

622.831
Г68

ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАФТИ І ГАЗУ

ГОРДІЙЧУК МИКОЛА ВАСИЛЬОВИЧ

УДК 622.831 (043)
Г68

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ОЦІНКИ
ГЕОМЕХАНІЧНОГО СТАНУ ГІРСЬКИХ ПОРІД
У ПРОЦЕСІ БУРІННЯ СВЕРДЛОВИНИ

ГМ/11

05.15.10 - Буріння свердловин

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Гордійчук

Івано-Франківськ - 2000

Дисертацією є рукопис.

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

НАУКОВИЙ КЕРІВНИК кандидат технічних наук, доцент
МАЛЯРЧУК Богдан Михайлович
Дочірня Компанія "Укргазвидобування",
заступник генерального директора

ОФІЦІЙНІ ОПОНЕНТИ:

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

кандидат технічних наук ЛУЖАНИЦЯ Олександр Васильович,
Полтавський державний науково-дослідний інститут технології буріння,
завідувач лабораторією техніки та технології кріплення свердловин

ПРОВІДНА УСТАНОВА

ВАТ Український нафтогазовий інститут, Міністерство палива та енергетики України, м. Київ

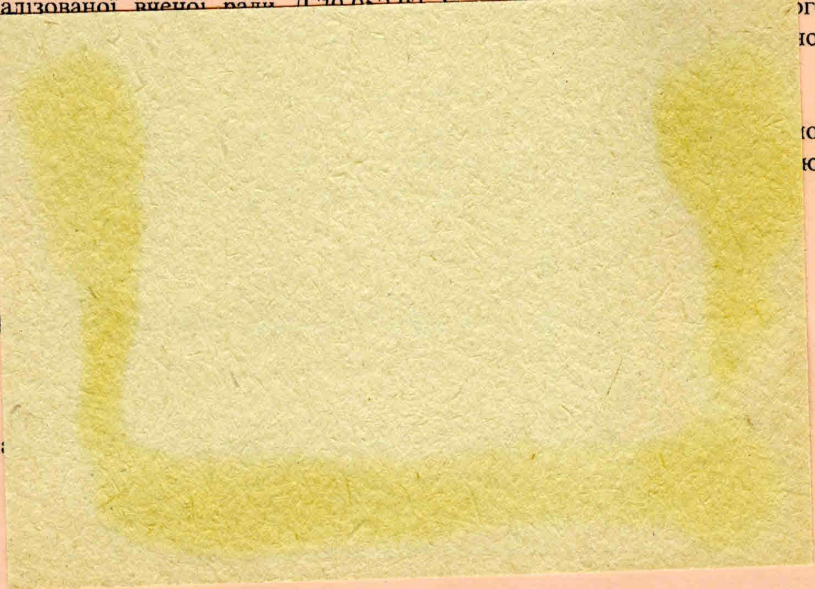
Захист відбудеться "30" червня 2000 р. о 10 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 20.052.02

техн
Фра

3 ди
Фра
7601

Авто

спеці



ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність проблеми. Потреби економіки України в вуглеводневій сировині вимагають значних збільшень об'ємів буріння глибоких свердловин на нафту і газ. При цьому, відповідно, об'єми бурових робіт, які виконуються в складних гірничо-геологічних і технологічних умовах, будуть збільшуватися, що приведе до зростання часу і засобів на спорудження свердловин. Так частка затрат на ліквідацію ускладнень в загальному балансі часу спорудження свердловин для деяких нафтогазоносних регіонів вже досягає десятків годин на тисячу метрів проходки. В цих умовах необхідно раціонально використовувати наявну інформацію про раніше пробурені свердловини і розробляти більш прогресивні методи прогнозування ускладнень в умовах недостатку інформації.

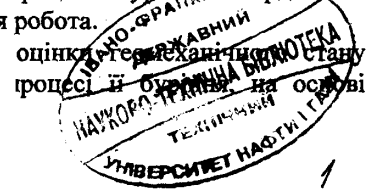
Вивчення властивостей і стану гірських порід в масиві стає все більш актуальним завданням в зв'язку з ускладненням проведення гірничих робіт. За останні роки значно зросла глибина розвідувальних і експлуатаційних свердловин, ведуться пошуки покладів колекторів нафти і газу більш складної будови з більш жорсткими термобаричними умовами залягання, що вимагає нових підходів до досліджень, пов'язаних з прийняттям важливих технічних рішень.

Важливою складовою частиною цієї проблеми є розробка способів прогнозування і оцінки геомеханічного стану шарів гірських порід, які перетинаються свердловиною в процесі буріння. Об'єктивний і оперативний прогноз геомеханічного стану гірських порід дозволяє на основі визначення місць небезпечних ускладнень геомеханічного характеру вибрати оптимальні варіанти системи розробки родовищ, заздалегідь виконати роботи по запобіганню ускладнень.

Для вирішення цієї проблеми розроблений ряд механічних, електричних, магнітних, термічних, акустичних, геохімічних і інших методів, що базуються на вивченні фізичних природних і штучних полів різного походження. Але, більшість з них - це методи із затримкою інформації на величину відставання промивальної рідини і шламу або на величину часу підймання інструменту і обробки інформації (від десятків хвилин до десятків годин). В той же час наявні методи миттєвої прив'язки інформації до розрізу не забезпечують необхідної інформації про геомеханічний стан порід, що перетинаються свердловиною. У зв'язку з цим виникає необхідність у розробці оперативних нетрудомістких методів прогнозу геомеханічного стану порід у процесі буріння свердловин. Вирішенню вказаних проблем і присвячена ця робота.

Метою роботи є розробка способів оцінки геомеханічного стану порід, що перетинає процесі буріння на основі

2-к/сч



вимірювання геоелектричних потенціалів на поверхні в приустьовій зоні свердловини.

Основні задачі досліджень. 1. Встановити взаємозв'язок вимірюного сигналу з величиною гірського тиску, літологією і буримістю гірської породи.

2. Провести експериментальні дослідження геоелектричних полів приустьової зони свердловин в процесі їх буріння в різних гірничо-геологічних умовах.

3. Зробити методика оперативної оцінки та прогнозування геомеханічного стану гірських порід на основі експериментів.

4. Дослідити і впровадити в практику буріння розроблену методика.

Наукова новизна дисертації. Уточнена методика вимірювання електричного потенціалу гірської породи, сформованого в процесі буріння свердловини, принципова відмінність якої полягає в розташуванні датчиків біля свердловини, що буриться.

В результаті узагальнення експериментальних досліджень встановлено, що вимірюваний сигнал отримується з привибійної зони свердловини, що буриться і може бути гарантовано виділений на фоні початкового з глибини до 3000 м.

Показаний зв'язок вимірюного сигналу з величиною гірського тиску в пласті, який розбурюється, та підтверджена його кореляція з літологією і буримістю гірської породи.

