

622.248.3
В 19

ІВАНО – ФРАНКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ

ВАСИЛЬЧЕНКО АНАТОЛІЙ ОЛЕКСАНДРОВИЧ

.245.3+622,245.6(043)
УДК 622.248.3:622.244.442:66.067

В 19

УДОСКОНАЛЕННЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ МЕТОДІВ
ЗБЕРЕЖЕННЯ СТІЙКОСТІ СТІНОК СВЕРДЛОВИН
В ПРОЦЕСІ БУРІННЯ

05.15.10 - Буріння свердловин

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Ван

Івано - Франківськ - 2001

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Івано-Франківському державному технічному університеті нафти і газу, Міністерство освіти і науки України

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
МИСЛЮК Михайло Андрійович,
Івано-Франківський державний технічний університет нафти і газу, професор кафедри буріння нафтових і газових свердловин

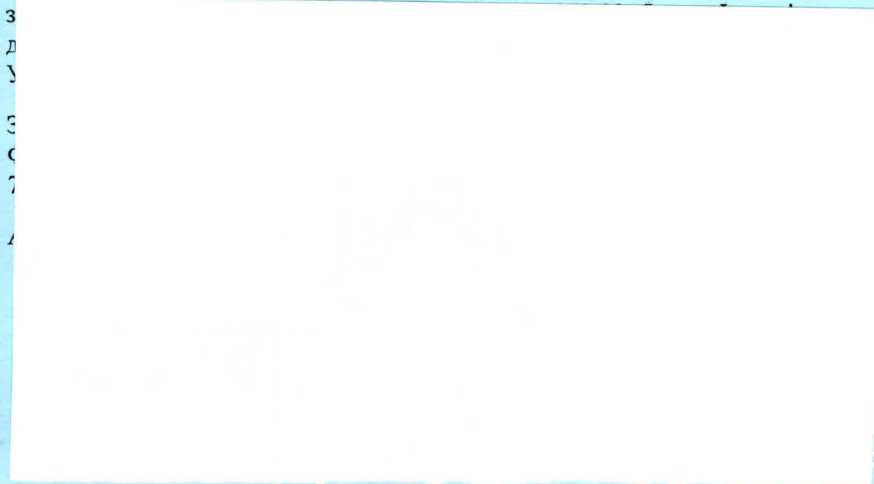
Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
ЧЕРНОВ Борис Олександрович,
Івано-Франківський державний технічний університет нафти і газу, завідувач кафедри фізики



кандидат технічних наук
ЛУЖАНИЦЯ Олександр Васильович,
Український державний геологорозвідувальний інститут,
Полтавське відділення, заступник директора з наукової роботи

Провідна установа: ВАТ "Український нафтогазовий інститут", Міністерство палива та енергетики, м. Київ.

Захист відбудеться " 05 " Вересня 2001 р. о 14³⁰ годині на



ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми дослідження. Подолання паливно - енергетичної кризи в Україні можливе за умови розширення обсягів розвідувального та експлуатаційного буріння, підвищення його техніко - економічних показників. Ускладнення та аварії, пов'язані з втратою стійкості стінок свердловин, є найбільшим негативним чинником, який впливає на техніко - економічні показники буріння. Наприклад, тільки по буровому управлінню "Укрбургаз" збитки, пов'язані з ліквідацією прихватів, головним чином обумовлених нестійкістю стінок свердловин, склали у 1998р. – 824 тис. грн і у 1999р. – 397 тис. грн.

Серед багатьох причин, які викликають руйнування стінок свердловин, чільне місце посідають ті, які зумовлені фізико – хімічною взаємодією бурових розчинів з гірськими породами. З самого початку усвідомлення фізико-хімічних причин руйнування стінок свердловин для вирішення проблеми стійкості залучались фундаментальні теоретичні положення фізичної хімії: осмос, капілярні явища, теорія іоннообмінних процесів і таке інше. В різні часи окремі аспекти даної проблеми вважались визначальними і їм надавалась особлива увага. На даний час фізико-хімічні методи збереження стійкості стінок свердловин недостатньо систематизовані. В той же час існує певний розрив між складом бурових розчинів і сучасними досягненнями фізичної хімії, а сама технологія застосування бурових розчинів залишається переважно емпіричною справою. Внаслідок цього інженери з бурових розчинів відчувають труднощі під час вибору рецептури і засобів впливу на фізико – хімічні процеси в системі "буровий розчин – привибійна зона свердловини" (БР – ПЗС).

Тому проблема систематизації і удосконалення фізико – хімічних методів збереження стінок свердловин в процесі буріння є актуальною і важливою для галузі.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана у відповідності з напрямком національної програми "Нафта і газ України до 2010 року" та тематикою науково – дослідних робіт ДК "Укргазвидобування".

Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності фізико – хімічних методів збереження стійкості стінок свердловин в процесі буріння. Досягнення поставленої мети пов'язане з вирішенням наступних завдань:

1 Розробка та обґрунтування емпірично-теоретичної моделі фізико – хімічного механізму ру

НТБ
ІФНТУНГ

ин.



2. Розробка способу оцінки осмотичних властивостей бурових розчинів і дослідження впливу хімічних реагентів на рівень осмотичних властивостей.

3. Розробка та удосконалення рецептур бурових розчинів з високими інгібуючими властивостями.

4. Промислове впровадження розроблених рецептур бурових розчинів та оцінка їх ефективності.

Об'єктом дослідження даної роботи є фізико-хімічні процеси в системі БР-ПЗС, які викликають руйнування стінок свердловини.

Предметом дослідження є самодовільний рух води в системі БР-ПЗС.

В роботі застосовувались наступні методи дослідження:

лабораторні експерименти з моделювання фізико-хімічних процесів;

теоретичний аналіз результатів лабораторних експериментів із залученням елементів синергетичного підходу.

