

Відкрите акціонерне товариство "Український нафтогазовий інститут"

На правах рукопису

УДК 622.276. 17:(532.5+519.2)+622.245.5

**БОЙКО РОСТИСЛАВ ВАСИЛЬОВИЧ**

**РЕГУЛЮВАННЯ РОЗРОБКИ НАФТОВИХ РОДОВИЩ  
ЗАСТОСУВАННЯМ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ СВЕРДЛЮВИН**

Спеціальність 05.15.06 - Розробка та експлуатація  
нафтових і газових родовищ

**Автореферат**  
**дисертації на здобуття наукового ступеня**  
**кандидата технічних наук**

Київ - 1996

ДВ 54.750

Дисертація є рукописом.

Робота виконана у Відкритому акціонерному товаристві "Український нафтогазовий інститут"

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор,  
академік УНГА

Зарубін Юрій Олександрович  
(м. Київ)

кандидат технічних наук,  
академік УНГА

Єгер Дмитро Олександрович  
(м. Київ)

Провідна організація - підприємство "Долинанафтогаз" АТ "Укрнафга"  
(м. Долина Івано-Франківської обл.)

Захист дисертації відбудеться "22" травня 1996 р. о 10 год.  
на засіданні спеціалізованої вченої Ради Д.01.46.01 по захисту дисертацій на  
здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук при Відкритому  
акціонерному товаристві "Український нафтогазовий інститут"  
(АТ "УкрНГІ") за адресою: 252142, Україна, Київ, пр. Палладіна, 44.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці АТ "УкрНГІ"

Автореферат розіслано "19" квітня 1996 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої Ради,  
доктор технічних наук

В.М.Світлицький

ЛННБ України ім.В.Стефаника



00754380 (R)

## ВСТУП

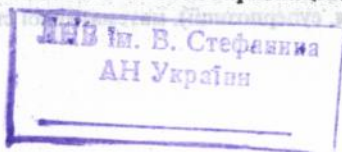
Актуальність теми. Україна власною нафтою забезпечена по використанню лише на 13,5%, а мінімальні потреби оцінюються в 30-35 млн. т нафти. У найближчі роки видобуток нафти становитиме 4-5 млн.т, а у перспективі він збільшиться до 6,5-7,8 млн.т, що забезпечить 20% щорічних потреб України.

Це передбачається здійснити за рахунок інтенсифікації видобутку нафти застосуванням різних методів регулювання на розроблюваних родовищах, залучення до розробки родовищ, які з причин низької продуктивності, малих запасів і територіальної віддаленості від виробничих баз не експлуатуються або законсервовані, а також активного освоєння шельфів Чорного і Азовського морів. Вважається, що великого ефекту в бурінні та експлуатації свердловин і родовищ можна сподіватися за умови, зокрема, розробки наукових і технічних проблем, пов'язаних з бурінням похилих та горизонтальних свердловин у різних геолого-промислових умовах, згущення при економічній доцільності сітки експлуатаційних свердловин.

В основу нашої роботи покладена ідея розкриття найбільш провідних фільтраційних каналів і тріщин та залучення до розробки застійних об'ємів ("ціликів") залишкової нафти в низькопроникних і неоднорідних (чи тріщинувато-пористих) покладах, в тектонічно ізольованих пластах-покладах при блоковій будові родовища меншою кількістю горизонтальних і похилих свердловин, тобто "ущільненням" сітки свердловин шляхом просторового скерування їх стовбурів у продуктивному об'ємі порід.

З застосуванням горизонтальних свердловин виявляється новий і перспективний напрям регулювання розробки і дорозробки нафтових родовищ, а також освоєння морських і суходольних родовищ, у т. ч. і з малими запасами.

Це пояснюється, як свідчить накопичений досвід світової практики, підвищеними дебітами горизонтальних свердловин із зменшенням питомих витрат, досягненням більш високої екологічної чистоти виробництва.



Сьогоднішній стан економіки України потребує в науковому і практичному аспекті в першу чергу теоретичного обґрунтування технологічної доцільності як буріння нових горизонтальних свердловин, так і забурювання горизонтальних і похилих стовбурів у вертикальних, особливо малодобітних, аварійних, недіючих чи раніше ліквідованих, свердловинах.

**Мета роботи** - теоретично обґрунтувати метод регулювання розробки нафтових родовищ застосуванням горизонтальних свердловин.

**Основні задачі дослідження.**

1. Дослідити гідродинаміку припливу нафти до горизонтальних свердловин, врахувавши просторове розміщення стовбурів свердловин відносно структурних елементів покладу, геометричні форми пласта, анізотропію проникності, явище інтерференції та аномальні властивості нафти і колектора; встановити технологічну доцільність і умови ефективного застосування горизонтальних свердловин.

2. Дати гідродинамічну оцінку впливу кута нахилу додатково забурених у вертикальних свердловинах стовбурів на приплив нафти при форсуванні відборів із покладу з метою підвищення ефективності його розробки.

3. Кількісно оцінити імовірність розкриття (перетину) горизонтальними та іншого профілю свердловинами різних систем тріщин і охоплення "ціликів" нерухомої нафти по площі та в тектонічно ізольованих пластах-покладах при блоковій будові родовища.

4. Розробити методології добурювання свердловин на поклад та їх експлуатації після прориву води по високопровідних тріщинах.

5. Розробити способи і технології освоєння і підвищення продуктивності багатовибійних свердловин.

Поставлені задачі вирішувались застосуванням методів підземної гідромеханіки (методи фрагментів, ізотропізуючої деформації простору, відображення, суперпозиції), математичної статистики та теорії імовірностей.

### Наукова новизна роботи.

1. Одержано нові розв'язки прикладних задач підземної гідрогазомеханіки та розрахункові залежності припливу нафти до горизонтальних свердловин у шарово-неоднорідному теригенному пласті кругової і смугоподібної форм, із яких після істотних спрощень отримуються як часткові випадки відомі формули В.П.Пилатовського, Ю.П.Борисова, В.Г.Григулеського, А.М.Пірвердяна, І.А.Чарного. Виведено вперше формули дебітів горизонтальних свердловин у тріщинувато-пористому недеформівному просторово анізотропному та тріщинуватому деформівному пластах кругової форми, а також у просторово анізотропному овальному пласті. Вперше вивчено інтерференцію горизонтальних свердловин, досліджено приплив аномальної нафти до горизонтальної свердловини.

2. Вивчено гідродинамічну характеристику форсованої роботи похилої і багатовибійної свердловин при регулюванні дорозробки нафтових родовищ, а також вплив інерційних сил на їх роботу.

3. З позицій теорії геометричних імовірностей науково обгрунтовано метод кількісної оцінки імовірності розкриття тріщин продуктивного пласта свердловинами різних профілів і одержано залежності для розв'язування обернених задач по визначенню відстаней між мегатріщинами та обгрунтуванню профілів свердловин в межах продуктивного пласта.