Практична цінність роботи полягає в тому, що розроблений автором метод оцінки і прогнозування геомеханічного стану гірських порід в процесі буріння дозволяє своєчасно виявляти ділянки масиву порід, які схильні до ускладнень геомеханічного характеру. Це дає можливість завчасно вибирати і застосовувати раціональні методи попередження ускладнень, що в свою чергу підвищує ефективність процесу буріння свердловин.

Реалізація роботи. Результати досліджень і методика оцінки геомеханічного стану гірських порід впроваджено в практику буріння свердловин на площах Хрестищенського і Шебелинського відділень бурових робіт БУ "Укрбургаз".

Апробація роботи. Основні положення дисертаційної роботи доповідались і обговорювались на науково-технічних радах АТ "Укрнафта" (Київ, 1987, 1988 р.р.), науково-практичній нараді у ВНДГРІ ВО "Арктикморнафтогазрозвідка" "Методи прогнозування АВІТТ при пошуках і розвідці родовищ нафти і газу" (Мурманськ, 1988 р.), науково-практичних конференціях молодих вчених і спеціалістів ЗахСибБурНДПІ "Сучасні технології і технічні пристрої, що підвищують техніко-економічні показники будівництва нафтогазорозвідувальних свердловин" (Гюмень, 1989 р.) і "Проблеми науково-технічного прогресу в будівництві глибоких свердловин

у Західному Сибіру” (Тюмень, 1990р.), 16-й науково-практичній конференції молодих вчених і спеціалістів УкрНДГРІ “Вклад молодих вчених і спеціалістів у підвищення ефективності геолого-розвідувальних робіт на нафту і газ” (Львів, 1989р.), 17-й конференції молодих учених і спеціалістів УкрНДГРІ “Проблеми буріння і дослідження свердловин, геологічні і геофізичні методи пошуку і розвідки нафтових і газових родовищ” (Полтава, 1991р.), всесоюзній нараді “Шляхи прискорення науково-технічного прогресу в будівництві свердловин” (Дивноморськ, 1991р.), міжнародній науково-практичній конференції “Проблеми і шляхи енергозбереження України” (Івано-Франківськ, 1993р.), міжнародній науково-методичній конференції “Проблеми буріння нафтових і газових свердловин на родовищах України, шляхи удосконалення підготовки фахівців” (Івано-Франківськ, 1995 р.), науково-практичній конференції “Нафта і газ України-96” (Харків, 1996р.), науково-практичній конференції “Шляхи підвищення якості підготовки спеціалістів для будівництва та експлуатації систем трубопровідного транспорту” (Івано-Франківськ, 1998р.), міжнародній науково-практичній конференції “Нафтова освіта на межі тисячоліть: минуле, сьогодення, майбутнє” (Івано-Франківськ, 1998р.).

Публікації. За результатами досліджень, які викладені в дисертації, опубліковано 7 статей (в тому числі 1 самостійна), 2 тез доповідей науково-технічних конференцій і 1 депонована стаття, одержано 2 авторські свідоцтва на винахід.

Об’єм роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів і висновків, переліку використаних джерел інформації та додатків. Зміст роботи викладений на 143 сторінках і містить 5 таблиць на 7 сторінках, 40 рисунків на 40 сторінках, перелік інформації з 60 найменувань на 5 сторінках.

Дисертаційна робота є результатом проведених автором досліджень під час навчання в аспірантурі ІФНГ і роботи в НДІ НГТ за період 1986-1999 р.р.

Автор вдячний д.т.н., професору Б.Г.Тарасову під керівництвом якого сформувався розвинутий в дисертаційній роботі науковий напрямок і к.т.н., доценту Б.М.Малярчуку за керівництво і постійну увагу до роботи.

За цінні поради щодо застосування одержаних наукових результатів у практиці буріння автор вдячний д.т.н., професору Я.С.Коцкуличу, д.т.н., професору В.Г. Ясову, д.т.н., професору Бойку В.С., к.т.н., доценту А.І. Волобуєву та багатьом іншим за корисні поради та участь у виконанні промислових досліджень та впровадження розробок дисертаційної роботи.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність проблеми, яка досліджена автором, і дається загальна характеристика дисертаційної роботи.

Перший розділ присвячений аналізу проблеми оцінки геомеханічного стану гірських порід, що перетинаються свердловиною в процесі її буріння.

Великий вклад в створення методів вивчення розрізу свердловини в процесі її буріння внесли В.Н.Дахнов, А.І.Співак, Е.С.Лук'янов, В.С.Войтенко, В.Г.Ясов та інші дослідники.

Всі методи вивчення розрізу свердловини в процесі буріння поділяються на дві групи:

методи з миттєвою прив'язкою інформації до розрізу;

методи з затримкою інформації на величину відставання промивальної рідини і шламу або на величину часу підймання бурильного інструменту і обробки інформації.

Відзначається, що основною причиною ускладнень геомеханічного характеру є підвищений напружений стан гірських порід в сукупності з іншими гірничо-геологічними і технологічними факторами. В зв'язку з цим особливий інтерес представляють методи оперативного контролю за напруженим станом гірських порід в привибійній зоні, а також методи прогнозування геомеханічного стану цієї зони в процесі буріння.

На даний час в промисловій практиці найбільше розповсюдження отримали методи оцінки геомеханічного стану гірських порід з допомогою промислових геофізичних досліджень свердловин, вивчення кернавого матеріалу і інші.

Проведений порівняльний аналіз показав, що одним з перспективних з точки зору оперативності і достовірності інформації, простоти, мінімізації витрат є метод геоелектричного контролю напруженого стану гірських порід.

Вперше даний метод був розроблений співробітниками Кузбаського політехнічного інституту під керівництвом професора Б.Г.Тарасова і знайшов широке застосування в вуглевидобувній промисловості, як метод прогнозування гірських ударів, обвалів і інших небезпечних проявів гірського тиску.

Загальнонаукові основи контролю напружено-деформованого стану гірських порід за параметрами їх механо-електричної поляризації сформовані в працях наукової школи академіка Я.С.Підстригача.

Даний метод базується на властивості геоелектричного поля відображати напружений стан порід навколо виробки. Основною причиною ефекту є електрична неоднорідність гірських порід навколо виробок, яка виникає внаслідок перерозподілу напружень в крайовій зоні масиву поблизу контура виробок.

Вивчення можливостей застосування даного методу з метою оцінки геомеханічного стану гірських порід, по суті, і склало предмет досліджень дисертаційної роботи.

В **другому розділі** наведені результати теоретичних досліджень фізичної природи механо-електричного механізму оцінки геомеханічного стану гірських порід.

Гірські породи в природному заляганні постійно зазнають впливу різноманітних зовнішніх полів: механічного, теплового, електромагнітного, гравітаційного, радіаційного.

