

БДН. 213. 27  
Б24

Івано-Франківський національний технічний  
університет нафти і газу

**Барановський Едуард Миколайович**

УДК 622.243.57(04)  
Б24

**УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ВІДБОРУ КЕРНА  
ПРИ БУРІННІ ГЛИБОКИХ СВЕРДЛОВИН**

Спеціальність 05.15.10 - буріння свердловин

п/мв.

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук



Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу Міністерства освіти і науки України.

НАУКОВИЙ КЕРІВНИК: кандидат технічних наук, доцент  
**Возний Василь Романович**,  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, доцент кафедри морських нафтогазових споруд.

ОФІЦІЙНІ ОПОНЕНТИ: доктор технічних наук, професор  
**Ясов Віталій Георгійович**,  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, професор кафедри буріння нафтових і газових свердловин;

кандидат технічних наук  
**Кунцяк Ярослав Васильович**,  
ВАТ “Український нафтогазовий інститут”,  
завідувач відділу технічних засобів буріння.

ПРОВІДНА ОРГАНІЗАЦІЯ: Український науково-дослідний інститут природних газів, ДК “Укргазвидобування”, НАК “Нафтогаз України”, м. Харків.

Захист відбудеться «11» 10 2002 р. о 12<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д20.052.02 Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу за адресою: 76019, Україна, м. Івано-Франк

Франк  
76019,

Івано-  
сокою:

*у/сх*

спец

О.Т.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Однією з найбільш складних проблем на шляху глибоких соціально-економічних перетворень в Україні є забезпечення вуглеводневою сировиною власного виробництва. Це передбачає відкриття нових нафтогазоносних територій і освоєння технологій глибокого буріння свердловин.

Розвідка нових покладів нафти і газу здійснюється розвідувальним бурінням, яке є складним, трудомістким і дорогим етапом комплексної розвідки. Ефективність його залежить від цілого ряду факторів, у тому числі від найбільш повного вивчення геологічної будови перспективного розрізу конкретної площі.

Практика буріння розвідувальних свердловин показала, що без отримання керна матеріалу із проектних горизонтів неможливо вирішити весь комплекс задач глибокої розвідки на нафту і газ. Однак отримання кондиційного виносу керна при бурінні глибоких свердловин пов'язано з рядом проблем.

Для буріння глибоких свердловин характерні дві головні особливості: дефіцит інформації про гірничо-геологічні умови та екстремальні значення параметрів технологічного процесу – напружень, тисків, температур. Результатом впливу цих параметрів на ефективність відбору керна стало зниження його виносу і якості зі зростанням глибин свердловин.

Відсутність науково обґрунтованих критеріїв оцінки виносу керна в залежності від гірничо-геологічних умов буріння глибоких свердловин стримує процес удосконалення технології відбору керна і створення ефективного кернавідбирного інструменту. Тому дослідження процесу керноутворення в екстремальних умовах глибокого буріння набуває важливого наукового значення для одного із основних елементів технології буріння – відбору зразків порід.

Об'єктом для досліджень вибрано Західний регіон України, який характеризується надзвичайною різноманітністю гірничо-геологічних умов буріння свердловин.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота відповідає науковим напрямкам Пів УкрДГРІ.

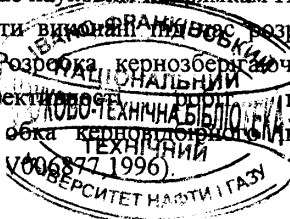
Основні розділи роботи виконані в процесі розробки наукових проблем держбюджетної тематики "Розробка керназбергаючої технології буріння з метою підвищення ефективності процесу відбору керна" (№01 глиб) "Ново-технічна обка кернозбергаючого інструменту для буріння" (№01 глиб) (1996).

(№01  
глиб)

НТБ  
ІФНТУНГ



as73



Окремі розділи роботи виконувалися за договірною темою “Разработать кернаотборный инструмент для отбора керна из трещиноватых и продуктивных пород глубоких и сверхглубоких скважин, обеспечивающий вынос керна свыше 60 %” (№0195V019345,1992).