4. Вперше з позицій детермінованого підходу і теорії імовірностей розроблено методи оцінки імовірностей гідродинамічного зв'язку між продуктивними пластами при блоковій будові родовищ та оцінки імовірностей охоплення горизонтальною і похилою свердловинами об'ємів застійної нафти по площі і в тектонічно ізольованих пластах.

5. Вперше розроблено імовірнісно-статистичні моделі управління станом привибійної зони при проводці горизонтальних і вертикальних свердловин, при розкритті пористого і тріщинувато-пористого пластів, а також при експлуатації свердловин, коли мають місце прориви витісняючого агенту.

6. Розроблено нові способи і технології освоєння і підвищення продуктивності основного і додаткового стовбурів багатовибірної свердловини дією на привибірну, міжвибірну і міжсвердловинну зони пласта.

#### **Практична цінність роботи.**

Одержані в роботі результати досліджень створюють гідродинамічну базу для розробки, проектування і ефективного застосування технологій видобутку нафти із неоднорідних низькопроникних покладів, що базуються на застосуванні горизонтальних свердловин.

Отримані точні і наближені залежності дають змогу розраховувати і вивчати комплексний вплив просторового розміщення різної довжини стовбурів свердловин відносно структурних елементів покладу і тензора проникності, тріщинуватості колектора, його деформаційної здатності, аномальних властивостей нафти і режимів відбору рідини на величину поточного дебіту та ефективність вилучення застійної нафти.

При аналізі процесу розробки родовища з блоковою будовою запропонований метод оцінки імовірностей гідродинамічного зв'язку між продуктивними пластами блоків дає змогу виявляти об'єми застійної нафти.

Запропонована імовірнісно-статистична модель управління станом привибірної зони при проведенні свердловини дозволяє оцінити якість свердловини за величиною надійності та технологічну якість роботи бурового підприємства, а також визначити градієнти тисків розриву пласта і нафтогазопросявів з апіорі заданою надійністю.

Із імовірнісно-статистичної моделі управління станом привибірної зони при закачці у свердловину робочих рідин одержано залежність, що дає змогу оцінити практично допустиму концентрацію дисперсної системи. Встановлена теоретична залежність збільшення критичної швидкості потоку дисперсної системи з ростом концентрації дозволяє управляти процесом тампонування тріщин.

### **Реалізація роботи.**

Результати дисертаційної роботи використані при виконанні госпдоговірної тематики за №№ Г-11/92, Г-13-3/92, 116/94, 139/94, 222/93, 662/90 і ДШ-2 в науково-дослідному інституті нафтогазових технологій Івано-Франківського державного технічного університету нафти і газу, частина з яких у вигляді технологічної інструкції передана ВАТ "Укрнафта", а також включені у типові програми і використовуються у навчальному процесі (лекції, курсове і дипломне проектування) при вивченні курсів "Підземна гідрогазомеханіка", "Свердловинний видобуток нафти", "Технологія видобутку нафти", "Підземний (поточний і капітальний) ремонт свердловин" студентами спеціальності 7.09.03.07 (колишній шифр 09.07) - Розробка та експлуатація нафтових і газових родовищ, включені в програму післядипломного навчання за спеціальністю 09.07.01/02.05 "Підземний (поточний і капітальний) ремонт свердловин". Практичні розробки і рекомендації з закачки дисперсних систем і підвищення продуктивності свердловин використані на підприємствах АТ "Укрнафта". Результати досліджень можуть бути використані іншими організаціями, які займаються проектуванням і реалізацією процесів видобутку нафти і газу.

**Апробація роботи.** Основні положення дисертаційної роботи і її окремі розділи доповідались на ряді конференцій і семінарів:

- на міжнародній науково-практичній конференції "Проблеми і шляхи енергозабезпечення України" (м.Івано-Франківськ, 7-10 грудня 1993 р.);
- на науково-практичній конференції "Нафта і газ України" (м.Київ, 17-19 травня 1994 р.);
- на науково-практичній конференції "Стан, проблеми і перспективи розвитку нафтогазового комплексу Західного регіону України" (м.Львів, 28-30 березня 1995 р.);
- на науково-практичній конференції "Проблеми науково-технічного прогресу АТ "Укрнафта" в умовах ринку" (м.Івано-Франківськ, 27-29 вересня 1995 р.);

- на науково-технічній конференції професорсько-викладацького складу Івано-Франківського інституту нафти і газу (м.Івано-Франківськ, 1994 р.) та Івано-Франківського державного технічного університету нафти і газу (м.Івано-Франківськ, 1995 р.).

Матеріали за темою дисертації доповідались також при захисті звітів про науково-дослідні роботи в ІФДТУНГ (1992-1994 рр.) і в АТ "Укрнафта".

В повному обсязі дисертаційна робота доповідалась на розширеному науково-технічному семінарі в АТ "УкрНГ" (квітень, 1996 р.).

**Публікації.** За результатами досліджень, які викладені в дисертації, опубліковано 21 роботу. Частина матеріалу подана в 7 звітах про господарську науково-дослідну роботу з грифом "Для службового користування".

**Структура і обсяг роботи.** Дисертація складається із вступу, 6 розділів, загальних висновків, списку використаної літератури із 214 найменувань на 20 сторінках. Зміст роботи викладено на 178 сторінках машинописного тексту, робота включає 98 рисунків і 6 таблиць.

## ЗМІСТ РОБОТИ

**Вступ.** У вступі обґрунтована актуальність досліджуваної проблеми і подана коротка характеристика роботи.

**Перша глава** присвячена розгляду сучасного стану вивчення проблеми регулювання розробки нафтових родовищ на основі застосування горизонтальних свердловин.

Вперше проблема регулювання розробки нафтових родовищ сформульована в 1974 р. на сесії Наукової ради з проблем розробки нафтових родовищ АН і Центральної комісії з розробки нафтових родовищ. Пізніше виробилося поняття про методи регулювання розробки нафтових

родовищ як про види технологічної дії на родовища і його об'єкти без зміни системи розробки (Б.Т.Баїшев).