Електромагнітні поля (як і окремий випадок - електричні) відповідно до причин, що їх викликають, ми класифікували таким чином:

1) спорадичні поля, які складаються з полів фізико-хімічного походження (окислювально-відновні, фільтраційні, дифузійно-адсорбційні потенціали і т.п.) і полів, пов'язаних з імпульсними механічними впливами (п'єзоелектричне, поле сейсмоелектричного ефекту, трибоелектризація руйнування);

2) постійно діючі електричні поля, які складаються з електромагнітних полів космічного походження;

3) електричні поля, пов'язані із стаціонарним геомеханічним напруженням гірських порід.

Із названих вище найменш вивченим є зв'язок електричного поля і стаціонарного геомеханічного напруження. Для цього явища між геомеханічним напруженням і потенціалом механо-електричної поляризації гірських порід нами встановлена залежність

$$\varphi = k_{m-e} \sigma, \quad (1)$$

де φ - потенціал механо-електричної поляризації гірських порід; k_{m-e} - коефіцієнт механо-електричного перетворення; σ - геомеханічне напруження.

Ця залежність дала змогу висунути гіпотезу про наявність стаціонарного, градієнтно зростаючого з глибиною електричного поля в Земній корі, яке пов'язане з геомеханічним полем напружень.

Потенціал цього геоелектричного поля задаємо у вигляді функції

$$\varphi_H = \varphi_0 + k_{m-e} \sigma, \quad (2)$$

де φ_0 - початкова величина потенціалу на поверхні землі; φ_H - величина потенціалу на глибині H .

З гіростатичної гіпотези напруженого стану гірських порід і виразу (2) випливає, що електричний потенціал росте з глибиною, тому Земна кора знаходиться в полі зростаючих електричних струмів (континентальна кора). Густина цих струмів, що виносяться на земну поверхню, залежить від генерації зарядів механо-електричними перетвореннями і від величини складових тензора напружень.

Від знання закономірностей змін φ_H залежить вирішення багатьох наукових і практичних задач, до яких належить розробка методів і систем контролю за зміною геомеханічного стану гірських масивів навколо свердловин і виробок.

У формулі (2), яка дає констатацію механо-електричного перетворення, не вказується внутрішня причина цього зв'язку, тому були проведені теоретичні дослідження з метою фізичного трактування ефекту.

Остаточний вираз для потенціалу механо-електричної поляризації одержаний у вигляді

$$\varphi = - \frac{\Omega_o f \sigma}{3q}, \quad (3)$$

де Ω_o - атомний об'єм дефекту; f - ентропійний коефіцієнт; q - заряд, що переноситься однією вакансією.

Цей вираз показує, що потенціал геоелектричного поля визначається тільки структурою дифундуючих дефектів і їх зарядом, а також величиною геомеханічного напруження.

Формула (3) одержана з використанням положень фізики твердого тіла, виражає суть ефекту зв'язку потенціалу і геомеханічного напруження та спільність його для всіх гірських порід. Для всіх іонних кристалів значення потенціалу геоелектричного поля не перевищує 2700 мВ. З ростом глибини залягання гірських порід потенціал повинен лінійно зростати, тобто в земній корі існують струми, зумовлені градієнтами тисків, які повинні пронизувати всю товщу гірських порід.

Слід підкреслити, що мова йде про тривале існування градієнтного поля геоелектричних потенціалів у градієнтному геомеханічному полі, бо перше є стаціонарним полем, яке може існувати доти, поки існують градієнти геомеханічних напружень.

Практичним підтвердженням зроблених висновків є результати безпосередніх вимірювань потенціалів на різних глибинах, під час буріння відносно будь-якого фонового електрода, які вказують на зростання потенціалу з глибиною. Вимірювання за вказаною схемою було проведено під час буріння ряду глибоких свердловин Західного Сибіру, Прикарпаття і Дніпрово-Донецької западини. Результати вимірювань на одній із свердловин Західного Сибіру показано на рис.1. Навіть, якщо вважати свердловину ідеальним зондом з нескінченною провідністю, то на 3000 м приросту глибини відмічається зріст потенціалу до 200 мВ. Одержане числове значення за своїм порядком повністю співпадає з розрахованим за теоретичною формулою. Аномалії вищих частот пов'язані з проходкою різних за літологічним складом пластів, з локальними змінами тисків і геомеханічних напружень.

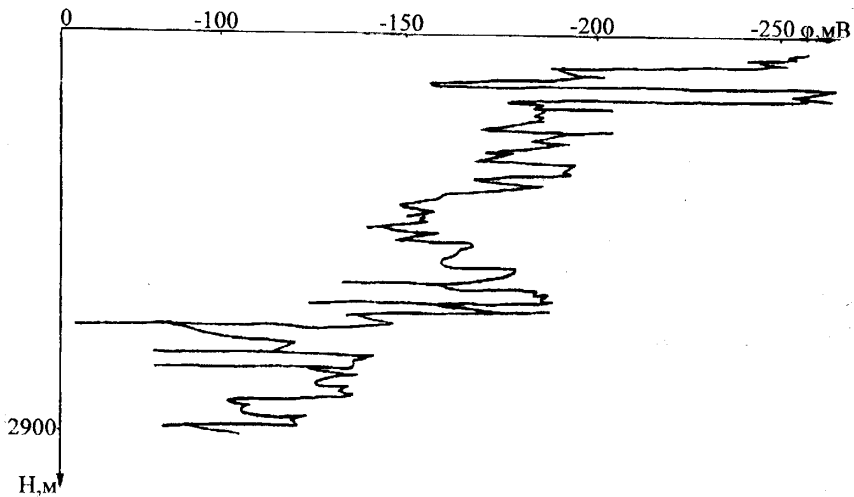


Рис.1 - Результати вимірювань потенціалу геоелектричного поля на свердловині 432 Муравленківського нафтового родовища

Так, як густина об'ємних зарядів у твердому тілі, яке деформується пропорційно до першого інваріанту деформації, то слід визнати односторонніми і неповними пошуки статистичних зв'язків між електростатичними потенціалами суцільного середовища і її або деформованим, або напруженим станом. Тому нами було зроблено спробу пов'язати потенціали механо-термоелектричної поляризації твердого тіла з питомою потенціальною енергією масиву, який знаходиться в певному термодинамічному стані.

Розглянуті моделі залежності приросту потенціалу поляризації масиву від приросту питомої потенціальної енергії.

Використовуючи співвідношення механіки суцільного середовища, виведені характеристики енергії зміни форми у крайовій зоні гірничої виробки.

Встановлено, що ця енергія проявляється із випередженням на 8...10 м від вибою свердловини (у зоні збудження), зростає в міру наближення до вибою і потім зменшується від вибою до поверхні, експоненціально наближаючись до деякої границі. Відповідно так змінюється й енергія кожного літологічного пласта, який складає осадочну товщу і перетинається свердловиною в процесі її буріння.

Виявлена нами загальна тенденція зростання потенціалу природного поля із збільшенням глибини свердловини дає змогу висловити припущення

про існування такого механо-електричного ефекту, який призводить до локального підвищення густини електричних зарядів у приустьвй зоні.