Наукова новизна одержаних результатів. Запропонована і обґрунтована ентропоосмотична модель руйнування стінок свердловин, суть якої полягає у здатності рідин у системі БР-ПЗС самодовільно рухатись проти градієнта своєї структурної організованості (СО) у пори і тріщини гірських порід, викликаючи нагромадження механічних напружень і руйнування стінок. Запропоновано використовувати параметр діелектричної проникності для визначення інгібуючих (осмотичних) властивостей бурових розчинів. Із застосуванням нових теоретичних положень розроблено рецептури високоінгібуючих бурових розчинів, які впроваджені у виробництво.

Практичне значення одержаних результатів полягає у створенні принципів вибору рецептур бурових розчинів з рівнем інгібуючих властивостей, який забезпечує стійкість стінок свердловин. Вимірювання параметру діелектричної проникності в лабораторних умовах і на бурових дозволяє оперативно підбирати більш ефективні варіанти хімічної обробки інгібуючих бурових розчинів.

На основі запропонованих теоретичних положень розроблені нові рецептури високоінгібуючих бурових розчинів – вапняного і гуматноакрилокалієвого.

Впровадження цих бурових розчинів здійснювалось під час буріння глибоких свердловин у складних гірничо – геологічних умовах Дніпровсько – Донецької западини (ДДз), а також шельфів Баренцевого та Чорного морів, що забезпечило одержання значного економічного та технологічного ефекту.

Особистий внесок здобувача. Основні результати дисертації одержані здобувачем самостійно. Самостійно сформульована і експериментально підтверджена гіпотеза про ентропоосмос.

Спосіб визначення осмотичної активності бурових розчинів шляхом вимірювання діелектричної проникності і рецептури вапняного і гуматноакрилокалієвого бурових розчинів розроблені у співавторстві з В.А.Андрусівим, М.В.Боровиком, П.Г.Кулагінім, В.Л.Кушнар'овим, С.В.Локтевим, А.Г.Нагієвим, О.В.Саломатіною, В.М.Фільовим, В.Г.Фільом та Я.С.Яремійчуком.

Особистий внесок здобувача полягав у виборі напрямку проведення науковс-дослідних робіт, теоретичному аналізі одержаних результатів, організації впровадження нових рецептур бурових розчинів на бурових підприємствах.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи були викладені і обговорені на: V Республіканській конференції з фізикохімії, технології одержання і використання промивних рідин, дисперсних систем і тампонажних розчинів (м. Полтава, 1981), Всесоюзній науково-технічній конференції "Розкриття продуктивних горизонтів і освоєння нафтових свердловин" (м. Івано - Франківськ, 1982), Республіканській науково - технічній конференції " Актуальні науково - технічні проблеми підвищення швидкості буріння нафтових і газових свердловин в УРСР" (м.Полтава, 1982), VI Республіканській конференції з фізикохімії, технології одержання і використання промивних розчинів (м. Івано - Франківськ, 1985), VII Міжнародному конгресі з методології і філософії науки (м. Москва, 1987), II Всесоюзній науково - технічній конференції "Розкриття нафтогазових пластів і освоєння свердловин" (м. Івано - Франківськ, 1988), IV і V Міжнародних симпозіумах з методології математичного моделювання (м. Варна, 1988, 1990), I Всесоюзній науково-практичній конференції "Аномально високі пластові тиски і нафтогазоносність надр" (м. Ленінград , 1990), Міжнародній конференції "Розробка газоконденсатних родовищ" (м. Краснодар, 1990), Українсько - французькому симпозіумі " Конденсовані матеріали: наука і виробництво " (м. Львів, 1993), науково - практичній конференції "Нафта і газ України" (м. Київ, 1995), науково - практичній конференції "Нафта і газ України - 96 " (м. Харків, 1996), науково-практичній конференції "Проблеми і перспективи науково – технічного прогресу АТ "Укрнафта" в умовах ринку" (м. Івано – Франківськ, 1995), науково- практичній конференції професорсько – викладацького складу університету (м. Івано – Франківськ, 1996), Міжнародній конференції "Поверхневі сили" (м. Москва, 1996), 5 Міжнародній конференції "Нафта – газ України – 98" (м. Полтава, 1998),

Міжнародній конференції з колоїдної хімії та фізико – хімічної механіки (м. Москва, 1998).

У повному обсязі дисертація доповідалась на засіданнях кафедри буріння нафтових і газових свердловин ІФДТУНГ (травень 1999р., червень 2000р.).

Публікації. Основний зміст дисертації викладено в 44 наукових публікаціях, в тому числі 11 винаходах.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота містить вступ, чотири розділи, основні висновки та додатки і викладена на 134 сторінках машинописного тексту, з них 17 рисунків, 14 таблиць та список використаних джерел із 164 найменувань.

Автор щиро вдячний науковому керівнику професору М.А. Мислюку.

ЗМІСТ ПРАЦІ

В першому розділі проведений аналіз сучасного стану розвитку фізико-хімічних методів збереження стійкості стінок свердловин в процесі буріння.

Значний внесок у вивчення окремих фізико – хімічних явищ зробили такі видатні науковці, як П.О. Ребіндер, Б.В. Дерягін, Ф.Д. Овчаренко, М.М. Круглицький, А.Х. Мірзаджанзаде, Ю.О.Тарасевич, В.Ю.Третинник, М.В.Чураєв та інші. Зв'язок академічної науки з проблемами з гірничої справи плідно здійснювали Н.Г. Аветісян, В.С. Войтенко, С.М. Гамзатов, В.Д. Городнов, А.Г. Розенгафт, Б.Ф Рельтов, В.І. Рябченко, Л.О. Свіридов, М.К. Сеїд – Рза, В.Ю. Шеметов, Р.С. Яремійчук, В.Г. Ясов та інші дослідники. Визначальний вплив на погляди фахівців з буріння свердловин щодо фізико – хімічного механізму руйнування стінок зроблено американськими науковцями: Д. Андерсоном, С. Едвардсом, В. Вейсом, Дж. Грем, Г. Дарлі, Дж. Келлі, Т. Мондшайном, Дж. Сімпсоном та іншими.