Одним із перспективних методів регулювання є застосування горизонтальних і похилих свердловин з форсуванням технологічних режимів їх роботи. Вважається, що ущільнення сітки вертикальних свердловин слід розглядати як виправлення детерміновано прийнятої в проектних документах сітки свердловин (В.М.Щелкачов), коли про неоднорідність покладу і властивості флюїдів є скупа інформація, а треба підібрати сітку свердловин, яка найбільш адекватно відповідала б конкретному об'єкту розробки. Форсований відбір рідини дає змогу збільшити або стабілізувати поточний видобуток нафти і підвищити нафтовидучення із неоднорідних пластів. За даними багатьох дослідників (М.І.Бучковська, В.С.Іванишин, Є.М.Довжок, Ю.М.Смук, І.І.Музичко та інш.) ущільнення сітки вертикальних свердловин на низькопроникних і неоднорідних покладах Передкарпаття та форсування режимів роботи свердловин позитивно впливає на інтенсивність розробки покладів і вироблення запасів нафти. За результатами розробки родовищ ефективність методу ущільнення сітки вертикальних свердловин пов'язується із неоднорідністю порід, блоковою будовою родовищ і тріщинуватістю колектора. На основі матеріалів аерокосмічних зйомок, сейсморозвідки, буріння, термогазохімічних досліджень (П.Ф.Шпак, В.В.Бабаєв та інш.) на ряді родовищ виявлені зони мезотріщинуватості, яким відповідають малоамплітудні диз'юнктивні дислокації, що утруднюють газогідро-динамічний обмін між розділованими блоками або повністю їх ізолюють. Теоретичні дослідження з цього питання не виявлені.

Гідродинамічні дослідження впливу кута нахилу свердловин (включно з переходом у горизонтальне положення) виконано рядом дослідників. Розглядалась фільтрація ньютонівської рідини за лінійним законом Дарсі до одної похилої, ряду похилих, багатовибійної і одної горизонтальної свердловин у шаровому (гранично анізотропному) пласті, а також до

вертикальних досконалих тріщин. Теорію припливу однорідної ньютонівської рідини до вертикальної досконалої тріщини (аналог горизонтальної свердловини в тонкому пласті) розробив В.П.Пилатовський. І.А.Чарний і А.М.Пірвердян розглядали приплив рідини до горизонтальної свердловини нескінченної довжини у смугоподібному пласті. З.С.Алієв і В.В.Шеремет визначали дебіт горизонтальних газових свердловин у смугоподібних пластах. В технічній літературі для визначення дебіту горизонтальної свердловини, яка розміщена в круговому пласті, відомі формули S.Joshi, Renard і Dupuy, Ю.П.Борисова, В.Г.Григулецького. Ю.П.Борисов вивів формулу методом еквівалентних фільтраційних опорів, а В.Г.Григулецький, здійснивши формальну заміну, трансформував її до анізотропного пласта.

Промисловий досвід застосування похилих, багатовибірних і горизонтальних свердловин підтвердив їх високу технологічну і економічну ефективність. Так, дебіти горизонтальних свердловин у 3-5 разів вищі, в порівнянні з вертикальними свердловинами. Вартість перших горизонтальних свердловин на родовищі може в 3-4 рази перевищувати вартість вертикальних, а після освоєння технології буріння вартість наступних свердловин всього на 30-50% перевищує вартість вертикальної свердловини. Ефективними з гідродинамічних і економічних позицій, особливо в початковий період, виявились багатовибірні, т. зв. розгалужено-горизонтальні, свердловини на Бориславському і Долинському нафтових родовищах (Н.Н.Гунька, В.Й.Михалевич та інші). З горизонтальним стовбуром пробурено свердловини № 321 на Хрещищенському ГКР (на глибині 4005 м, зенітний кут  $80^\circ$ , відхилення від вертикалі 839 м) та 1-Донбас. Їх ефективність зумовлюється зв'язаністю порід-колекторів по розрізу, проникнісною неоднорідністю, анізотропією, тріщинуватістю тощо.

В нафтогазовидобувній галузі США і ряду провідних зарубіжних країн на сьогодні (починаючи з 1986 р.) сформувалась стійка тенденція неухильного росту обсягів буріння горизонтальних свердловин. За оцінками

зарубіжних авторів до 2000 року щорічно планується бурити біля 10 тис. горизонтальних свердловин, 25-30% із них буде багатовибійними. Приймаються законодавчі акти з правового тлумачення відповідних термінів, з розширення наукових і виробничих робіт.

В результаті виконаного аналізу попередніх робіт сформульовано основні задачі дисертаційних досліджень.

Друга глава - прикладні задачі підземної гідрогазодинаміки горизонтальних свердловин.

Літолого-стратиграфічні особливості родовищ (шарове залягання порід, тріщинуватість тощо) враховано за допомогою тензора. Головні осі тензора проникності - це три напрямки, які характеризуються колінеарністю векторів швидкості і градієнту тиску в анізотропних пластах.

Розв'язано задачі усталеної фільтрації нафти в круговому горизонтальному пласті до горизонтальної свердловини, яка розміщена на довільній відстані від покрівлі пласта. Прийнято для розгляду теригенний шарово-неоднорідний вертикально анізотропний пласт, тріщинувато-пористий недеформівний просторово анізотропний пласт, а також деформівний тріщинуватий пласт. Введено поняття коефіцієнтів анізотропії пласта по проникності в горизонтальній ( $k_r$ ) та у вертикальній ( $k$ ) площинах і відповідно горизонтальну  $k_r$  і просторову  $k$  проникності ізотропних середовищ. Узагальнену формулу дебіту горизонтальної свердловини стосовно до кругового тріщинуватого деформівного просторово анізотропного пласта одержано у вигляді:

$$Q = \frac{2\pi k_r h (1 - e^{-\alpha \Delta p})}{\mu \alpha (\ln \varphi_1 + \tau \ln \varphi_2)},$$

а як частковий випадок стосовно до недеформівного тріщинуватого чи пористого пласта її записано так:

$$Q = \frac{2\pi k_r h \Delta p}{\mu (\ln \varphi_1 + \tau \ln \varphi_2)},$$

де  $Q$  - дебіт;  $k_T = \sqrt{k_x k_y}$ ;  $h$  - товщина пласта;  $\alpha$  - реологічний параметр;  $\Delta p$  - перепад тиску;  $\mu$  - динамічна в'язкість нафти;  $\tau = \kappa h / 4L$ ;  $\kappa = \sqrt{k_T / k_z}$ ;  $k_x, k_y, k_z$  - проникності вздовж просторових осей  $X, Y, Z$ , які співпадають з основними осями тензора проникності;  $L$  - довжина горизонтальної свердловини (в продуктивному пласті);  $\varphi_1 = 16 R_x \kappa_T / [(\pi L + 16h)(1 + \kappa_T)^2]$ ;  $R_x$  - радіус кругового контура живлення пласта;  $\kappa_T = \sqrt{k_x / k_y}$ ;

$$\varphi_2 = \left( \operatorname{ch} \frac{4\pi}{\kappa} - \cos \frac{\pi r_c}{h} \right) \cdot \left[ \operatorname{ch} \frac{4\pi}{\kappa} - \cos \frac{\pi(2\delta - r_c)}{h} \right] \cdot \left\{ \left[ 1 - \cos \frac{\pi r_c}{h} \right] \cdot \left[ 1 - \cos \frac{\pi(2\delta - r_c)}{h} \right] \right\}^{-1};$$

$r_c$  - радіус свердловини;  $\delta$  - відстань від покрівлі пласта до осі свердловини.