**Мета і завдання дослідження.** Удосконалення техніки і технології відбору керна на основі теоретичних досліджень процесу його утворення та руйнування при бурінні глибоких свердловин.

**Об’єкт дослідження** – бурова механічна система “гірська порода – кернавідбірні пристрої – технологія буріння”.

**Предмет дослідження** – методологія відбору керна.

**Основні задачі дослідження.**

1. Аналіз досліджень роботи технічних засобів і технології буріння з відбором керна.
2. Дослідження ступеня руйнування керна в умовах тріщинуватості і деформації гірських порід у масиві.
3. Розробка класифікації гірських порід за складністю відбору керна.
4. Обґрунтування критеріїв вибору параметрів технічних засобів з метою максимального захисту керна від руйнування.
5. Розробка концепції кернаозберігаючої технології буріння, удосконалення техніки відбору керна та промислова перевірка ефективності її роботи.

**Методи дослідження** – аналітичний метод дослідження ступеня руйнування керна, статистичні методи аналізу показників відбору керна, експериментальні методи дослідження конструктивних параметрів кернавідбірного інструменту.

**Наукова новизна одержаних результатів.**

1. Встановлено залежність для визначення показника тріщинуватості гірських порід, а також зв’язок цієї залежності з коефіцієнтом вторинного руйнування керна.
2. Отримано залежності для прогнозування товщини диска керна під час його саморуйнування за різних пружних та фізико-механічних властивостей гірських порід і параметрів буріння.
3. Вперше запропоновано аналітичні залежності виносу керна від його питомої кускавості і товщини диска під час саморуйнування.

**Практичне значення отриманих результатів.**

Практична цінність проведених досліджень полягає в подальшому вдосконаленні вивчення ступеня впливу групи факторів (геологічних,

технічних і технологічних) на процес керноутворення та збереження керна.

На підставі критеріїв оцінювання ступеня тріщинуватості гірських порід розроблено класифікацію їх за тріщинуватістю відповідно до умов буріння глибоких свердловин. За допомогою цієї класифікації можна вибрати типорозмір бурильної головки і керновідбірною пристрою, режим буріння в породах різного ступеня тріщинуватості та вирішити ряд інших практичних задач.

Виведені залежності для прогнозування товщини диска керна дають можливість встановити характер залежності його від глибини свердловини, діаметра керна та густини бурового розчину.

Отримані аналітичні залежності виносу керна від питомої кускуватості керна та товщини його диска дають змогу оцінити якість кернового матеріалу і прогнозувати винос керна в умовах саморуйнування.

Розроблена класифікація гірських порід за складністю відбору керна дозволяє об'єктивно за кількісними характеристиками оцінити стан гірських порід, обґрунтовано і диференційовано вибрати комплекс технічних засобів і технологію буріння для отримання кондиційного керна в конкретних гірничо-геологічних умовах.

На підставі проведених досліджень і основних вимог до керновідбірних пристроїв створена спеціальна концепція конструювання, що базується на визначенні оптимальної кількості набору вузлів та технологічних параметрів, які б задовольняли вимоги до кернового матеріалу згідно з поставленою геологічною задачею. На її основі розроблено нові конструкції керновідбірних пристроїв і бурильних головок фрезерного типу. Промислові випробування керновідбірних пристроїв підтвердили їх працездатність і ефективність.

**Особистий внесок здобувача.** Основні положення та результати дисертаційної роботи отримані автором самостійно. Встановлено критерії оцінки тріщинуватості гірських порід та явища дискування керна [2, 6]. Запропоновано класифікацію гірських порід за складністю відбору керна [3], в яку введено кількісні критерії їх тріщинуватості.