Найбільш електрзарядженими є щільні глини з коефіцієнтом гідростатичної незбалансованості 0,67, глинисті сланці (0,89), вапняки (0,61) і граніт (0,65). Відзначаємо, що такою є характеристика напруженого стану і потенціальної електризації масиву гірських порід.

Під час буріння, в умовах перерозподілу напружень навколо свердловини, більш генеративними стають пластичні глини, кам'яна сіль, пісковики.

Встановлені співвідношення для визначення потенціалу геоелектричного поля для масиву гірських порід до буріння і з свердловиною.

Однак, аномалія потенціалів на поверхні має і часові варіації, пов'язані із проходженням бурильним інструментом границь пластів гірських порід.

Спостережувана в процесі буріння на поверхні аномалія потенціалів під впливом контактних полів зазнає часових варіацій, що було встановлено під час безперервної реєстрації потенціалів на свердловинах.

На основі цих досліджень отримано просторово-часову характеристику приустьвої аномалії у вигляді:

$$\varphi_{(h,r,t)} = \varphi_0 + \left[k_{m-e} \frac{gH}{2} (2\lambda\rho_n - \rho_p) + A_i \sin \frac{\pi(H - H_{2j})}{l_i} e^{-\xi t} \right] e^{-\beta r^2}, \quad (4)$$

де A_i - початкова амплітуда i -го пласта; ξ - коефіцієнт швидкості затухання аномалії з часом; H_{2j} - глибина границь пластів; j - номер пари пластів; l_i - товщина i -го пласта, $i=2j-1$, якщо $H < H_{2j}$ і $i=2j$, якщо $H \geq H_{2j}$.

Таким чином, нами встановлено, що механо-електричний механізм зростання потенціалу природнього геоелектричного поля найбільш суттєвий при проходці пластичних глин, кам'яної солі, пісковиків, хоча він властивий в тій чи іншій мірі всім породам.

Третій розділ присвячений розробці методики оцінки геомеханічного стану масиву гірських порід у процесі буріння свердловин.

В технічному плані вимірювання потенціалів виконуються в колі двох заземлених на поверхні Землі неполяризованих електродів, один з яких встановлюється поблизу устя свердловини, а інший знаходиться у фоновому полі. Інформаційним матеріалом є криві зміни потенціалу при бурінні.

Метод геоелектричного супроводу буріння може використовуватися для вирішення наступних задач: літолого-стратиграфічного розчленування розрізу, виділення зон підвищеної проникності, контролю проходження зон з аномально-високим і низьким пластовими тисками, оперативного контролю процесу буріння.

Метод не вимагає відбору керна і проведення спускання і підймання вимірювальних зондів. Похибка визначення покрівлі і підопви продуктивного горизонту визначається можливостями вимірювальної техніки і співставима з каротажними і керновими даними.

Для визначення величин коефіцієнта механо-електричного перетворення були проведені експериментальні дослідження на розробленій нами установці (А.с. № 1656122, Опубл. 15.06.91, Бюл. № 22). При цьому використовувався керновий матеріал родовищ Прикарпаття, де проводились дослідження за запропонованою методикою. Глибина місць відбору керну складала від 1700 м до 2500 м. За літологічним складом це був алевролітистий пісковик із вмістом кварцу від 50 до 70 % з різноманітними вклученнями, дрібно- і середньозернистий, інколи спостерігалась тріщинуватість. Карбонатність знаходилась в межах 1,5...25 %, густина – 2300...2700 кг/м³, пористість і проникність - різноманітна (від високопористих до практично непроникних).

Отримані значення коефіцієнтів механо-електричного перетворення співставимі з теоретичними оцінками.

Результати аналітичних і польових досліджень послужили основою для розробки оцінки і прогнозування геомеханічного стану гірських порід.

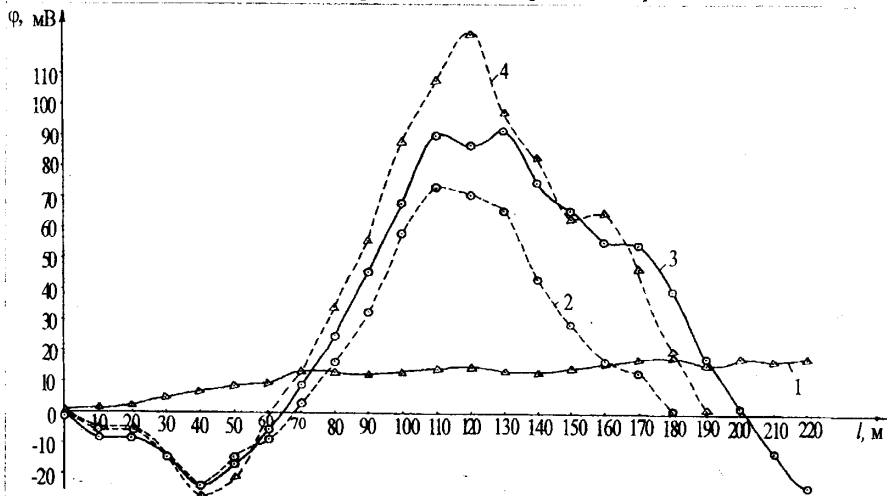
Вимірювання потенціалів природного геоелектричного поля у приустьовій зоні свердловини, що знаходиться в бурінні, проводимо одним з наступних способів:

- а) вимірювання потенціалів геоелектричного поля по площі;
- б) профільні вимірювання;
- в) безперервні вимірювання в процесі проходження свердловини.

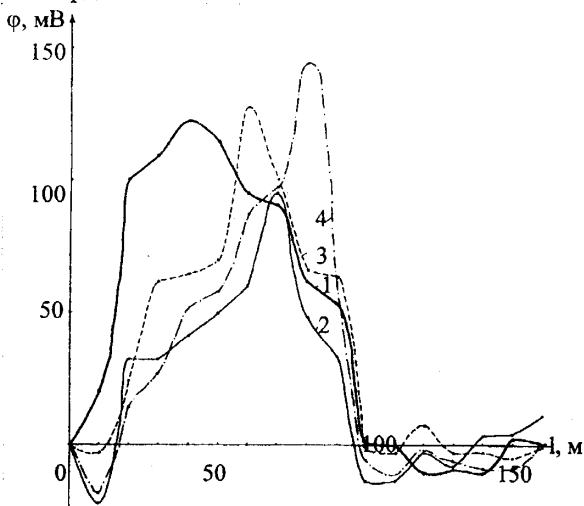
В основу цих способів дослідження геоелектричного поля поблизу устя свердловини покладена відома методика вимірювання природного постійного електричного поля (ЕП) Землі за способом потенціалу при проведенні електророзвідувальних робіт.

Вимірювання по площі величини геоелектричних потенціалів у районі свердловини, що знаходиться в бурінні, нами проводилися з метою одержання інформації про загальну характеристику розрізу, що вивчається, і аналізу зв'язку між особливостями спостережуваних полів і геомеханічними умовами. В результаті появилась можливість спостерігати розподіл геомеханічних напружень із ростом глибини свердловини (для одержання фонових та максимальних значень потенціалів). Поряд з великою інформативністю ці вимірювання є найбільш трудомісткими, залежать від впливу на їх проведення різних технологічних споруд і вимагають великих затрат часу, що утруднює одержування оперативної інформації про зміни потенціалів геоелектричного поля, а значить здійснювання належного контролю за процесом буріння.