Опускаючи в знаменнику доданок  $\ln \varphi_1$ , одержимо формули дебіту горизонтальної свердловини у смугоподібному анізотропному пласті з двостороннім контуром живлення.

Із цих формул після значних спрощень отримуються, як часткові випадки, відомі розв'язки В.П.Пилатовського, Ю.П.Борисова, В.Г.Григульського, А.М.Пірвердяна, І.А.Чарного.

Виконано аналіз ефективності та умов доцільного застосування горизонтальних свердловин. Зокрема, при  $L > 70$  м і  $h = 50$  м горизонтальна свердловина стає ефективнішою вертикальної свердловини в ізотропному пласті. Довжина горизонтальної свердловини повинна перевищувати товщину пласта, особливо у високоанізотропних пластах. Із збільшенням  $L$  до 100-300 м дебіт різко зростає, а подальше збільшення  $L$  призводить практично до прямолінійного росту дебіту. Формули Ю.П.Борисова, В.П.Пилатовського, В.Г.Григульського дають кратне завищення дебіту, особливо при малих значеннях  $L$  і великих значеннях  $\kappa$  і  $h$ . Коли ставиться умова одержання найбільшого дебіту, то горизонтальна свердловина повинна бути розміщена перпендикулярно до осі, вздовж якої проникність є найбільшою. Застосування однієї горизонтальної свердловини (по товщині пласта) є неефективним у товстих (понад 50 м) і високоанізотропних ( $\kappa > 10$ )

пластах. Якщо депресія тиску становить 1 МПа, то дебіт свердловини в деформівному пласті складає біля 65-90% від дебіту в недеформівному пласті при  $\alpha = (2-10) \cdot 10^{-7} \text{Па}^{-1}$ , що необхідно враховувати при будівництві та підготовці свердловини до експлуатації.

Розв'язано задачу для випадку, коли довжина свердловини співставима з довжиною великої осі овального покладу. Формула дебіту зведена до попереднього вигляду з заміною  $\ln \varphi_1$  на  $2\pi\lambda/L$ , де  $\lambda$  - відстань між контурами галереї і живлення пласта.

Розглянута технологічна доцільність застосування двох паралельних і однаково напрямлених горизонтальних свердловин для розкриття високоанізотропних пластів великої товщини на основі розв'язання задачі інтерференції горизонтальних свердловин у круговому і смугоподібному пластах.

Досліджено вплив неньютонівських, в'язко-пластичних властивостей нафти на фільтрацію до горизонтальних свердловин у просторово анізотропних пластах, що важливо при вилученні об'ємних "ціликів" застійної, малорухомої нафти. На основі розв'язування задачі цей вплив виражається збільшенням втрат тиску в пласті на величину

$$\alpha_c \tau_0 k_T^{-0.5} \left[ \frac{2R_x \sqrt{\kappa_T}}{1 + \kappa_T} - \frac{(\pi L + 16h) \cdot (1 + \kappa_T)}{8\pi \sqrt{k_T}} \right],$$

де  $\alpha_c$  - структурний коефіцієнт;  $\tau_0$  - динамічне напруження зсуву нафти.

В третій главі здійснено гідродинамічний розгляд регулювання дорозробки нафтових родовищ добурюванням нових стовбурів і форсуванням режимів роботи свердловин.

В існуючих вертикальних (у першу чергу в малодобітних, аварійних, недіючих чи раніше ліквідованих) свердловинах у процесі капітального ремонту можна забурити нові похилі чи горизонтальні стовбури, а це вже слід розглядати як ущільнення сітки свердловин на пізніх стадіях розробки, яке стосовно до малопрониких неоднорідних колекторів зумовлює

інтенсифікацію нафтовидобутку. Технологія відновлення таких свердловин відпрацьовується в даний час на підприємстві "Чернігівнафтогаз". Для вилучення запасів залишкової і нерухокої нафти з неоднорідних пластів доцільно форсувати відбори рідини, що в умовах Передкарпаття підвищує видобуток нафти. У зв'язку з цим стосовно до умов форсування відборів нафти із застійних зон на стадії дорозробки родовищ розглянуто задачі і одержано формули припливу нафти до похилої і багатовибійної (з похилими стовбурами) свердловин за нелінійним законом у гранично анізотропному пласті, що дає нижню, важливішу з позицій практики, оцінку ефективності, відповідно у вигляді:

$$Q = A \left[ -\ln \frac{R_k}{r_c'} \left( 1 - \frac{R_{10}^2}{R_k^2} \right) + \sqrt{\ln^2 \frac{R_k}{r_c'} \left( 1 - \frac{R_{10}^2}{R_k^2} \right) + B} \right];$$

$$Q = A \left[ -\ln \frac{R_k^n}{nr_c' R_{10}^{n-1}} + \sqrt{\ln^2 \frac{R_k^n}{nr_c' R_{10}^{n-1}} + B} \right],$$

де  $Q$  - дебіт;  $A = \pi h \mu r_c' / (k_r b)$ ;  $r_c' = r_c (1 + \cos \theta) / (2 \cos \theta)$ ;  $R_{10} = R_0 + 0,5h \operatorname{tg} \theta$ ;  $b = 63 \cdot 10^{-12} \rho / (k_r / m)^{3/2}$ ;  $B = 4 b k_r^2 (p_{\text{гв}} - p_{\text{в}}) / (\mu^2 r_c)$ ;  $R_k, r_c$  - радіус відповідно контура пласта і свердловини (стовбура);  $\theta$  - zenітний кут нахилу стовбура;  $R_0$  - відстань від центра кругового пласта до точки входу свердловини в продуктивний пласт по його покрівлі;  $m, h, k_r$  - пористість, товщина, горизонтальна проникність пласта;  $n$  - число стовбурів;  $\rho, \mu$  - густина і динамічна в'язкість нафти  $p_{\text{гв}}, p_{\text{в}}$  - пластовий і вибійний тиски.

Показано, що величина кута нахилу свердловини чи стовбурів (в межах  $0-75^\circ$ ) дуже слабо впливає на дебіт, особливо при  $\theta < 45^\circ$  і  $k_r < 0,1$  мкм<sup>2</sup>. Зміна радіуса входу похилої свердловини в пласт по його покрівлі (в межах  $0-250$  м) практично не призводить до зміни дебіту. Похилу свердловину чи похилі стовбури можна замінити вертикальними свердловинами, які розміщені на відстані  $R$  від центра кругового пласта. Із збільшенням числа стовбурів дебіт кожного стовбура зменшується, хоч загальний дебіт

багатовибійної свердловини значно зростає. Але бурити більше 3-4 додаткових розгалужених стовбурів технологічно недоцільно.