В результаті розвитку фізико – хімії бурових розчинів протягом семидесяти років збереглися два основних напрямки, які були запропоновані на початку ХХ століття:

хімічне закріплення стінок свердловин шляхом використання вапняних бурових розчинів;

інгібування перетоків води в системі БР – ПЗС шляхом використання неорганічних електролітів і органічних понижувачів фільтрації.

Використання гідрофобізаторів стінок свердловин відіграє допоміжну роль при реалізації обох напрямків.

Аналізом сучасного стану проблеми збереження стінок свердловини в процесі буріння виявлено, що теоретичні уявлення про фізико – хімічні причини руйнування стінок дуже складні і суперечливі.

Складність і суперечливість їх полягає у тому, що науковці цілком логічно кожному фізичному полю, яке діє у системі БР – ПЗС, знаходили відповідне фізико – хімічне явище, яке певним чином впливає на перетоки у цій складній системі (рис. 1). Очевидно, що визначити, яким буде результуючий потік і як на нього ефективно впливати, представляє собою дуже складну проблему для фахівців.

Показано, що уявлення про механізм закріплюючої дії вапна та інгібуючої дії хлористого калію недостатньо обґрунтовані. Крім того, зазначено, що існуючі способи визначення осмотичних властивостей бурових розчинів довготривалі, не враховують ролі капілярно – пористого середовища гірських порід.

У другому розділі викладена гіпотеза про ентропоосмос, який відображає властивість рідини самодовільно рухатись проти градієнту її структурної організованості, тобто у тому напрямку, де рівень СО вищий [9,19]. Можлива фізична причина ентропоосмосу полягає у тому, що здійснення трансляційного стрибка молекули (або структурного елемента) рідини є більш ймовірним у той бік, де її структура більш ущільнена, впорядкована [4]. Можна також явище ентропоосмосу пояснити тим, що молекули втягуються у більш ущільнену область рідини дією міжмолекулярних зв'язків внаслідок більшої величини енергії та більшого терміну існування цих зв'язків [4,9].

Головною умовою виникнення ентропоосмосу є існування тривимірної мережі структурних міжмолекулярних зв'язків у рідині, по якій молекули одержують інформацію про напрямок руху (проти градієнту СО). Не тільки енергетична, але й інформаційна природа ентропоосмосу чітко проявляється під час дії позитивних та негативних зворотних зв'язків, які обумовлюють або виникнення високоорганізованих структур, або пониження ступеня організованості у системі [20].

Розглянуто прояв ентропоосмосу в таких фізико-хімічних явищах, як концентраційний, капілярний, термо- та електроосмос. Аналіз цих фізико-хімічних явищ здійснювали із залученням пізнавальних методів синергетики, а саме узагальненого синергетичного принципу, згідно з яким у системі закономірно відбувається самоорганізація речовини та енергії, якщо зовнішня дія викликає порушення стану рівноваги, обумовлює кооперативну (когерентну) поведінку елементів системи і при цьому переважає дія позитивного зворотного зв'язку [4,7,9,19,23,24].

На підставі того, що ентропоосмос виконує роль узагальненого фізико-хімічного явища в системі БР-ПЗС, розроблено ентропоосмотичну модель руйнування стінок свердловин [6,8,9,10,21,24], яка включає наступні положення:

Напрямки

дії градієнтів

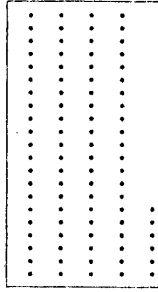
← grad T

grad H →

grad P →

grad C →

← grad τ



grad CO →

← Напрям самодовільного руху води

Фізичні поля

термічне

електричне

баричне

концентрації солей

"поверхневих" сил

Фізико-хімічні явища

термоосмос

електроосмос

набухання, розклинюючий тиск

концентраційний і капілярний осмос

капілярне всмоктування

Капілярно – пористе середовище гідрофільних гірських порід

Відбиття градієнтів фізичних полів у структурі води капілярно – пористого середовища

Рис. 1. Схема можливих напрямків самодовільного руху води у капілярно – пористому середовищі в залежності від дії різних фізичних полів

вода в системі БР-ПЗС рухається в пори і тріщини гірських порід, де рівень СО вищий;

згідно з узагальненим синергетичним принципом у привибійній зоні свердловини відбувається самоорганізація речовини та енергії, що призводить до нагромадження напружень;

коли напруження в масиві гірських порід досягають межі їх міцності, відбувається руйнування стінок.

Відомо, що найбільш небезпечними щодо осипання та раптового обрушування стінок свердловин є інтервали залягання аргілітів. Аргіліти відносять до практично непроникних порід. В той же час відомо, що їх руйнування відбувається швидше і інтенсивніше, якщо показник фільтрації перевищує певну межу. В такому випадку, в чому полягає роль показника фільтрації, якщо породи фільтраційно непроникні, і в чому взагалі особливість аргілітів?

Міжшаровий і міжтріщинний простір аргілітів є тим резервуаром, де нагромаджується тиск у водних прошарках. Навіть в монолітних кристалічних породах, розбитих субвертикальними системами тектонічних тріщин, зустрічають горизонтальні напруження, які можуть у 10-20 разів перевищувати напруження від ваги вищерозміщених гірських порід.

Механізм виникнення таких надвисоких напружень має фізико-хімічну природу [2,5,6,7,8,9,20,21,23,24]. Під час перетинання масиву гірських порід з превалюючою системою субвертикальних тріщин і відповідно надвисоких горизонтальних напружень свердловиною відбувається саморозширення ствола і його овалізація (рис.2). Напруження у водних прошарках превалюючої системи субвертикальних тріщин викликають відрив шматків породи уздовж вісі OO' і стиснення по осі NN' . Коли свердловина перетинає гірський масив, в якому площина головної системи тріщин або площина нашарування сильно відрізняється від горизонтального або вертикального напрямку, то відбувається утворення жолоба.

