна швидкість буріння зросла на свердловині № 28 Солотвинська порівняно з механічною швидкістю на свердловині № 23 Солотвинська з 1,1 м/год до 1,4 м/год за умови збереження параметрів режиму буріння; механічна швидкість буріння на свердловині № 2 Буцівська зросла порівняно з механічною швидкістю на свердловині № 1 Буцівська з 1,12 м/год до 1,35 м/год за умови збереження параметрів режиму буріння; механічна швидкість буріння зросла на свердловині № 12 Бабченська порівняно з механічною швидкістю на свердловині № 8 Бабченська з 1,23 м/год до 1,39 м/год за умови збереження параметрів режиму буріння.

Збільшення механічної швидкості буріння пов'язане зі зниженням структурно-механічних властивостей бурового розчину і вмісту твердої фази.

Сумарний економічний ефект від впровадження ККР на 3 свердловинах Стрийського ВЕР становить 11 тис. 642 грн., що підтвердило ефективність

реагента при розбурюванні інтервалів, ускладнених осипаннями, обвалами стінок свердловини, коагуляцією бурового розчину.

ВИСНОВКИ

Дисертація є закінченою науково-дослідною роботою, в якій на підставі результатів теоретичних та експериментальних досліджень розв'язана актуальна задача з підвищення якості розкриття продуктивних горизонтів, яка спрямована на збереження первинної проникності колекторів.

1. Проаналізовано гірничо-геологічні умови та типи бурових розчинів, які застосовують для первинного розкриття продуктивних горизонтів Прикарпаття, на підставі чого обґрунтовано необхідність розробки рецептур нових безглинистих бурових розчинів на основі вітчизняних реагентів полісахаридної природи, які забезпечать збереження первинної проникності продуктивних горизонтів.

2. На основі експериментальних лабораторних досліджень розроблено новий безглинистий крохмально-калієвий буровий розчин, головною особливістю якого є низька фільтрація, відсутність глинистої фази, високі інгібуючі властивості та низький показник рН, що сприяє зменшенню кольматації продуктивного горизонту і одночасному збереженню його первинної проникності.

3. Запропоновано технологію первинного розкриття пористих та частково-тріщинуватих продуктивних горизонтів за рахунок застосування безглинистого крохмально-калієвого бурового розчину з одночасною кольматацією колекторів кислоторозчинними наповнювачами за допомогою удосконаленого кольматуючого пристрою.

4. Розроблено карбоксильний крохмальний реагент (ККР) для пониження фільтрації бурових розчинів, який отримано прививкою карбоксиметильної групи до макромолекули крохмалю у результаті реакцій мерсеризації та етерифікації, який володіє підвищеною термостійкістю, розчинний у воді, стійкий до ферментативної деструкції. Ефективна концентрація ККР становить 0,5-0,7 %.

5. Досліджено вплив інгібіторів деструкції та ініціаторів ферментації на бактерицидну стійкість ЕКР у ході лабораторних досліджень, на основі чого запропоновано інгібітором деструкції пергідрат сечовини, ефективна концентрація якого становить 1,5-2% від маси ЕКР, що дозволяє запобігти деструкції протягом 39 діб під час буріння свердловини та ініціатором деструкції рекомендовано застосовувати амілокс, ефективна концентрація якого становить 1-1,5% від маси ЕКР, одноразова обробка яким ініціює деструкцію протягом 2 діб від моменту введення його у буровий розчин під час освоєння свердловин для відновлення первинної проникності продуктивних горизонтів.

6. Розроблено рекомендації для приготування безглинистого-крохмально-калієвого бурового розчину за результатами виконаних досліджень, які передано до впровадження в УкрНДІгаз ДК «Укргазвидобування», м. Харків.

Промислові впровадження ККР на родовищах Стрийського ВБР підтвердило його ефективність (підвищення ТЕП буріння, зниження частоти обробок бурового розчину, запобігання ускладнень) під час буріння в інтервалах, схильних до обвалів, осипань стінок свердловини, коагуляції бурового розчину. Сумарний економічний ефект від впровадження становить 11 тис. 642 грн., який досягнуто за рахунок меншої вартості ККР порівняно з КМЦ, зниження ефективної концентрації та зниження транспортних витрат.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Бейзик О.С. Буровий розчин для якісного розкриття продуктивних горизонтів/ О.С. Бейзик, М. І. Оринчак // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. – 2009. – № 1 (30). – С. 88-92.