Із збільшенням величини інерційного опору при форсуванні відбору нафти дебіт похило і багатовибійної свердловин різко зменшується, а при значеннях коефіцієнту фільтраційного опору  $b > (1-3) \cdot 10^{12}$  Па·с<sup>2</sup>/м<sup>3</sup> уже слабко залежить від коефіцієнту  $b$ . Наприклад, із зростанням депресії тиску понад 10 МПа для реальних значень інших параметрів зменшення дебіту із-за впливу інерційних сил перевищує 15-20%. Одержані формули є фізично більш обґрунтованими та справедливими при фільтрації як за лінійним, так і за нелінійним законами, що не потребує границь порушення останніх і дає підстави рекомендувати їх для практичного використання.

Окрім гідродинамічного розгляду виконано статистичний аналіз геолого-промислових даних по впливу кута нахилу на дебіт викривлених свердловин вигодського покладу Долинського нафтового родовища, які введені в експлуатацію в початковий період розробки покладу протягом 1957-1963 рр., коли є підстави вважати умови розкриття пласта і розробки покладу практично однаковими. Побудова полігону частот розподілу питомого середньодобового дебіту по всіх свердловинах показала, що ця статистична сукупність неоднорідна і складається із двох різних сукупностей свердловин відповідно з поперечними і поздовжніми відносно структури покладу проєкціями стовбурів у продуктивному пласті. Теоретичною обробкою цих даних встановлено, що друга сукупність має дебіти в 1,17 рази більші дебітів першої. Це можна пояснювати тріщинуватістю колектора, оскільки застійні "цілики" нафти не могли утворитися у початковий період розробки. Із збільшенням величини горизонтальної проєкції стовбура свердловини в продуктивному пласті зростає питомий дебіт. Свердловини в присклепінній частині покладу (в межах ізопіси - 2000 м) мають питомий дебіт в 1,69 рази більший дебіту решти свердловин з поперечною проєкцією стовбура, що те ж можна пояснювати тріщинуватістю пласта.

Четверта глава розкриває суть нового теоретико-імовірнісного методу визначення ефективності застосування горизонтальних свердловин для розробки і дорозробки нафтових родовищ.

Тріщинуватість порід зумовлює одержання високих чи промислово-допустимих дебітів нафти, хоч може призводити до передчасних проривів витісняючих агентів. Зважаючи на її двояку роль, з метою регулювання процесів нафтогазовилучення стосовно до конкретного (з імовірнісних позицій) просторового розміщення тріщин виконана оцінка імовірностей розкриття (перетину) вертикальних і похилих паралельних і взаємоперпендикулярних плоских тріщин вертикальними, горизонтальними, похилими, похило- і горизонтально-розгалуженими свердловинами. Задача реалізована у вигляді плоскої моделі, в якій тріщини представлені прямими, а свердловина - відрізком певної довжини (горизонтальною проекцією). В якості імовірнісної міри прийнято довжину. Наприклад, коли довжина горизонтальної свердловини (чи горизонтальної проекції похилої свердловини) є значно більшою відстані між тріщинами, то імовірність  $k$  перетинів представиться формулою:

$$P_k = \frac{2}{\pi} [(k+1)\varphi_{k+1} - 2k\varphi_k + (k-1)\varphi_{k-1}] + \frac{2L}{\pi l} (\cos\varphi_{k+1} - 2\cos\varphi_k + \cos\varphi_{k-1}),$$

де  $L$  - довжина горизонтальної свердловини;  $l$  - відстань між тріщинами;  $\varphi$  - кут між тріщиною і свердловиною, причому  $\varphi_k = \arcsin(kL/l)$ ;  $\varphi_{k+1} = \arcsin[(k+1)L/l]$ ;  $\varphi_{k-1} = \arcsin[(k-1)L/l]$ , а при  $k=n$  слід прийняти  $\varphi_{k+1} = \pi/2$ ;  $n=L/l$  - число повних інтервалів між тріщинами, які вкладаються на всій довжині  $L$  свердловини.

Реально тріщина по своїй довжині може мати розриви, особливо це стосується мікро- і макротріщин. Імовірність неперервності тріщини  $P_{\text{ім}}$  можна представити як частку, з якою одиниця довжини покривається тріщинами. Тоді з метою уточнення знайдені імовірності для названих вище випадків необхідно помножити на цю імовірність  $P_{\text{ім}}$ .

Одержані формули дали змогу, зокрема, встановити, що вертикальні мікротріщини (відстані між ними  $l$  становлять 0,01-0,1 м) вірогідно розкриваються вертикальними свердловинами. Імовірність розкриття макротріщин ( $l = 0,02 - 1,0$  м), які вибірково розвиваються по більш густій сітці мікротріщин, вже може зменшуватися до 0,2, а мегатріщин ( $l = 100-1000$  м) становить дуже малу величину ( $2 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 10^{-4}$ ), тобто вертикальні мегатріщини практично не розкриваються вертикальними свердловинами. Мегатріщини з високою надійністю розкриваються горизонтальними чи похилими свердловинами, коли відношення довжини горизонтальної проєкції свердловини до середньостатистичної відстані між тріщинами перевищує три. Аналіз оберненої задачі - визначення густоти тріщин у пласті - показує, що мегатріщини можуть розміщатися на відстанях 10-34 м при надійній імовірності 0,66, а це на порядок менше тих величин, які звичайно приймаються.

При розробці нафтових покладів можуть утворюватися застійні зони ("цілики") нафти. Використовуючи із теорії геометричних імовірностей метод розміщення на досліджувану ділянку випадкової прямої (січної), знайдено математичне очікування суми інтервалів довжини  $l_i$  перетину січної з "ціликами":  $M(\sum l_i) = P_n L$ , де  $P_n$  - частка площі "ціликів" від загальної площі родовища;  $L$  - довжина горизонтальної свердловини. Отже, з одної сторони, із збільшенням  $L$  зростає сумарна довжина перетину свердловини з "ціликами", а з другої, як показано у гл. 2, збільшується її дебіт, то горизонтальна свердловина на пізніх стадіях розробки забезпечує залучення до вироблення застійних об'ємів нафти в зонально-неоднорідних покладах. Це засвідчує досвід дорозбурювання Бориславського і Долинського родовищ розгалужено-горизонтальними свердловинами (В.Й.Михалевич, Н.Н.Гуцька та інш.) та Гнідинцівського і Леляківського родовищ (горизонт К-1) вертикальними свердловинами (Л.М.Середницький, Л.Е.Мірзоян та інш.).