Виходячи з цього, проведені профільні вимірювання потенціалів геоелектричного поля (рис.2,3). Напрямок профілів вибирався з розрахунку, щоб вони проходили в безпосередній близькості від устя свердловини і орієнтувались навхрест та за простяганням гірських порід.



1 - до буріння; 2 - при глибині 595 м; 3 - при глибині 992 м; 4 - при глибині 1277 м
 Рис.2 - Графіки розподілу потенціалу по профілю, який проходить через устя свердловини № 800 - Шебелинська



1-при глибині 600 м; 2-при глибині 1120 м; 3-при глибині 2150 м; 4-при глибині 2890 м
 Рис.3 - Графіки розподілу потенціалу по профілю, який проходить через устя свердловини № 432

Для одержання оперативної і безперервної інформації про зміну геоелектричного потенціалу в районі устя свердловини і геомеханічного стану привибійної зони проводились безперервні режимні вимірювання і запис величини потенціалів у безпосередній близькості від устя свердловини. Вимірювальний електрод встановлювався на відстані 1,5-2,0 м від устя в точці максимального значення аномалії геоелектричного поля за профілем, а порівнювальний - у фоновому полі (градієнт поля 1...2 мВ на 10 м). Інформація з бурової про величину геоелектричного потенціалу подавалась на вимірювальний пристрій, де проходила її обробка і порівняння з аналогами.

Вимірювання по площі проводилися з кожним інтервалом поглиблення свердловини в 100 м, для одержання інформації про вплив буріння свердловини на природне геоелектричне поле навколо неї.

Профільні вимірювання проводилися на початку і в кінці кожного додання новим долотом для виявлення релаксації потенціалу.

В **четвертому розділі** наведені результати впровадження розробленої методики.

На Муравленківському нафтовому родовищі (Західно-Сибірська нафтогазоносна провінція) буріння велося на глибинах до 3000 м. Відмінною особливістю родовища є майже горизонтальний комплекс залягання осадових порід. Найбільш часто динамічні прояви гірського тиску на цьому родовищі відбуваються на ділянці сеноманських відкладів.

Дослідженнями було охоплено свердловини куца № 27. Як показали результати вимірювань по площі, відбувся перерозподіл потенціалів навколо свердловини, що буриться. Із показників подальших вимірювань було виключено фон (значення потенціалів до буріння свердловини).

Дослідження потенціалу під час буріння свердловини показали, що на графіку (рис.4, крива 2) можна виділити три ділянки, де потенціал зростає з глибиною: перша ділянка - від 0 до 1060 метрів, друга - від 1160 до 2130 метрів, третя ділянка - від 2200 до 2900 метрів.

Ці ділянки вказують на те, що Західно-Сибірська плита має триярусну будову. Нижній (перший) структурний ярус представлений переважно виверженими і метаморфічними породами докембрійського і палеозойського віку. Середній (другий) структурний ярус складений середньо-, верхньопалеозойськими і тріасовими осадовими утвореннями, зрідка ефузивними, як правило, слабо дислокованими. Верхній (третій) структурний ярус представлений слабо дислокованими осадовими мезозойсько-кайнозойськими породами.

Тому при бурінні можливі ускладнення в місцях різкої зміни потенціалу (Сеноманський горизонт).

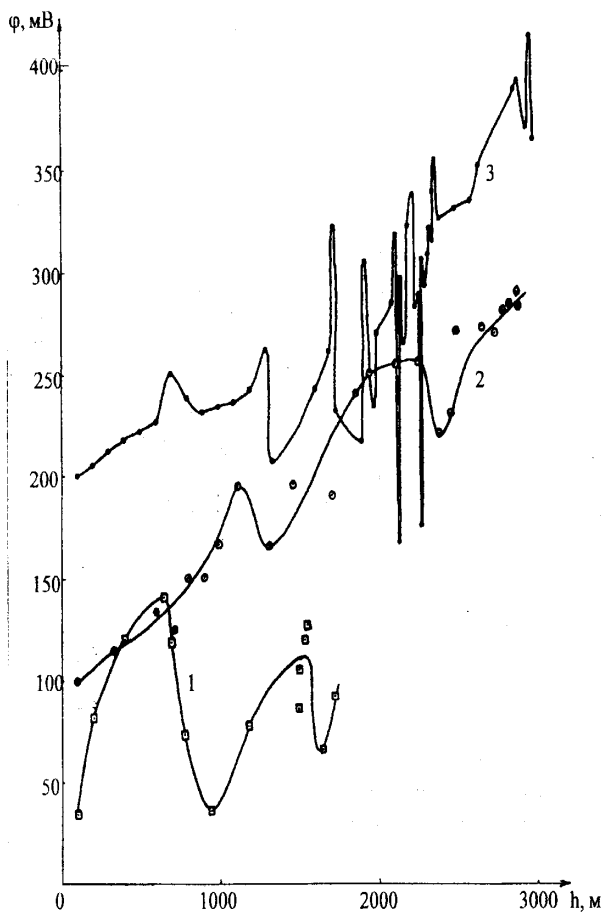


Рис.4-Залежність зміни потенціалу з глибиною на свердловинах Гвізд-233 (1), № 432 (Муравленково) (2) і № 800-Шебелинська

Лінійне наростання механо-електричного потенціалу із збільшенням глибини, одержане на Муравленківському родовищі нафти і газу у Західному Сибіру, характерне для геосинклинального регіону, який тільки вийшов із стадії осадоагромадження і має горизонтальне або слабкопохиле залягання. Таким регіоном і є Західний Сибір.

Найбільший комплекс дослідницьких робіт у Передкарпатській нафтогазоносній провінції здійснено на свердловині Гвізд-233 Надвірнянського УБР.

За результатами вимірювань побудовано графік залежності потенціалу від глибини свердловини (рис.4, крива 1). Як видно з графіка, криву можна розбити на три характерних ділянки.