2. Патент 42746 Україна, МПК⁵ С 09 К 8/02. Безглинистий крохмально-калієвий буровий розчин / М.І. Оринчак, О.С. Бейзик – № 200812657; заявл. 29.10.2008; опубл. 27.07.2009. Бюл. № 14.

3. Оринчак М.І., Аналітичний спосіб визначення кількості кальцинованої соди для осадження іонів кальцію/ М.І. Оринчак, О.С. Бейзик // Нафтова і газова промисловість. – 2009. – № 3. – С. 14-15.

4. Патент 48621 Україна, МПК⁵ Е 21 В 33/138. Пристрій для кольматації тріщин у продуктивному горизонті / М.І. Оринчак, Я.С. Коцкулич, О.С. Бейзик, О.І. Кирчей – № 200910337; заявл. 12.10.2009; опубл. 25.03.2010. Бюл. № 6.

5. Патент 28686 Україна, МПК⁵ С 09 К 8/02. Карбоксильний крохмальний реагент / М.І. Оринчак, О.С. Бейзик, М.М. Оринчак – № 200704897; заявл. 03.05.2007; опубл. 25.12.2007. Бюл. № 21.

6. Бейзик О.С. Регулювання термінів деструкції екструзивного крохмалю / О.С. Бейзик, М.І. Оринчак // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. – 2010. – № 1 (34). – С. 149-154.

АНОТАЦІЯ

Бейзик О.С. Підвищення якості розкриття продуктивних горизонтів на родовищах Прикарпаття. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.06 – Розробка нафтових та газових родовищ. - Івано-Франківський національний технічний університет нафти та газу, Івано-

Франківськ, 2011.

Дисертацію присвячено проблемі підвищення якості розкриття продуктивних горизонтів на родовищах Прикарпаття завдяки розробці та впровадженню рецептури безглинистого крохмально-калієвого бурового розчину, нових хімічних реагентів та застосування інгібіторів деструкції та ініціаторів ферментації крохмалю.

На підставі аналізу гірничо-геологічних умов, типів бурових розчинів та огляду літературних джерел зроблено висновок про необхідність розробки рецептури бурового розчину на основі вітчизняних хімічних реагентів з такими характеристиками, які б забезпечували збереження первинних фільтраційних властивостей колекторів.

Проведено теоретичні та лабораторні дослідження, на підставі яких розроблено рецептуру безглинистого крохмально-калієвого розчину (БККР). Досліджено технологічні властивості, вивчено вплив температури та інших чинників на властивості БККР. Проведено серію лабораторних експериментів з дослідження впливу інгібіторів деструкції на ферментативну стійкість крохмальних реагентів під час буріння свердловини та ініціаторів ферментації на руйнування структури молекули крохмалю під час освоєння свердловин. Запропоновано спосіб розкриття тріщинуватих продуктивних горизонтів з низькими пластовими тисками.

Виконано теоретичні та експериментальні дослідження з покращення властивостей крохмальних реагентів, у результаті яких отримано карбоксильний крохмальний реагент (ККР), який розчинний у воді, термостійкий та стійкий до ферментативної деструкції.

Розроблено рекомендації на приготування безглинистого крохмально-калієвого розчину, які передані для промислового впровадження. Проведено промислові випробування ККР під час буріння свердловин на родовищах Стрийського ВБР, які підтвердили його ефективність під час регулювання параметрів бурових розчинів.

Ключові слова: буровий розчин, реагент, безглинистий крохмально-калієвий буровий розчин, ініціатори ферментації, інгібітори деструкції, карбоксильний крохмальний реагент.

АННОТАЦИЯ

Бейзык О.С. Повышение качества вскрытия продуктивных горизонтов на месторождениях Прикарпатья. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.15.06 – Разработка нефтяных и газовых месторождений. – Ивано-Франківський національний технічний університет нафти та газу, Івано-

Франківськ, 2011.

Диссертация посвящена проблеме повышения качества вскрытия продуктивных горизонтов на месторождениях Прикарпатья благодаря разработке и внедрению рецептуры безглинистого крахмально-калиевого бурового раствора, новых химических реагентов, а также применения ингибиторов деструкции и инициаторов ферментации крахмала.

Проведен анализ горно-геологических условий вскрытия продуктивных горизонтов, свидетельствующий о преобладающем наличии в разрезе месторождений низкопроницаемых коллекторов с низкой пористостью и пластовыми давлениями, характеризующимися коэффициентами аномальности пластовых давлений примерно равными 1,02-1,09. Коллекторы нефти и газа на месторождениях Прикарпатья представлены песчаниками и алевролитами, цементирующим материалом которых является глинистый минерал монтмориллонитового типа с обменной емкостью 35-50 мг.екв/100 г и глинистостью 20-24%.