За матеріалами аерокосмогеологічних та інших досліджень обґрунтовано блокові моделі родовищ (П.Ф.Шпак, В.В.Бабаєв), а за даними аналізу розробки блоків Долинського родовища розглянуто ефективність вироблення запасів окремих блоків та гідродинамічний зв'язок між ними (М.І.Бучковська, І.І.Музичко, Ю.М.Смук). Нами у зв'язку з цим вперше з позицій теорії геометричних імовірностей виконана кількісна оцінка можливостей літологічного і гідрогазодинамічного зв'язку між продуктивними частинами розрізів двох суміжних блоків та охоплення окремих блоків покладу вертикальними свердловинами і "хаотично" розподілених в об'ємі стратиграфічної структури блокових, тектонічно екранованих пластів -покладів похилими свердловинами. Одержано теоретичні залежності на основі детермінованого і стохастичного підходів.

В п'ятій главі виконано дослідження з управління станом привибійної зони пласта під час регулювання розробки нафтових родовищ застосуванням горизонтальних свердловин.

Розкриття фільтраційних каналів високої провідності (при орієнтації стовбура свердловини вздовж головної осі тензора з найменшою проникністю) забезпечує значне збільшення поточних дебітів, особливо в низькопроникних пластах з різко вираженою анізотропною неоднорідністю, а також дає змогу залучити до розробки об'єми застійної нафти. Однак, це можливе за умови збереження природної фільтраційної здатності привибійної зони. Досягнутий стан привибійної зони після проводки свердловини в інтервалі залягання продуктивного пласта визначає, по-перше, рівень виконання основних призначень свердловини, а саме: одержання найбільшого поточного відбору нафти і газу та забезпечення найбільшого коефіцієнту нафтогазовилучення. По-друге, названі призначення одночасно є технологічними критеріями регулювання розробки нафтових родовищ. Отже, управління фільтраційним станом привибійної зони забезпечує ефективне регулювання розробки нафтових родовищ.

З цих позицій вперше розроблена нова імовірно-статистична модель успішної і ефективної проводки свердловини, що дає змогу визначити межі зміни тиску на вибої свердловини, за якими із заданою надійністю можна уникнути аварійних ситуацій, пов'язаних з поглинанням бурового розчину пластом і з нафтогазопроявами, а саме:

$$P = P_n(G_e' < G_n') \cdot P_r(G_e'' > G_r'') = \{1 - F_2(G_e')\} \{1 - F_1(G_n')\} \cdot \{1 - F_2(G_r'')\} \{1 - F_1(G_e'')\},$$

де  $P$  - надійність успішної (без нафтогазопроявів -  $P_n$ ) та ефективної (без поглинання бурового розчину -  $P_r$ ) проводки свердловини;  $G_n, G_r, G_e$  - градієнти тиску нафтогазопроявів, гідророзриву пласта і на вибої свердловини;  $F_1(G_n), F_2(G_e), F_3(G_r)$  - функції статистичного розподілу  $G_n, G_e, G_r$ ; штрихи означають відповідні рівні  $G_n, G_e, G_r$ . Показано, коли користуватися середніми значеннями градієнтів тиску, то надійність є дуже низькою і практично недопустимою. Модель дає змогу розв'язати і обернену задачу знаходження градієнтів тиску з апіорі заданою надійністю, оцінювати якість свердловини за величиною надійності та технологічну якість (надійність відсутності аварій, пов'язаних з викидами і гідророзривами) роботи бурового підприємства.

Запропоновано імовірно-статистичну модель для визначення мінімально допустимої концентрації твердої фази в буровому розчині або максимально допустимої концентрації дисперсної фази в тампонуєчій каналі прориву води дисперсній системі чи у воді, що застосовується в системі підтримування пластового тиску (концентраційний критерій):

$$F_n N_3(c) \leq N_1(m),$$

де  $F_n = F_2(r) [1 - F_1(r_1)]$ ;  $F_1(r_1), F_2(r_2)$  - функції статистичного розподілу радіусів пор  $r_1$  і частинок  $r_2$  (певного рівня);  $N_3(c), N_1(m)$  - число частинок як функція концентрації  $c$  і число порових каналів як функція пористості  $m$ . Зокрема, стосовно до нормального закону розподілу пор і частинок допустима концентрація визначається за формулою:

$$c \leq \frac{4m}{3F_u} r_{20} (r_{20}^2 + 3\sigma_2^2) \sqrt{\frac{m}{\pi F_u (r_{10}^2 - \sigma_1^2)^3}}$$

де  $r_{10}$ ,  $r_{20}$  - математичні очікування  $r_1$  і  $r_2$ ;  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  - середньоквадратичні відхилення радіусів  $r_1$  і  $r_2$ .

Виконано гідродинамічне дослідження процесу кольматації тріщин як фізичного явища, в результаті чого одержано рівняння кінетики кольматації:

$$\frac{\partial \pi_1}{\partial \pi_3} = a_1 (1 - \pi_1) - a_2 \pi_1 \pi_2,$$

де  $\pi_1$ ,  $\pi_2$ ,  $\pi_3$  - симплекси геометричної і фізичної подібності та критерій гомохронності;  $a_1$ ,  $a_2$  - емпіричні коефіцієнти. В доповнення до відомих досліджень кольматації обгрунтовано новий симплекс структурної подібності  $\pi_4$ , що враховує співвідношення діаметру частинок і розкриття тріщин. Це дало змогу досягнути задовільного співпадання експериментальних даних В.С.Бойка та І.М.Купера з даними Ю.В.Желтова при рівноважних умовах і розширити область застосування цього рівняння кінетики. Вперше встановлена теоретична залежність збільшення критичної швидкості потоку дисперсної системи в тріщині з ростом концентрації твердої фази, що підтверджується експериментами Ю.В.Желтова і С.І.Кріль.

Шоста глава - розробка способів і технології освоєння і підвищення продуктивності основного і додаткового стовбурів розгалужено-горизонтальних свердловин.

Багатовибірні свердловини за конструкцією є кількох типів, а саме: всі розгалужені стовбури і основний стовбур обсаджені трубами, а в місцях їх з'єднання труби відсутні; основний стовбур від гирла до вибою обсаджений колоною труб, а розгалуження сполучені з ним перфораційними отворами; комбінація перших двох. Пробурені в Україні розгалужено-горизонтальні свердловини мають конструкцію другого типу. Це виключило можливість

здійснити промивку вибоїв у додаткових стовбурах відомими методами (спуском промивних труб), внаслідок чого додаткові стовбури на сьогодні практично не працюють, хоч у початковий період ефективно працювали за даними глибинної дебітометрії (наприклад, у свердловині № 350-Д).

Нами розроблено нові способи і технології освоєння додаткових стовбурів, підвищення продуктивності основного і додаткового стовбурів багатовибійних свердловин дією на їх привибійні, міжстовбурні (міжвибійні) чи міжсвердловинні зони. Суть технологій полягає в закачці реагентів чи очищуючих технологічних рідин через апріорі вибраний стовбур та в одночасному чи наступному вилученні відпрацьованих рідин і забруднюючих речовин із пласта і свердловини. Способи дають змогу забезпечити підвищення продуктивності апріорі вибраного стовбура і здійснювати контроль над тим, привибійна зона якого із стовбурів очищається від забруднень.