При розробці нових керновідбірних пристроїв [4, 5, 7, 8] запропоновано конструкцію керновідривача закритого типу, виконавчий механізм його роботи, дренаж рідини із керноприймальної труби в затрубний простір, аварійний роз'єднувач. Виготовлено і проведено промислові випробування більшості пристроїв.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення дисертаційної роботи доповідались на:

- науково-практичній конференції “Стан і перспективи розвитку розвідувального та експлуатаційного буріння й закінчення свердловин в Україні” (м. Харків, 1998 р.);

- науково-практичній конференції “Буріння нафтових і газових свердловин” (До 100-річчя нафтової промисловості, м. Івано-Франківськ, 1998 р.);

- науково-практичній конференції “Проблеми буріння нафтових і газових свердловин” (відділення буріння УНГА, м. Івано-Франківськ, 1999 р.);

- наукових семінарах кафедри буріння нафтових і газових свердловин Івано-Франківського державного технічного університету нафти і газу (м. Івано-Франківськ, 2000 – 2001 рр.).

**Публікації.** Основні положення дисертаційної роботи опубліковано у 8 наукових працях, з них одна праця без співавторства і одна захищена авторським свідоцтвом.

**Структура та обсяг роботи.** Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, використаних джерел і додатків. Робота містить 147 сторінок друкованого тексту, 37 рисунків, 13 таблиць, список використаних джерел із 102 найменувань та 3 додатки.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**У вступі** обґрунтовано актуальність проблеми, сформульовано мету і задачі досліджень, подано коротку загальну характеристику роботи.

**В першому розділі** зроблено аналіз вітчизняних та зарубіжних досліджень, який дозволив оцінити сучасний стан техніки і технології буріння з відбором керна при поглибленні глибоких свердловин.

Значний вклад у дослідження роботи керновідбірної інструменту і вивчення впливу техніко-технологічних параметрів на ефективність процесу буріння з відбором керна внесли вітчизняні і зарубіжні вчені: Ю. Ф. Алексєєв, Т. К. Астаф'єв, А. К. Атякін, І. І. Барабашкін, О. Ю. Бергштейн, І. П. Дороднов, Я. А. Едельман, І. К. Князєв, Я. В. Кунцяк, В. І. Мандрус, О. Г. Мессер, Б. Д. Панов, С. С. Сулакшин та інші.

Незважаючи на те, що частка інтервалів відбору керна в загальному обсязі розвідувального буріння порівняно невелика (5–10 %), на їх проходження витрачається багато часу і коштів. Це спричинено складними умовами утворення і збереження керна, пов'язаними як з недостатньою стійкістю порід, так і з екстремальними значеннями параметрів технологічного процесу. Винос керна в таких умовах різними конструкціями керновідбірних

інструментів становить від 0 до 30 – 40 %. У розділі наведена класифікація керновідбірних пристроїв та їх відповідність умовам відбору керна.

На підставі аналізу промислового матеріалу в ДГП “Західукргеологія” встановлено, що всю гаму причин низького виносу керна складають чотири основні тісно пов’язані групи факторів: геологічні, технічні, технологічні та організаційні. Геологічні фактори є незмінними та некерованими і найбільше впливають на формування і збереження керна. Фактори техніко-технологічні змінні і регулюються в процесі буріння.

Стале підвищення ступеня руйнування керна розпочинається з глибини близько 5000 м. Відбір керна супроводжується саморуйнуванням і самозаклинюванням його в керновідбірному пристрої при незмінній техніці і технології буріння. Показники відбору знижуються в середньому на 30 – 50 %, незважаючи на значні удосконалення технічних засобів. Найважливішою причиною погіршення показників відбору керна є його прогресуюче дискування із зростанням глибини свердловини.

Викладений вище матеріал дозволив визначити мету і основні задачі досліджень.

У другому розділі наведені методи і критерії оцінки тріщинуватості гірських порід та явища дискування керна. Досліджено характер впливу цих критеріїв на ступінь руйнування керна матеріалу.