У гірських породах, у яких існує переважаюча система тріщин (або шаруватість, як у аргілітів), внаслідок протікання ентропоосмотичних процесів виникають анізотропні напруження, які обумовлюють овалізацію ствола та жолобоутворення (див.рис. 2).

У зв'язку з тим, що в процесі руйнування стінок свердловин і жолобоутворенні переважають фізико-хімічні причини, то для боротьби з ними необхідно застосовувати фізико-хімічні способи. Серед засобів такого роду зниження показника фільтрації, наприклад, призводить до збільшення СО води, гальмування ентропоосмотичного перетоку у тріщини аргілітів.

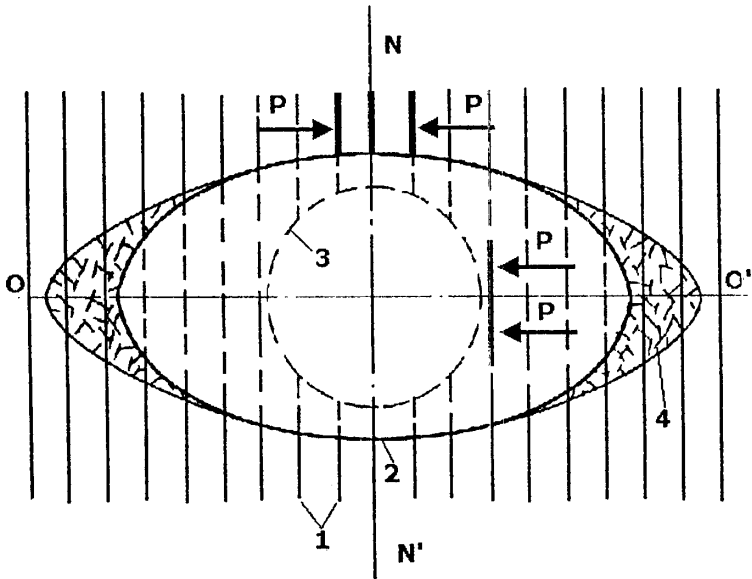


Рис. 2. Схема ентропоосмотичного механізму руйнування стінок свердловини у гірському масиві з превалюючою системою субвертикальних тріщин: 1 - система субвертикальних тріщин; 2 - еліпсоподібний контур свердловини; 3 - номінальний контур свердловини; 4 - зона передруйнування; P - високі горизонтальні напруження.

Таким чином зниження показника фільтрації зумовлює підвищення стійкості сланців, які фільтраційно непроникні.

Нами наведені результати вирішальних експериментів (*experimentum crucis*) з “негативного” осмосу, здійснених у водному та вуглеводневому середовищах з метою підтвердження гіпотези про ентропоосмос. Показано, що результати цих експериментів не можуть бути поясненими на засадах теорії Вант-Гоффа, але логічно витікають з теоретичних положень гіпотези про ентропоосмос.

Зроблена оцінка адекватності ентропоосмотичної моделі руйнування стінок свердловин, яка виявила її цілковиту спроможність. Продуктивність самої гіпотези про ентропоосмос додатково підтверджується тим, що на основі нових теоретичних положень можлива реалізація нових

технологічних процесів: способу довільного очищення рідин [16,17] та способу стиснення газів [18].

У третьому розділі на основі запропонованої ентропоосмотичної моделі дана класифікація фізико-хімічних методів збереження стійкості стінок свердловин [2,6,8,12,21]:

- 1) ізоляція стінки мало- або непроникним шаром (гідрофобізація, цементація, полімерне покриття і т.ін.);
- 2) підвищення рівня СО води в буровому розчині (підвищення густини, домішування колоїдних та полімерних речовин);
- 3) зниження рівня СО води в тріщинах і порах гірських порід привибійної зони (домішування неорганічних електролітів в буровий розчин).

В дисертації наведені результати лабораторних досліджень інгібуючих властивостей компонентів бурових розчинів. Результати цих досліджень і їх теоретичний аналіз дозволяє зробити наступні висновки:

з неорганічних компонентів бурового розчину найбільші інгібуючі властивості має гідроксид кальцію, за ним - хлористий калій [6,8,12];

інгібуюча дія вапна зростає зі збільшенням рН і температури [6,12];

при спільному використанні вапна і органічних колоїдів (лігносульфонатів) їх інгібуюча дія посилюється (ефект синергізму) [10].

Показано [6,12], що на відміну від моделей, запропонованих В.Вейсом, а потім Дж.Сімпсоном, інгібуюча дія гідроксида кальцію полягає у хімічній взаємодії з матеріалом стінок свердловини і утворенні в'язучої речовини. При цьому реакційно активними можуть бути не тільки іони кальцію, але і молекули і навіть колоїдні частинки гідроксида кальцію.

Посилення інгібуючої дії гідроксида кальцію у присутності лігносульфонатів потребує пояснення. Відомо, що згідно прийнятим системам класифікації хімічних реагентів для обробки бурових розчинів, лігносульфонати відносять або до диспергаторів, або до розріднювачів. Власні інгібуючі властивості лігносульфонатів оцінюються фахівцями невисоко. Проявлення синергетичного ефекту при спільному використанні вапна і лігносульфонатів можна пояснити наступним чином. Відомо, що при зрощуванні часток гідратів у жорсткий каркас розвиваються кристалізаційні тиски, які обумовлюють зниження міцності структури. Згідно працям П.О.Рєбіндера, в присутності лігносульфонатів нова фаза гідрата мінеральної в'язучої речовини утворюється у рентеноаморфній формі внаслідок адсорбційної стабілізації зародкової фази. Це обумовлює високу міцність структури при малій напруженості контактів, які утворюються.

Наведені результати досліджень свідчать, що гідроксид кальцію має найвищі інгібуючі властивості серед неорганічних речовин. В лабораторних умовах також досліджено (а в промислових умовах підтверджено), що під час застосування бурових розчинів на основі гідроксида кальцію внаслідок хімічних процесів утворення в'язучої речовини переривається гідродинамічний зв'язок між частинами системи БР-ПЗС.