Для впровадження розроблених способів у виробництво за нашою участю укладена галузева технологічна інструкція.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Розроблено гідродинамічні та імовірісно-статистичні основи регулювання розробки нафтових родовищ застосуванням горизонтальних свердловин, що є сукупністю нових задач в теорії і технології видобутку нафти, розв'язок яких має важливе господарське значення в нафтовидобувній галузі економіки.

1. В основу роботи покладена ідея розкриття найбільш провідних фільтраційних каналів і тріщин та залучення до розробки застійних об'ємів нафти у "ціликах" і тектонічно ізольованих блоках просторовим скеруванням стовбурів свердловин у родовищі, тобто застосуванням горизонтальних і похилих свердловин. Їх застосування - це новий і перспективний напрям регулювання розробки і дорозробки нафтових родовищ, а також освоєння морських і суходольних родовищ, у т.ч. і з

малими запасами. У нафтогазовидобувній галузі світу сформувалася стійка тенденція неухильного росту обсягів горизонтального буріння.

2. Розвинуто основи підземної гідрогазодинаміки горизонтальних свердловин, а саме:

- розглянуто гідродинамічне врахування літолого-стратиграфічних обмежень на приплив до горизонтальних свердловин за допомогою тензора проникності;

- розв'язано нові задачі припливу до горизонтальної свердловини в круговому, смугоподібному та овальному пластах, що характеризуються анізотропією проникності у вертикальній площині і в просторі, деформівністю тріщин;

- вперше вивчено вплив аномальних, в'язко-пластичних властивостей нафти на фільтрацію до горизонтальної свердловини в просторово анізотропному пласті;

- вперше досліджено явище інтерференції горизонтальних свердловин;

- обґрунтовано технологічну доцільність та умови ефективного застосування горизонтальних свердловин, а також допустимість використання наближених і відомих формул.

3. Дана гідродинамічна оцінка впливу кута нахилу додатково забурених стовбурів у вертикальних свердловинах на приплив нафти при форсуванні відборів із покладу з метою підвищення ефективності його дорозробки. Статистичним аналізом геолого-промислових даних якісно показана прихитність теоретичних висновків.

4. Сформульовано і вперше розроблено науково-методичні основи теоретико-імовірнісної оцінки ефективності застосування свердловин різних профілів для розробки і дорозробки нафтових родовищ, які включають:

- методику кількісної оцінки імовірності розкриття тріщин продуктивного пласта свердловинами різних профілів та залежності для розв'язування прямих і обернених задач;

- методику кількісної оцінки охоплення "ціликів" нафти горизонтальними свердловинами;

- методику оцінки охоплення тектонічно ізольованих блоків (пластів-покладів) вертикальними і похилими свердловинами;

- методику оцінки імовірності літологічного контакту і гідрогазодинамічного зв'язку між продуктивними пластами двох суміжних, тектонічно зміщених блоків.

5. Вперше сформульовано і розроблено науково-методичні принципи управління станом привибійної зони при проводці та експлуатації свердловин, що включають:

- імовірісно-статистичну модель успішної (без нафтогазопроявів) і ефективної (без поглинання бурового розчину) проводки свердловини;

- імовірісно-статистичну модель допустимої концентрації дисперсної фази в технологічних дисперсних системах;

- математичну модель кінетики процесу кольтатації тріщин дисперсними системами.

6. Розроблено нові способи і технології освоєння і підвищення продуктивності основного і додаткового стовбурів багатовибійної свердловини дією на привибійні, міжвибійні (міжстовбурні) і міжсвердловинні зони пласта. Створено і передано ВАТ "Укрнафта" галузеву технологічну інструкцію.

Результати дисертаційних досліджень використані при виконанні госпдогвірних тематик, а також використовуються в навчальному процесі при підготовці і перепідготовці інженерів.

Перспективи використання одержаних наукових результатів визначаються ростом обсягів горизонтального і похилого буріння.

Основний зміст дисертації опубліковано в таких роботах:

1. Бойко Р.В. Імовірно-статистична модель успішної і ефективної проводки свердловини / ІФІНГ. - Івано-Франківськ; 1993. - 9 с. - Деп. в ДНТБ України 25.10.93, № 2062 - Ук 93.
2. Бойко Р.В. Приплив рідини до багатовибійної свердловини в анізотропному пласті за нелінійним законом фільтрації / ІФІНГ. - Івано-Франківськ, 1993. - 13 с. - Деп. в ДНТБ України 25.10.93, № 2063 - Ук 93.
3. Бойко В.С., Бойко Р.В. Математична інтерпретація процесу кольматації вертикальних тріщин дисперсними системами / ІФІНГ. - Івано-Франківськ, 1993. - 14 с. - Деп. в ДНТБ України 25.10.93, № 2064 - Ук 93.
4. Бойко Р.В. Приплив рідини до похилої свердловини в анізотропному пласті за нелінійним законом фільтрації / ІФІНГ. - Івано-Франківськ, 1993. - 12 с. - Деп. в ДНТБ України 25.10.93, № 2065 - Ук 93.
5. Бойко Р.В. Надійність проводки свердловини // Нафтова і газова промисловість. - 1994. - №1. - с. 23-25.
6. Бойко Р.В. Регулювання дорозробки нафтових родовищ України шляхом добурювання свердловин із скерованим профілем // Тези наук. - техн. конф. проф. - виклад. складу інст. нафти і газу. - Івано-Франківськ, 1994. - 1-а частина. - с. 71.
7. Бойко Р.В. Дослідження фільтрації рідини до горизонтальної свердловини в анізотропному овалному пласті / ІФДТУНГ. - Івано-Франківськ, 1994. - 12 с. - Деп. в ДНТБ України 15.12.94, № 2487 - Ук 94.
8. Геогітичні та експериментальні засади технології регулювання розробки нафтових і газових родовищ в умовах тріщинуватості колектора / В.С.Бойко., І.М.Купер, Р.В.Грибовський, Р.В.Бойко. // ІФДТУНГ. - Івано-Франківськ, 1994. - 29 с. - Деп. в ДНТБ України 15.12.94, № 2488 - Ук 94.
9. Бойко Р.В. Розрахунок дебіту горизонтальної свердловини // ІФДТУНГ. - Івано-Франківськ, 1994. - 37 с. - Деп. в ДНТБ України 15.12.94 № 2489 - Ук 94.

10. Інструкція по освоєнню і підвищенню продуктивності додаткових стовбурів багатовибірних свердловин / В.С.Бойко, Р.В.Грибовський, Г.А.Лісовий, Р.В.Бойко, І.В.Копач, В.А.Петриняк. - АТ "Укрнафта", 1994. - 13 с.