Перша ділянка (до 653 м) має ріст потенціалу від 34 мВ до 140 мВ на глибині 653 м, де свердловина входить в зону розпушених порід, яка виникла при тектонічному піднятті лівого блоку відносно правого, що підтверджується геологічними дослідженнями. Міцна покрівля антиклинальної складки опиралася цьому зсуву і руйнувалася впродовж деякого часу. Тому в інтервалі 653-941 м спостерігаються відклади з низькими геомеханічними напруженнями. Потенціал природного стаціонарного геоелектричного поля у цій зоні знизився від 140 мВ до 35 мВ. На другій ділянці (951-1532 м)

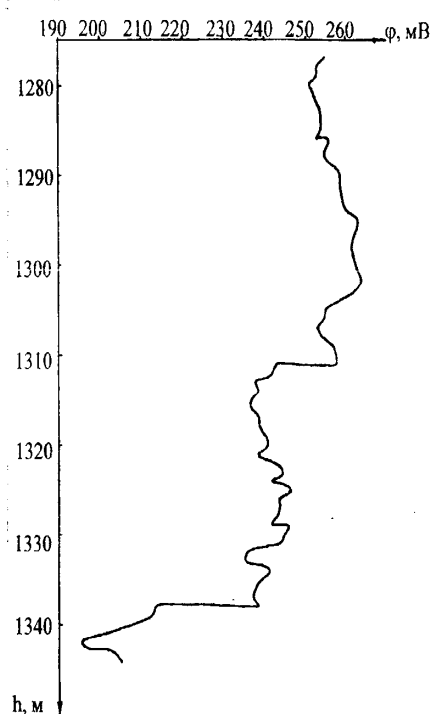
спостерігається зростання потенціалу від 35 мВ до 127 мВ. Третя ділянка знаходиться в інтервалі 1603,5-1734 м.

Аналіз рис.4 свідчить про варіації геоелектричного потенціалу, але в Карпатах їх амплітуда втричі більша, ніж у Західному Сибіру. Тому при бурінні свердловин можливі ускладнення геомеханічного характеру.

Параболічна зміна потенціалу з глибиною характерна для геосинклиналей на стадії гороутворення, коли із збільшенням глибини тиск зростає не прямопропорційно, а сповільнено. Це ще раз підтверджує правильність наших висновків.

За об'єкт досліджень на Шебелинському газоконденсатному родовищі вибрано свердловину № 800 Шебелинського газового родовища бурового управління Укрбургаз.

Згідно геолого-технічного наряду, за проектним літологічним розрізом розкриття солей планувалося виконати в інтервалі глибин 1395-1400 м, але



воно відбулося на глибині 1338 м (підтверджено геофізичними дослідженнями) і характеризувалося зменшенням потенціалу на 42 мВ. Бурова бригада зафіксувала входження в сольові пласти тільки на глибині 1344 м, про що свідчило загустіння бурового розчину.

Результатом цього дослідження ще раз підтверджується випереджаюче прогнозування ускладнень при бурінні свердловин. Можливість оперативного прогнозування аномальних явищ пов'язана з тим, що зона впливу свердловини на масив випереджує її вибій (у даному випадку 6 м), що дає змогу отримати геоелектричний сигнал раніше (за умови його безперервного запису) і сповістити інженерний персонал про необхідність прийняття відповідних технологічних рішень.

Рис.5-Зміна потенціалу при розкритті солей на свердловині № 800-Шебелинська

Крім наведеного особливий інтерес має запис кривої ЕП під час розкриття підсолевих відкладів нижньої пермі (микитівська свита), представлених ангідритами, глинами, вапняками, доломітами, кам'яною сіллю (рис.6).

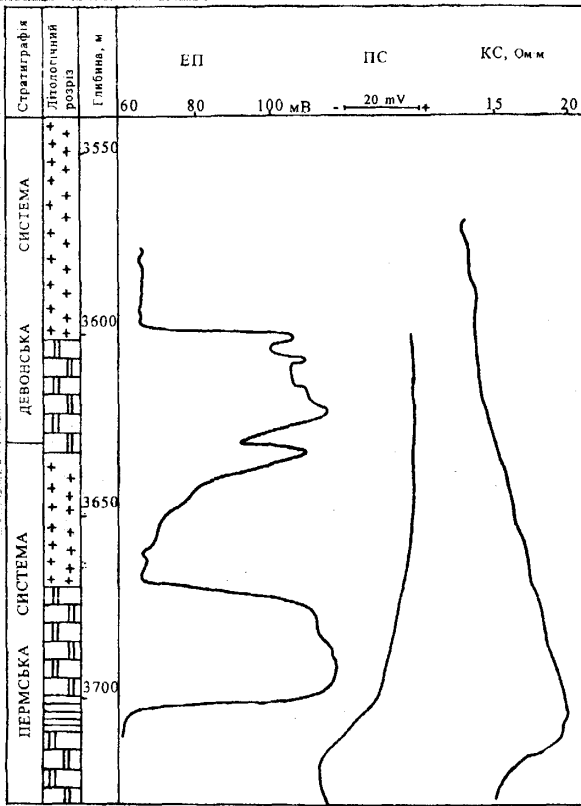


Рис.6 - Зміна потенціалу при бурінні на свердловині Ново-Українська-103

Різка зміна потенціалу ЕП при переході від солей до доломітів і назад викликана зміною геомеханічного стану гірського масиву внаслідок різних міцністних характеристик порід. Амплітуда зміни потенціалу ЕП складає 30...40 мВ, в той час як на каротажних діаграмах КС і ПС диференціація цих порід не прослідковується. Слабка диференціація кривих КС і ПС пояснюється підвищеною мінералізацією бурового розчину, яким заповнена свердловина при проведенні каротажних робіт. Підвищена мінералізація бурового розчину викликана розчиненням вищележачих солей, що і є причиною зглажування кривих КС і ПС.

Крім досліджень, результати яких представлено вище, було проведено дослідження можливості прогнозування і попередження місця ускладнень геомеханічного походження (обвали стінок свердловини, обсіпання, звуження ствола свердловини, прихвати, нафто-, газо- і водопрояви, пов'язані з бурінням у пластах з АНІТ і АВІТ.

Отримані результати ще раз підтверджують можливості запропонованого методу ЕП доповнювати дані промислової геофізики щодо прогнозування і встановлення зон можливих ускладнень геомеханічного

походження, особливо в солях. Подальше зменшення потенціалу пов'язане з проходженням глин.

Результати досліджень зміни потенціалу природнього геоелектричного поля при розширенні свердловини долотом діаметра 555 мм (інтервал 170-1345 м) і бурінні свердловини (інтервал 1600-3000м) представлені на рис.4, крива 3.

На підставі аналізу одержаних результатів досліджень потенціалів геоелектричного поля на поверхні в районі устя свердловини технологічно було попереджено поглинання бурового розчину в інтервалах глибин 2142-2146 м, 2273-2287 м і 2347-2360 м (на це вказувало зменшення величини потенціалу геоелектричного поля на діаграмній стрічці) (рис.7).