Основним критерієм, який дозволяє точно та оперативно оцінити ступінь тріщинуватості порід, є питома кускуватість керна. Для детальнішої оцінки ступеня порушення гірських порід, їх структурних і текстурних особливостей використовують додатковий критерій, який названо показником тріщинуватості породи  $C_n$  – кількість тріщин, що зустрічаються бурильною голівкою за один повний оберт. Для визначення цього показника використовується формула

$$C_n = \frac{d_k K_{\text{птг}} \lambda}{\text{tg} \beta}, \quad (1)$$

де  $d_k$  – діаметр керна, м;

$K_{\text{птг}}$  – питома кускуватість керна, шт./м;

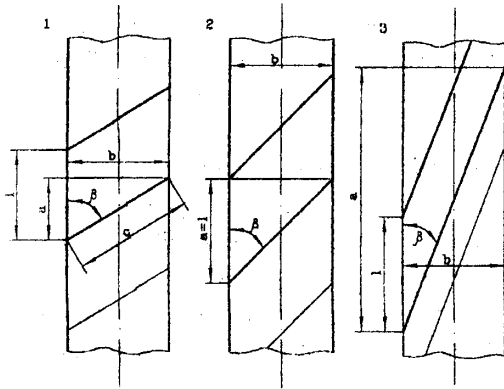
$\lambda$  – коефіцієнт, що враховує ступінь повторного дроблення гірської породи;

$\beta$  – кут зустрічі площини тріщини з віссю свердловини, град.

Основні елементи тріщини, яка перетинає стовпчик керна, показано на рис. 1. У побудованому в ньому прямокутному трикутнику гіпотенуза  $c$  –

довжина тріщини, що перетинає kern у даному перерізі, катет  $a$  – проекція довжини тріщини на бокову поверхню керна, катет  $b$  – діаметр керна.

На підставі аналізу формули (1) і зроблених в ній перетворень нами отримано залежність, яка має вигляд :



$$C_{\pi} = \frac{\lambda a}{l},$$

де  $l$  – середня довжина стовпчика керна, м.

Таким чином, показник тріщинуватості гірської породи є безрозмірною величиною і визначає відносну довжину керна, яка зазнає впливу даної тріщини.

Для визначення коефіцієнта  $\lambda$  нами запропоновано залежність :

Рис. 1. Основні елементи тріщини, яка перетинає стовпчик керна:

- 1 –  $\beta = 60^\circ$ ,  $a < b$ ;  
 2 –  $\beta = 45^\circ$ ,  $a = b$ ;  
 3 –  $\beta = 30^\circ$ ,  $a > b$ .

$$\lambda = 1 - \varphi,$$

де  $\varphi$  – коефіцієнт вторинного руйнування керна.

$$\varphi = \frac{L_1 - L_2}{L_1},$$

де  $L_1$  – теоретична довжина керна, що може бути отримана в даному інтервалі, м;

$L_2$  – довжина відбраного керна, м.

На підставі цих критеріїв нами розроблено класифікацію гірських порід за тріщинуватістю відповідно до умов буріння глибоких свердловин з відбором керна (табл. 1).

Для встановлення характеру залежності виносу керна від ступеня порушення гірської породи запропонована формула :

$$C_{\pi} = \frac{(1 - B_{\kappa}) d_{\kappa} \lambda}{0,02 \operatorname{tg} \beta},$$

де  $B_{\kappa}$  – винос керна, %;



0,02 – коефіцієнт, отриманий математичною обробкою на ЕОМ даних табл. 1.

Для визначення характеру залежностей розрахункових величин від вихідних даних нами виконано обчислення для найбільш характерних технологічних і геолого-технічних параметрів.