Специфіка механізму та високий ступінь інгібуючої дії гідроксида кальцію дозволяють удосконалити технологію застосування вапняних систем бурових розчинів: вважати необов'язковим використання іонів калію та полімерів, а також від контролю рівнів СО в системі БР-ПЗС. Враховуючи виявлені особливості інгібуючої дії гідроксида кальцію були розроблені рецептури вапняних бурових розчинів [13,14], які, на відміну від вітчизняних та зарубіжних аналогів, мають не глинисту, а органічну колоїдну фазу. Застосування органічних колоїдних та твердих частинок надає вапняним буровим розчинам всі необхідні технологічні властивості навіть при повному їх насиченні сіллю і при високих вибійних температурах.

Показано [2,6,8,9,10,21], що інгібуюча дія іонів неорганічних солей полягає в тому, що вони проникають у порово-тріщинний простір гірських порід привибійної зони і руйнують там високовпорядковану структуру води, гальмуючи тим самим ентропоосмотичний потік. Перевага іонів калію (як і цезію, амонію тощо) як інгібіторів ентропоосмотичного потоку полягає в тому, що у гідратованому стані їх розмір відносно невеликий і вони здатні проникати у найтонші пори і тріщини гірських порід і захищати їх від надходження води та руйнування.

Відомо, що адсорбція іонів на поверхні мінералів відбувається згідно закону діючих мас, тобто пропорційно концентрації іонів. Тому вважається, що присутність сторонніх, крім калію, іонів шкодить процесу інгібування. Це обумовлювало використання калієвих систем, не забруднених іонами натрію, що призводило до застосування дорогих калієвих лугів замість натрієвих.

Спираючись на запропонований механізм інгібування гірських порід іонами калію, наведений вище, можна спростити хімічну обробку калієвих бурових розчинів, оскільки іони калію у тонких тріщинах поза конкуренцією, і "забруднення" розчину іонами натрію не знижує ефекта інгібування. Це підтверджує і повсякденна практика буріння свердловин.

У розвиток ентропоосмотичної моделі руйнування стінок свердловин запропоновано використовувати для оцінки осмотичних (інгібуючих)

властивостей бурових розчинів один з структурно-чутливих параметрів рідин - діелектричну проникність [2,11,12,13,21].

Те, що зміна структурно-чутливих параметрів - діелектричної проникності і густини - добре корелюють з вимірами осмотичного тиску, можна бачити з результатів, наведених у табл.1. Більш впорядкована структура води у розчинах хлористого натрію забезпечує менші величини діелектричної проникності і більші величини густини, а також більше зростання осмотичного тиску при контакті через напівпроникну мембрану з водою, ніж розчини хлористого калію тих же концентрацій.

За даними табл.1 були обчислені коефіцієнти кореляції між осмотичним тиском і густиною $r_{pp} = 0,991$ (NaCl) і $r_{pp} = 0,995$ (KCl), а також між осмотичним тиском і діелектричною проникністю - $r_{pe} = -0,856$ (NaCl) і $r_{pe} = -0,849$ (KCl). Оцінки коефіцієнтів кореляції та дані табл.1 вказують на можливість використання діелектричної проникності як параметра, який характеризує рівень СО води.

Діелектрична проникність, на відміну від густини, є більш інформативним структурно-чутливим параметром у водних системах з вмістом різних хімічних реагентів.

Таблиця 2

Залежність структурно-чутливих параметрів водних розчинів від концентрації солей

Концентрація, мас %	Діелектрична проникність		Осмотичний тиск, МПа		Густина, кг/м ³	
	NaCl	KCl	NaCl	KCl	NaCl	KCl
1	71,2	80,8	0,78	0,61	1005	1004
5	49,3	50,4	4,1	3,1	1034	1029
7	40,1	43,5	5,9	3,8	1049	1043
10	31,8	36,7	9,1	6,5	1071	1063
20	19,9	22,1	24,6	15,6	1148	1133

Примітка. Дані з осмотичних тисків взяті з досліджень Ю.Й.Дитнерського.

Згідно ентропоосмосу, інгібуюча дія полімерів і органічних колоїдів в системі БР-ПЗС полягає не тільки в адсорбції на поверхні мінералів, а,

головним чином, у збільшенні структурної організованості води в буровому розчині [10]. Про зміну параметра CO води у розчинах полімерів, гуматів і лігносульфонатів можна простежити за зміною діелектричної проникності (табл. 2). Як видно з табл. 2, гумати і лігносульфонати структурують воду не гірше гідролізованого поліакриламід у або КМЦ-700.

Таблиця 2

Діелектрична проникність розчинів органічних полімерів і колоїдів

Порошкоподібна КССБ		Порошкоподібний ВЛР		Гідролізований ПАА		КМЦ – 700	
мас.%	ϵ	мас.%	ϵ	мас.%	ϵ	мас.%	ϵ
0,1	53,9	0,5	53,1	0,1	60,9	0,1	80,8
0,5	23,1	1	30,5	0,25	51,8	0,25	50,4
1	20,4	3	14,6	0,5	38,3	0,5	36,7
5	11,3	5	9,1	1,0	28,3	1,0	9,4

Діелектрична проникність не є адитивною величиною у випадку багатокомпонентного бурового розчину. Якщо органічні гідрофільні речовини, а також колоїдні глинисті частинки збільшують структурованість води в буровому розчині, то домішування неорганічних електролітів призводить до загального збільшення діелектричної проникності. Це ще раз демонструє властивість іонів неорганічних солей руйнувати гідратні шари навколо колоїдних частинок. Під час розробки рецептури бурового розчину параметр діелектричної проникності допомагає підібрати оптимальне співвідношення органічних і неорганічних речовин.

На основі результатів вимірювань діелектричної проникності розчинів органічних колоїдів, полімерів і неорганічних солей, а також їх композицій була розроблена рецептура високоінгібованого бурового розчину і запропонована для впровадження у промислових умовах.