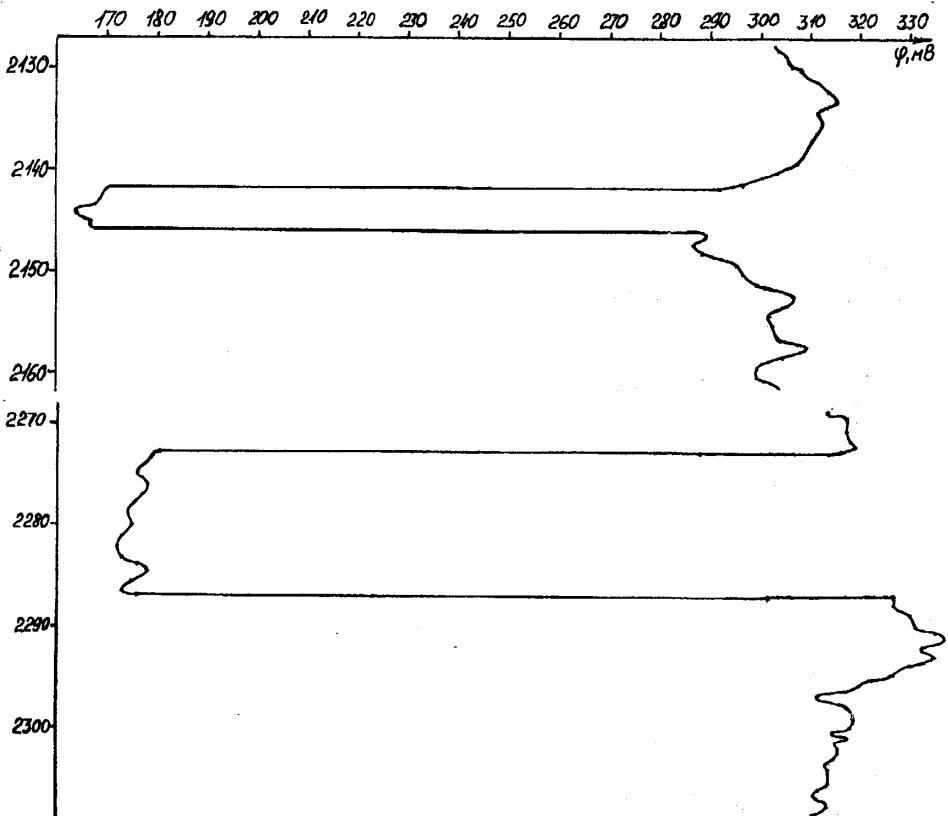


Рис.7-Графіки зміни потенціалу при поглинанні бурового розчину на свердловині № 800 - Шебелинська

В інтервалі глибин 2142-2146 м в результаті технологічного попередження можливості поглинання бурового розчину і проведення профілактичних заходів (зменшення густини бурового розчину до 1210-1220 кг/м³, зменшення навантаження на долото і швидкості буріння) поглинання бурового розчину не відбулося.

В інтервалах 2273-2287 м і 2347-2360 м профілактичні заходи не проводилися, в результаті чого виникло поглинання бурового розчину, причому в останньому випадку із втратою циркуляції.

В результаті проведених режимних спостережень на свердловині № 800-Шебелинська можна відзначити, що контроль потенціалів геоелектричного поля дає змогу:

- мати уяву про геомеханічний стан гірських порід, які розкриваються свердловиною у процесі її буріння;
- проводити уточнююче літологічне розчленування розрізу;
- при літологічному розчленуванні розрізу з підвищеною мінералізацією бурового розчину служити додатковим каналом інформації методам геофізичних досліджень свердловин;
- не зупиняти безперервний процес буріння свердловини при проведенні досліджень;
- прогнозувати аномальні тиски за 8-10 м до розкриття горизонту, що підтверджується результатами проведених досліджень на свердловині № 800-Шебелинська.

Характер розподілу геоелектричного потенціалу відображає всі виробничо-технологічні операції процесу буріння: спуск і підймання бурильного інструменту; включення і виключення циркуляції промивальної рідини; спуск обсадної колони; цементування свердловини; проробка ствола свердловини і інші.

Для подальшого дослідження геомеханічного стану гірського масиву використовувалися вибірки кривих природнього геоелектричного потенціалу (ЕП), які відповідають процесу буріння.

ВИСНОВКИ

Дисертація є закінченою науково-дослідною роботою, у якій на підставі результатів теоретичних і експериментальних досліджень дано рішення актуальної задачі, що полягає в розробці методики оцінки геомеханічного стану гірських порід в процесі буріння.

В ході виконання дисертаційної роботи отримані такі результати:

1. На основі аналізу методів оцінки геомеханічного стану приствольної зони масиву гірських порід обґрунтована доцільність використання устьової інформації про зміну геоелектричного потенціалу в процесі буріння.

Важливими перевагами цього методу є оперативність та неперервність контролю.

2. З використанням елементів фізики твердого тіла встановлено лінійний зв'язок між потенціалом геоелектричного поля і геомеханічними напруженнями гірської породи. Запропонована просторово-часова характеристика устьової аномалії зміни потенціалу в процесі буріння свердловини, яка є теоретичним підґрунтям оцінки геомеханічного стану порід. Встановлено внутрішню природу механо-електричного перетворення, і розподіл енергії зміни форми масиву по глибині свердловини (у зоні збудження). Доказано, що ця енергія виявляється із випередженням від 8 до 10 м вибою свердловини.

3. Розроблена лабораторна установка для визначення коефіцієнту механо-електричного перетворення в гірських породах (А.с. № 1656122). На основі результатів вимірювань одержані оцінки коефіцієнту для пісковика $(13,06 \dots 25,4) \cdot 10^{-12}$ В/Па; алевроліта $(4,71 \dots 6,23) \cdot 10^{-12}$ В/Па.

4. Розроблені технічні засоби і методика для контролю за зміною потенціалів природного геоелектричного поля в приустьовій зоні свердловини з метою оцінки геостатичного тиску гірських порід. Методика включає:

попередні промислові дослідження, для вибору опорних точок та вхідних параметрів (фонове значення потенціалу);

лабораторні дослідження на керованому матеріалі для визначення коефіцієнту механо-електричного перетворення в гірських породах;

неперервний контроль за зміною геоелектричного потенціалу на поверхні в процесі буріння;

якісну і кількісну інтерпретацію результатів вимірювання з метою оцінки геомеханічного стану привибійної зони свердловини.

5. Запропонована методика була апробована в багатьох нафтогазових регіонах (Муравленківське нафтове родовище – Західний Сибір, Шебелинське газове родовище - Дніпрово-Донецька западина, Гвіздецьке нафтове родовище - Внутрішня зона Передкарпатського прогину) з позитивним результатом. Зокрема вона була включена в технічний проект на буріння свердловини № 800 – Шебелинська на Шебелинському газовому родовищі і дала можливість попередити можливість зустрічі зони поглинання промивальної рідини і уточнити наявність хомогенних відкладів.

Економічний ефект від впровадження запропонованої методики обумовлений попередженням ускладнень складає 83853,5 гривень в цінах 1996 року.



ОСНОВНІ ПУБЛІКАЦІЇ ПО РОБОТІ

1. О возможности прогнозирования зон аномально высокого и низкого пластового давления по измерениям геопотенциала / Б.Г.Тарасов, Э.Д. Кузьменко, Б.М.Малярчук, Н.В.Гордийчук // Известия вузов. Нефть и газ.- 1989.- № 1.- С. 14-18.