11. Бойко Р.В. Імовірно-допустима концентрація суспензії для закачки у пористе середовище // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ: Респ. міжвід. наук.-техн. зб. - Вип. 30. - Івано-Франківськ: ІФІНГ, 1993. - С. 91-96.

12. Бойко В.С., Бойко Р.В. Оптимізація просторового розміщення горизонтальних і похилих стовбурів свердловин у нафтогазовому пласті // Збірник доповідей міжнар. наук. - практич. конфер. "Проблеми і шляхи енергозабезпечення України" (7 - 10 - грудня 1993 р., Івано-Франківськ). - Івано-Франківськ, 1994.

13. Бойко Р.В. Регулювання розробки нафтових родовищ застосуванням горизонтальних і розгалужено-горизонтальних свердловин / ІФДТУНГ. - Івано-Франківськ, 1994. - 17 с. - Деп. в ДНТБ України 10.01.95, №76 - Ук 95.

14. Бойко В.С., Бойко Р.В., Бойчук Т.Р. Методологія освоєння низькопродуктивних нафтових родовищ з малими запасами в Україні //Стан, проблеми і перспективи розвитку нафтогазового комплексу Західного регіону України: Тези доповідей і повідомлень наук.-практич. конф. (Львів, 28-30 березня 1995 р.). - Львів, 1995. - С.82-83.

15. Бойко В.С., Бойко Р.В. Проводка горизонтальних і похилих свердловин як метод ефективного освоєння і розробки покладів //Стан, проблеми і перспективи розвитку нафтогазового комплексу Західного регіону України: Тези доповідей і повідомлень наук.-практич. конф. (Львів, 28-30 березня 1995 р.). - Львів, 1995. - С. 151.

16. Бойко Р.В., Бойчук Т.Р. Теоретичні засади ефективного освоєння малих нафтових родовищ шляхом застосування горизонтальних і похилих свердловин // Тези наук. - техн. конф. проф.- виклад. складу ун-ту. - 1-а частина. - Івано-Франківськ: ІФДТУНГ, НДІ НГТ, 1995. - С. 60.

17. Ефективні розробки лабораторії проблем інтенсифікації нафтогазовидобутку / В.С.Бойко, Р.В.Грибовський, І.М.Купер, В.М.Чучина, Т.Р.Бойчук, Р.В.Бойко // Тези наук.-техн. конф. проф. - виклад.складу ун-ту. - 1-а частина. - Івано-Франківськ: ІФДТУНГ, НДІ НГТ, 1995. - С.61.

18. Бойко В.С., Бойко Р.В. Регулювання розробки нафтових родовищ застосуванням горизонтальних і розгалужено-горизонтальних свердловин // Збірник доповідей наук.-практ. конф. "Нафта і газ України" (17-19 травня 1994р., Київ). - Львів: УНГА, 1995. - С. 209-212.

19. Теоретичні та експериментальні засади технології застосування дисперсних систем для дії на продуктивний пласт / В.С.Бойко, І.М.Купер, Р.В.Грибовський, Р.В.Бойко, Т.Р.Бойчук // Збірник доповідей наук. - практ. конф. "Нафта і газ України" (17 - 19 травня 1994 р., Київ). - Львів: УНГА, 1995. - С. 223-228.

20. Бойко Р.В. Імовірність розкриття тріщин продуктивного пласта свердловинами різного профілю // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. Серія: Розробка нафтових і газових родовищ; Держ. міжвід. наук.-техн. зб. - Вип. 31. - Івано-Франківськ: ІФДТУНГ, 1994. - С. 14-27.

21. Бойко Р.В. Дослідження припливу нафти до горизонтальної свердловини у деформівному тріщинуватому пласті // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. Серія: Розробка нафтових і газових родовищ; Держ. міжвід. научн.-техн. зб. - Івано-Франківськ: ІФДТУНГ, 1995. - С. 82-89.

**Особистий внесок дисертанта в опубліковані у співавторстві роботи:**

3 - теоретично обгрунтована і розроблена математична модель кінетики кольматації тріщин; обгрунтовано симплекс структурної поібності; встановлено теоретичну залежність збільшення критичної швидкості потоку дисперсної системи з ростом концентрації; 8, 19 - обгрунтовано і розроблено концентраційний критерій, рівняння кінетики кольматації, симплекс структурної подібності; 10 - запропонована ідея способів освоєння і підвищення продуктивності стовбурів; 12 - виведено формули дебітів

свердловин та розроблено метод оцінки імовірностей розкриття тріщин і ціликів нафти; 14-16 - запропоновано поєднанням свердловин різного профілю освоювати низькопродуктивні родовища з малими запасами; 17-18 - обгрунтовано метод ефективного освоєння і дорозробки родовищ застосуванням горизонтальних свердловин.

#### Аннотация

Бойко Р.В. Регулирование разработки нефтяных месторождений применением горизонтальных скважин.

Диссертация в виде рукописи на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.15.06 - разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений, Открытое акционерное общество "Украинский нефтегазовый институт (АО "УкрНГИ"), Киев, 1996.

Защищается 21 научная работа, которые освещают теоретическое обоснование метода регулирования разработки нефтяных месторождений применением горизонтальных скважин. Развита основа подземной гидродинамики горизонтальных и наклонных скважин. Обоснованы методы оценки вероятностей раскрытия трещин, зональных и пространственных "целиков" нефти горизонтальными и других профилей скважинами, разработаны принципы управления качеством скважин и способы его повышения.

#### Annotation

Boiko R.V. Regulating of Development of Oil Fields by Horizontal Wells.

The dissertation in a form of manuscript for a Master's Degree in engineering on the speciality 05.15.06 - "Development and Operation of Oil and Gas Fields". Joint-Stock Company "Ukrainian Institute of Oil and Gas", Kyiv, 1996.

The thesis (21 scientific works) containing theoretical grounds for regulating the development of oil fields by horizontal wells. Fundamentals of under-


ground hydrodynamics of horizontal wells and fundamentals of hydrodynamics of incline-directed wells have been developed.

The methods of evaluation of probability to open the zone and space fractures and oil safes by horizontal or others profile wells have been grounded, and principles for control of quality of the wells and ways of it's increase have been elaborated.

**Ключові слова:**

горизонтальні свердловини, регулювання розробки родовищ; підвищення продуктивності.

Здобувач

 P.V.Boyko

Зам. 189. тир. 100

Підлясно до друку 17.04.96р. формат паперу 60x84 1/16, об'єм - 10 л. арк.

Відділ оперативної поліграфії ОУС, м. Івано-Франківськ, вул. Панфіловців, 6.



115551

AB 34. 100

**AB 34.480**