На підставі того, що вода у тонких порах і тріщинах має діелектричну проникність $\epsilon < 4$, а в бурових розчинах неможливо понизити діелектричну проникність до рівня $\epsilon < 10$ без втрат технологічних властивостей, нами зроблено висновок, що вода в системі БР – ПЗС буде завжди самодовільно надходити у привибійну зону, коли гірські породи представлені глинами або аргілітами.

У четвертому розділі наведені результати впровадження високоінгібованих бурових розчинів двох типів – вапняного і гуматно-акрилокалієвого, розроблених з урахуванням запропонованих теоретичних концепцій про фізико-хімічні методи збереження стійкості стінок свердловин.

Вапняний буровий розчин застосовувався під час буріння надглибокої свердловини 800 Шебелинської в інтервалі 1360 - 3788 м, де мали місце несумісні умови буріння [11]. Внаслідок впровадження наших рекомендацій буріння було проведено без аварій і спуску додаткової обсадної колони.

В екологічно чистому варіанті вапняний буровий розчин застосовувався на шельфі Баренцевого моря [22], де внаслідок нестійкості стінок свердловини не добурювались до проектної глибини. Завдяки інгібуючим властивостям вапняного бурового розчину з'явилась можливість не тільки доводити свердловини до проектної глибини, але й здійснювати їх консервацію протягом багатьох місяців без втрати пробуреного інтервалу, не перекритого колоною. Буріння свердловин на Пролетарському ПСГ [4] показало, що вапняний буровий розчин зберігає проникність продуктивних пластів під час первинного розкриття і кріплення свердловин.

В даний час для буріння практично всіх глибоких свердловин на газ у ДДз запроєктовано застосування гуматноакрилокалієвого бурового розчину. Широке впровадження гуматноакрилокалієвого бурового розчину під час буріння свердловин у відкладеннях карбону дозволило знизити ступінь кавернозності ствола, а також витрати на хімічну обробку бурових розчинів. Так, тільки по Полтавському ВБР протягом 1998 - 1999 рр. одержано прибуток у розмірі 332,9 тис. грн. Під час застосування гуматноакрилокалієвого бурового розчину проводили також контроль за параметром діелектричної проникності.

ВИСНОВКИ

1. Запропонована гіпотеза про ентропоосмос, який відображає властивість рідини (розчинника) самодовільно рухатись проти градієнту структурної організованості. Теоретичний аналіз фізико – хімічних явищ (концентраційний, капілярний, електро- та термоосмос, капілярне підняття тощо) і результати вирішальних експериментів з "негативного" осмосу свідчать про те, що самодовільний рух рідини відбувається відповідно з гіпотезою про ентропоосмос.

2. На підставі того, що ентропоосмос виконує роль узагальненого фізико – хімічного явища в системі буровий розчин – привибійна зона свердловини,

розроблено ентропоосмотичну модель руйнування стінок свердловин, яка включає наступні положення:

вода в системі буровий розчин – привибійна зона свердловини рухається в пори і тріщини гірських порід, де рівень структурної організованості є вищий;

згідно з узагальненим синергетичним принципом у привибійній зоні свердловини відбувається самоорганізація речовини і енергії, що призводить до нагромадження напружень;

коли напруження у масиві гірських порід дорівнюють межі їх міцності, тоді настає руйнування стінок.

Оцінка адекватності ентропоосмотичної моделі руйнування стінок свердловин показала, що вона відповідає прийнятним у науці вимогам.

3. На основі проведених лабораторних досліджень встановлено, що параметр діелектричної проникності водних розчинів добре корелює з їх осмотичними тисками і може застосовуватись для визначення рівнів структурної організованості у системі буровий розчин – привибійна зона свердловини і складання рецептур високоінгібуючих бурових розчинів.

4. В результаті лабораторних досліджень визначено, що з неорганічних компонентів бурового розчину найбільші інгібуючі властивості має гідроксид кальцію, за ним – хлористий калій. При спільному використанні гідроксида кальцію та хлористого калію з органічними колоїдами – лігносульфонатами або гуматами – їх інгібуюча дія посилюється (ефект синергізму).

5. Запропоновані несуперечливі пояснення механізмів інгібуючої дії гідроксида кальцію та хлористого калію:

молекули і колоїдні частинки гідроксида кальцію утворюють з алюмінатами та силікатами гірських порід в'язучу речовину, яка заповнює пори та тріщини і закріплює стінки свердловини;

іони калію завдяки тому, що у гідратованій формі мають менший ніж інші катіони розмір, проникають у найтонші пори і тріщини гірських порід, руйнують там високовпорядковану структуру води, гальмуючи тим самим ентропоосмотичний потік.

6. Розроблені, досліджені в лабораторних умовах і впроваджені під час буріння свердловин рецептури вапняного та гуматноакрилокалієвого бурового розчину. В результаті впровадження вапняного бурового розчину виявлено:

- вапняний буровий розчин можна охарактеризувати як систему для буріння, коли в одному розрізі зустрічаються несумісні пласти – теригенні,

хемогенні, з аномально низькими пластовими тисками, чутливі до водного середовища;

- рецептури вапняного бурового розчину на основі органічної колоїдної фази витримують дію високих вибієних температур (до 150 ° С) без ускладнень при регулюванні технологічних параметрів;

- ізоляція продуктивних пластів непроникним шаром забезпечує повне збереження колекторських властивостей на стадії первинного розкриття і кріплення свердловини;

- рецептура вапняного бурового розчину не потребує використання імпортованих хімічних реагентів, а також нафти і токсичних речовин, що дозволяє характеризувати його як екологічно безпечний.

7. В результаті впровадження гуматноакрилокалієвого бурового розчину виявлено, що у порівнянні з базовим хлоркалієвим буровим розчином зростає стійкість стінок свердловин і зменшуються витрати на хімічну обробку бурових розчинів, а рецептура бурового розчину може включати хімічні реагенти тільки вітчизняного виробництва і призначена для широкого застосування на родовищах ДДз.