2. Отражение технологических операций глубокого бурения в электрических полях / Б.Г.Тарасов, Э.Д. Кузьменко, Б.М.Малярчук, Н.В.Гордийчук // Известия вузов. Геология и разведка.- 1989.- № 5.- С. 119-125.

3. Реакция естественного геоэлектрического поля на вскрытие продуктивных нефтеносных пластов / Н.В.Гордийчук, Б.Г.Тарасов, Э.Д.Кузьменко, Г.П.Хотулев // Разведка и разработка нефтяных и газовых месторождений.- 1990.- Выпуск 27.- С.47-49.

4. Гордійчук М.В. Прогнозування геомеханічних ефектів, що виникають в пригирловій зоні свердловини під час буріння. // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ: Сб. наук. пр.- К.: УМК ВО, 1991.- С.13-15.

5. О геомеханической природе потенциалов электрического поля в земной коре / В.В.Иванов, Б.Г.Тарасов, Э.Д.Кузьменко, Н.В.Гордийчук // Известия вузов. Геология и разведка.- 1991.- № 3.- С. 101-104.

6. Тарасов Б.Г., Малярчук Б.М., Гордійчук М.В. Технологічні аномалії геоелектричного поля // Нафтова і газова промисловість.- 1992.- № 2.- С.17-20.

7. О возможности контроля разработки нефтегазоконденсатных месторождений электрическими методами / Зинченко И.А., Кузьменко Э.Д., Фык И.М., Гордийчук Н.В., Штогрин Н.В. // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ.- 1994.- Випуск 31.- С.76-85.

8. А.с. 1656122 СССР, МКИ Е 21 С 39/00. Устройство для исследования оптико-электрических и акустических свойств горных пород в процессе их разрушения / Б.Г. Тарасов, Я.Д. Климишин, Н.В. Гордийчук, Б.Е. Склярская, А.Г. Бирик (СССР).- № 4633445/03; Заявлено 09.01.89; Опубл. 15.06.91, Бюл. № 22.- 3 с.

9. А.с. 1680982 СССР, МКИ Е 21 С 39/00. Способ контроля геомеханических процессов в массиве горных пород / Б.Г.Тарасов, Б.М.Малярчук, Н.В.Гордийчук, Я.Д.Климишин, В.В.Дырдин, К.К.Козел (СССР).- № 4491451/03; Заявлено 10.10.88; Опубл. 30.09.91, Бюл. №36.- 2с.

10. Малярчук Б.М., Гордийчук Н.В. О методике измерения геоэлектрического поля в окрестности устья скважины // Ивано-Франковский ин-т нефти и газа.- Ивано-Франковск, 1989.- 7с.- Деп. В УкрНИИТИ 22.03.89, № 845 – Ук89.

11. Малярчук Б.М., Гордійчук М.В., Подольян О.В. Результати досліджень геоелектричного поля при бурінні свердловини Шебелинська-800 // Тези доповідей і повідомлень міжнародної науково-методичної конференції “Проблеми буріння нафтових і газових свердловин на родовищах України шляхи удосконалення підготовки фахівців”.- Івано-Франківськ, 1995.- С.62-63.

12. Гордійчук М.В., Кузьменко Е.Д., Подольян О.В. Літологічне розчленування розрізу за спостереженнями техногенного поля на поверхні землі у процесі буріння // Тези доповідей і повідомлень міжнародної науково-методичної конференції “Проблеми буріння нафтових і газових свердловин на родовищах України шляхи удосконалення підготовки фахівців”.- Івано-Франківськ, 1995.- С. 66-67.

АНОТАЦІЯ

Гордійчук М.В. Розробка методики оцінки геомеханічного стану гірських порід у процесі буріння свердловини.

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, 2000.

Дисертація присвячена питанням розробки методики оцінки геомеханічного стану гірських порід в процесі буріння. На основі аналітичних, лабораторних і промислових досліджень запропоновано методику оцінки і прогнозування геомеханічного стану гірських порід, яка базується на використанні інформації при зміні геоелектричного потенціалу в процесі буріння. Встановлено, що запропонована методика дозволяє оцінювати і прогнозувати стан порід за 8-10 м до вибою.

Розроблена лабораторна установка для визначення коефіцієнту механо-електричного перетворення в гірських породах.

Результати теоретичних досліджень знайшли підтвердження в ході промислових досліджень і стали базою для створення методики оцінки геомеханічного стану гірських порід, успішно апробованої у виробничих умовах.

Ключові слова: ускладнення, свердловина, геоелектричний потенціал, аномалія, градієнт, літологія, буріння.

АННОТАЦИЯ

Гордийчук Н.В. Разработка методики оценки геомеханического состояния горных пород в процессе бурения скважины.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.15.10 – Бурение скважин, Ивано-Франковский государственный технический университет нефти и газа, 2000.

Диссертация посвящена вопросам разработки методики оценки геомеханического состояния горных пород в процессе бурения. На основании аналитических, лабораторных и промышленных исследований предложено методику оценки и прогнозирования геомеханического состояния горных пород, которая базируется на использовании информации при изменении геоэлектрического потенциала в процессе бурения. Установлено, что предлагаемая методика позволяет оценить и прогнозировать состояние пород за 8-10 м до забоя.

Разработана лабораторная установка для определения коэффициента механо-электрического преобразования в горных породах.

Проведены измерения условий вскрытия пласта. Показано, что изменение пластового давления отражается в электрическом поле и фиксируется на поверхности Земли. Количественная характеристика изменения электрического поля выражается одним и тем же уравнением. Результаты наблюдений можно рассматривать как перспективный метод непрерывного контроля давления на забое скважины в процессе ее проводки и эксплуатации.

Результаты теоретических исследований нашли подтверждение в ходе промышленных исследований и стали основой для создания методики оценки геомеханического состояния горных пород, успешно апробированной в производственных условиях.

Выполнена оценка экономической эффективности применения методики оценки геомеханического состояния горных пород в процессе бурения.

Ключевые слова: осложнения, скважина, геоэлектрический потенциал, аномалия, градиент, литология, бурение.

SUMMARY

Gordiychuk M. V. The evaluation methods of the mountainous rock geomechanical state in the process of well drilling.

Thesis for a Scientific Degree of the Candidate of Technical Sciences in Well Drilling, Ivano-Frankivsk State Technical University of Oil and Gas, 2000.

Thesis is aimed at the evaluation methods of the mountainous rock geomechanical state in the process of well drilling.

The evaluation and foreseeing methodic of the mountainous rock geomechanical state on the principles of the utilization of the key information while changing the geoelectrical potential in the drilling process has been offered on the analytical, laboratory and industrial basis. It has been proved that the foreseeing methodic allows to estimate and forecast the rock state within 8-10 meters before the face.



as222

The laboratory device has been developed for the defining the coefficient of the mechanical-electrical transformathion in mountainous rocks.

The theoretical investigation results have been proved in the course of industrial experiments and became the grounding for the creation of the evaluation methods of the mountainous rock which was tested at the industrial enterprises.

Key words: complication, well, geoelectrical potential, anomaly, gradient, litology, drilling.