Анализируя типы буровых растворов, чаще всего применяющихся при вскрытии продуктивных горизонтов, сделан вывод, что их основными недостатками являются наличие глинистой составляющей, относительно высокий показатель фильтрации (около 8-10 см³/30 мин.), наличие реагентов-полимеров, которые, адсорбируясь на поверхности пор и трещин, уменьшают их эффективный размер. Применение безглинистых биополимерных растворов улучшает качество вскрытия, но эти растворы владеют высоким показателем рН, что способствует набуханию материнских глин. Поэтому, учитывая проделанный анализ и обзор литературных источников, было определено направление научных исследований и выбраны составляющие раствора, а также сделан вывод о разработке рецептуры бурового раствора на основании отечественных химических реагентов с такими характеристиками, которые обеспечат сохранение первичных фильтрационных свойств коллекторов.

Проведены теоретические и лабораторные исследования, на основании которых разработана рецептура безглинистого крахмально-калиевого раствора (БККР), главной особенностью которого является формирование структуры раствора за счет комбинации концентрированного водного раствора ЭКР и технического хлористого калия. Исследованы технологические свойства, изучено влияние температуры и других факторов на свойства БККР. Проведен комплекс исследований, связанный с изучением влияния разработанного раствора на коллекторские свойства продуктивных горизонтов, в результате которого установлено, что коэффициент восстановления проницаемости колеблется в пределах 0,95-0,98. Предложен способ вскрытия трещиноватых продуктивных горизонтов с низкими пластовыми давлениями.

Проведены теоретические и экспериментальные исследования по улучшению свойств крахмальных реагентов, в результате которых получен карбоксильный крахмальный реагент (ККР), растворимый в воде, устойчивый к

высоким температурам и ферментативной деструкции. Проведена серия лабораторных экспериментов по исследованию влияния ингибиторов деструкции на ферментативную устойчивость крахмальных реагентов при бурении скважин и инициаторов ферментации на разрушение структуры молекулы крахмала при освоении скважин.

Разработаны рекомендации на приготовление безглинистого крахмально-калиевого раствора, которые были переданы для промышленного внедрения. Проведены промышленные испытания ККР при бурении скважин на месторождениях Стрыйського ОБР, подтвердившие его эффективность при регулировании параметров буровых растворов.

Ключевые слова: буровой раствор, реагент, безглинистый крахмально-калиевый буровой раствор, инициаторы ферментации, ингибиторы деструкции, карбоксильный крахмальный реагент.

ABSTRACT

Beizyk O.S. Enhancement of the quality of productive reservoir opening (recovery) on the fields of the Precarpathia. – Manuscript

Thesis on gaining of scientific degree of the Candidate of Technical Sciences according to the major 05.15.06 – Development of Oil and Gas Fields. – Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, 2011.

The thesis is devoted to the enhancement of the quality of productive reservoir opening on the fields of the Precarpathia due to the development and introduction of the formula of clayless amylaceous-potassium drilling mud, new chemical reagents and application of the destruction inhibitor and initiator of starch fermentation.

Based on the analysis of mining and geological conditions, types of drilling mud and survey of literary sources a conclusion has been made of the necessity to develop drilling mud formulas on the basis of native chemical reagents which preserve primary reservoir filtration characteristics.

On the basis of conducted theoretical and laboratory research the formula of clayless amylaceous-potassium drilling mud (CAPDM) has been developed. Technological characteristics were investigated and influence of temperature and other factors on CAPDM properties were studied. A series of laboratory experiments have been conducted to study the influence of destruction inhibitors on the fermentation resistance of amylaceous reagents during the process of well drilling and influence of fermentation initiators on the destruction of starch molecule structure during the process of well development. A method is offered here how to open fractured productive reservoirs with low formation pressures.

Theoretical and experimental investigations directed to the improvement of amylaceous reagent properties were done and as a result of them carboxylic

amylaceous reagent has been received. It is dissolved in water, thermostable and resistant to the fermentation destruction.

The recommendations devoted to the preparation of clayless amylaceous-potassium drilling mud were developed and transferred to industry for the implementation. Industrial testing of carboxylic amylaceous reagent conducted during *drilling of wells on the fields of Stryy Drilling Department* has proved its efficiency in the regulation of drilling mud parameters.

Key words: drilling mud, reagent, clayless amylaceous-potassium drilling mud, fermentation initiators, destruction inhibitors, carboxylic amylaceous reagent