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ДИСЕРТАЦІЇ ОПУБЛІКОВАНІ У ПРАЦЯХ:

1. Васильченко А.А. Буровые растворы. Сорок лет работы лаборатории // Питання розвитку газової промисловості України. Вип. XXVI (ювілейний – до 40 – річчя УкрНДІгазу).- Харків: УкрНДІгаз, 1999. – С. 154 – 157.

2. Васильченко А.А. Напряжённое состояние горных пород и устойчивость стенок скважины // Нефтяная и газовая пром - сть. - 1987. - №2. - С. 25-27.

3. Васильченко А.А. Новая технология вскрытия продуктивных пластов и заканчивания скважин // Нефтяник. - 1994. - №3. - С. 41.

4. Васильченко А.А. Основные положения теории самопроизвольного движения жидкостей // Питання розвитку газової промисловості України. Вип. XXVI (ювілейний – до 40 – річчя УкрНДІгазу).- УкрНДІгаз: Харків, 1999. – С. 154 – 157.

5. Васильченко А.А. О роли энтропосмоса в образовании аномально высоких давлений // Азерб. нефт. хозяйство. - 1987. - №9. - С. 16-17.

6. Васильченко А.А. Пути повышения устойчивости стенок скважин // Газовая пром-сть. - 1984. - №12. - С. 27-28.

7. Васильченко А.А. Физико – химические процессы и самоорганизация вещества и энергии в геологических системах //

Питання розвитку газової промисловості України. - УкрНДГаз: Харків, 1998 р.. Випуск XXVI. – с. 23 – 33.

8. Васильченко А.А. Физико-химические процессы в системе буровой раствор - призабойная зона скважины и способы управления ими / ЭИ Газовая промышленность, сер.: Геология, бурение и разработка газовых месторождений. - ВНИИЭгазпром. - 1983. - N12. - С. 10-13.

9. Васильченко А.О. Ентропія, осмос і ентропоосмос, або Чому руйнуються стінки свердловин? // Нафтова і газова пром-сть. - 1995. - № 4.- С. 26 - 28.

10. Васильченко А.О., Локтев С.В., Боровик М.В., Яремійчук Я.С., Філь В.Г., Андрусак А.М. Захист стінок свердловини. Перегляд ролі реагентів // Нафт. і газова пром-сть. - 1998. -№3. - С.18 - 20.

11. Васильченко А.О., Фільов В.М., Філь В.Г., Нагієв А.Г. Досвід буріння надглибокої св. 800 Шебелинська у складних гірнично-геологічних умовах // Нафтова і газова пром-сть. - 1995. - N1. - С. 26-27.

12. Кулагин П.Г., Васильченко А.А., Саломатина Е.В. Известковые буровые растворы для укрепления стенок скважины // Газовая пром-сть. - 1985. - N2. - С.19.

13. Известковый буровой раствор Пат. РФ 1211274 РФ, МПК⁶ С 09 К 7/02. / П.Г.Кулагин, А.А.Васильченко, Е.В.Саломатина.(Украина). -- №356977; Заявлено 26.01.83; Опубл. 06.08. 1985. Бюл. №24. – 4 с.

14. Мінералізований буровий розчин: Декл. пат. 29756 А України, МПК⁶ С 09К 7/02. / А.О.Васильченко, М.В.Боровик, Я.С.Яремійчук (Україна).- №97052294; Заявлено 19.05.97; Опубл.15.11.2000, Бюл. №6-11.- 3 с.

15. Спосіб визначення осмотичної активності бурових розчинів: Декл. пат. 29773 А України, МПК⁶ С 09К 7/00, Е 21В 21/00./ А.О.Васильченко, С.В.Локтев, М.В.Боровик, Я.С.Яремійчук, В.Г.Філь (Україна).- №97062886; Заявлено 18.06.97; Опубл. 15.11.2000, Бюл. №6-11.- 4 с.

16. Устройство для самопроизвольной очистки воды от растворенных в ней солей: Пат. 2106187 РФ, МПК⁶ В 01 Д 61/00./ А.А.Васильченко (Украина). - №4812056/25; Заявлено 09.04.90; Опубл.10.03.98, Бюл. №7.- 5 с.

17. Спосіб довільного очищення рідини: Пат. 25309А України, МКІ В 01Д 61/00, В 01Д 12/00. / А.О.Васильченко (Україна).- №94127877; Заявлено 05.12.94; Опубл. 30.10.98, Бюл. №6.- 4 с.

18. Спосіб стиснення газів: Пат. 32922 України, МПК⁶ С 06 Д 5/00 ./ А.О.Васильченко (Україна).- №98073999; Заявлено 21.07.98; Опубл. 15.02.01; Бюл. №1.

19. Васильченко А.А. Новая модель осмоса и интенсификация процессов на полупроницаемых мембранах // В сб.: Тез. докл. Всес. научн. конф. "Повышение эффективности, совершенствование процессов и аппаратов химических производств". Том IV.- Харьков, 1985. - С. 73.

20. Васильченко А.А. Отражение и проявление информационной причинности в физико-химических и геологических процессах // В кн.: Тез. Докл. VII Междунар. Конгресса по логике, методологии и философии науки. - М.: Наука - 1987. - Том 2. - С. 193-195.

21. Васильченко А.О. Фізико-хімічна природа нагромадження напружень у гірських породах привибійної зони свердловин./ В зб.: Тези науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу університету.- Івано-Франківск: ІФДТУНГ - 1996.- С.7.

22. Кулагин П.Г., Васильченко А.А. Опыт промышленного применения экологически чистого бурового раствора при бурении на шельфе // В сб. трудов: Межд. конф. "Разработка газоконденсатных месторождений". - Краснодар.- 1990. - секция 2 "Вскрытие и крепление газоконденсатных скважин". - С. 26-27.

23. Vasilchenko A. About the source of the energy of spontaneous motions of liquids. - Abstracts of "International conference on colloid chemistry and physical-chemical mechanics". - (Moscow, Russia, 4- 8 october 1998).- P.117.

24. Vasilchenko A. The synergetical model of the disjoining pressure generation in fine - pored bodies.// Abstracts of 11 - th International conference "Surface forces". (Moscow, Russia, 25 - 29 june 1996).- p.148.

Анотація

Васильченко А.О. Удосконалення фізико – хімічних методів збереження стійкості стінок свердловин в процесі буріння. - Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.10 – буріння свердловин. - Івано – Франківський державний технічний університет нафти і газу, Івано – Франківськ, 2001.

Розроблено ентропоосмотичну модель руйнування стінок свердловин, яка полягає у тому, що вода у системі буровий розчин – привибійна зона свердловини внаслідок самодовільного руху проти градієнту своєї структурної організованості надходить у пори і тріщини гірських порід, утворює високоорганізовані структури в яких нагромаджується механічна енергія. Коли напруження перевищують дорівнюють межі міцності гірських порід, відбувається руйнування стінок свердловин. Запропоновано використовувати параметр діелектричної проникності для оцінки інгібуючих

(осмотичних) властивостей бурових розчинів під час їх розробки та застосування. Розроблені і успішно застосовуються рецептури високоінгібуєчих бурових розчинів – вапняного і гуматноакрилово-калієвого.

Ключові слова: буровий розчин, діелектрична проникність, інгібування, осмос, структурна організованість, градієнт, ентропоосмос.

Аннотация

Васильченко А.А.. Усовершенствование физико – химических методов сохранения устойчивости стенок скважин в процессе бурения. Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.15.10 – бурение скважин. – Ивано – Франковский государственный технический университет нефти и газа, 2001.

Диссертация посвящена вопросам совершенствования физико – химических методов предупреждения нарушения устойчивости стенок скважин. В диссертации разработана и обоснована гипотеза об энтропоосмосе, которая состоит в следующем: жидкость (растворитель) самопроизвольно движется против градиента своей структурной организованности (СО).

На основе гипотезы об энтропоосмосе предложена физико – химическая модель разрушения стенок скважины, которая состоит из следующих положений:

- вода в системе БР-ПЗС самопроизвольно движется в поры и трещины горных пород, где уровень СО более высокий;
- в соответствии с синергетическим принципом в призабойной зоне скважины происходит самоорганизация вещества и энергии, что обуславливает накопление напряжений;
- когда напряжения в массиве горных пород достигают предела прочности, происходит разрушение стенок.

Для предупреждения разрушения стенок скважин необходимо:

- понизить уровень СО воды в буровом растворе (использование коллоидов, полимеров);
- повысить уровень СО воды в порах и трещинах горных пород (использование неорганических электролитов);
- разорвать гидродинамическую связь между водой в буровом растворе и горных породах (известкование, гидрофобизация стенок скважины).

Предложено использовать параметр диэлектрической проницаемости для оценки уровня ингибирующих (осмотических) свойств буровых

растворов. Показано, что параметр диэлектрической проницаемости хорошо коррелирует с величинами осмотических давлений растворов солей.

Диэлектрическая проницаемость не является аддитивной величиной в случае многокомпонентных буровых растворов. Если органические гидрофильные вещества и коллоидные глинистые частицы увеличивают структурную организованность воды, то добавление неорганических электролитов приводит к общему увеличению диэлектрической проницаемости вследствие разрушающего действия на гидратные слои вокруг коллоидных частиц.

При разработке рецептур ингибированных буровых растворов параметр диэлектрической проницаемости можно использовать для подбора оптимальных соотношений органических и неорганических веществ.

Предложены непротиворечивые объяснения механизмов ингибирующего действия гидроксида кальция и хлористого калия:

молекулы и коллоидные частицы гидроксида кальция образует с алюминатами и силикатами горных пород вязущее вещество, которое заполняет поры и трещины и закрепляет стенки скважины;

ионы калия благодаря тому, что в гидратированной форме имеют меньший чем другие ионы размер, проникают в самые тонкие поры и трещины горных пород, разрушают там высокоорганизованную структуру воды, замедляя тем самым энтропоосмотический поток.

Разработаны рецептуры буровых растворов – известкового и гуматноакрилокалиевого.

Известковый буровой раствор на основе органической коллоидной фазы предназначен для бурения в условиях, когда в одном разрезе встречаются несовместимые пласты - терригенные, хемогенные, с аномально низкими пластовыми давлениями и чувствительные к водной среде. В экологически безопасном исполнении известковый буровой раствор может использоваться в морском бурении.

При разработке рецептуры гуматноакрилокалиевого бурового раствора учитывался параметр диэлектрической проницаемости. Гуматноакрилокалиевый буровой раствор имеет высокие ингибирующие свойства, а также термо- и солестойкость.

Промышленное применение известкового бурового раствора на основе органической коллоидной фазы и гуматноакрилокалиевого бурового раствора при бурении скважин в сложных горно – геологических условиях показало высокую их эффективность.

Ключевые слова: буровой раствор, ингибирование, осмос, структурная организованность, градиент, энтропоосмос.

Summary

Vasylchenko A.O. The improvement of physical – chemical methods of well wall stability preservation during drilling process. – Manuscript.

Thesis for a Candidate Degree by speciality 05.15.10 – well drilling. – The Ivano – Frankivsk State Technical University of Oil and Gas, Ivano – Frankivsk, 2001.

There has been worked out the entropoosmotic model of borehole wall instability which consist in the following statements: 1) water spontaneously moves in the opposite direction to the gradient of water structural organization from drilling fluids into pores and fractures of rocks and causes increase of pressure; 2) well walls break down when entropoosmotic pressure goes over a limit of rock strength.

There is proposed the parameter of dielectric permeability for evaluation of inhibitive (osmotic) property of drilling fluids.

There has been designed the systems of lime – based and lignite – acryl – potassium – based drilling fluids and introduced in gas industry.

Key words: drilling fluids, dielectric permeability, osmosis, structural organization, gradient, entropoosmosis.



as1063