Таблиця 1

## Класифікація гірських порід за тріщинуватістю

Група гірських порід за тріщинуватістю	Ступінь тріщинуватості гірських порід	Питома кускуватість керна $K_{\text{пит}}$ , шт./м	Показник тріщинуватості $C_{\text{т}}$	Винос керна $B_k$ , %
1	Монолітні і слаботріщинуваті	1...10	0,15...0,45	100...80
2	Середньотріщинуваті	10...20	0,50...0,80	80...60
3	Сильнотріщинуваті	20...30	0,85...1,15	60...40
4	Дуже тріщинуваті	>30	1,20...1,50	40...20

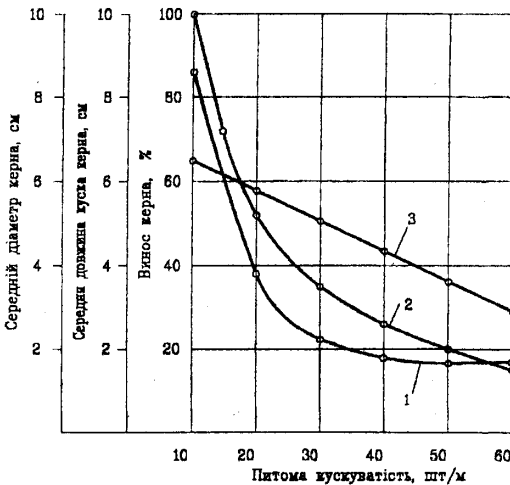


Рис. 2. Залежність показників якості керна від ступеня його вторинного руйнування:

$$1 - B_k = f(K_{\text{пит}}); \quad 2 - l_k = f(K_{\text{пит}}); \quad 3 - d_k = f(K_{\text{пит}}).$$

Результати розрахунків подано у вигляді графіка залежності показників якості керна від ступеня його вторинного руйнування (рис.2).

Під час буріння глибокої свердловини в напруженому масиві порід під її вибоєм проходить часткове розвантаження породи, яке викликане заміною дії гірського тиску дією меншого тиску стовпа бурового розчину. Це розвантаження породи (енергія розвантаження  $\Delta U$ ) може призвести до саморуйнування керна на диски.

Для визначення цієї енергії нами виведена формула :

$$\Delta U = \frac{0,39H^2 d_x^2 l g^2 (\rho_n^2 - \rho_p^2)}{E}, \quad (2)$$

де  $H$  – глибина свердловини, м;

$\rho_n$  і  $\rho_p$  – густина, відповідно, породи і рідини, кг/м<sup>3</sup>;

$g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;

$E$  – модуль пружності гірської породи, Па.

Прогнозування товщини дисків керна  $l$  здійснюється за формулою:

$$l = \frac{2,55E\Delta U}{H^2 d_x^2 (\rho_n^2 - \rho_p^2) g^2}. \quad (3)$$

Для побудови функціональної залежності  $l = f(H)$  визначають  $\Delta U$  для глибини, на якій дискування набуло помітного характеру. У цьому випадку  $d_x = l$  (це підтверджується даними з Кольської свердловини) і формула (2) запишеться у вигляді:

$$\Delta U = \frac{0,39H^2 d_x^3 g^2 (\rho_n^2 - \rho_p^2)}{E}. \quad (4)$$

Якщо пружні, фізико-механічні властивості порід і параметри буріння з глибиною не змінюються, формула (3) спрощується до:

$$l = d_x \left( \frac{H_0}{H} \right)^2, \quad (5)$$

де  $H_0$  – глибина свердловини, на якій відмічено початок дискування керна, м;

$H$  – глибина свердловини, для якої визначається товщина диска, м.

На основі фактичних даних зміни товщини дисків керна зі зростанням глибини Кольської свердловини і отриманих за розрахунками побудовано графік залежності довжини керна (товщини дисків) від глибини свердловини (рис. 3).

Рівень збіжності експериментальних і аналітичних даних свідчить про правомірність прийнятої методики для розрахунків товщини дисків керна зі зростанням глибини свердловини.

Для встановлення характеру залежності ефективності відбору керна від

явища його дискування нами розроблена методика, що дає змогу визначати глибину, на якій розпочнеться даний процес, і прогнозувати винос керна в необхідному інтервалі його відбору. Проблема вирішена завдяки використанню відомого явища, яке відмічене під час буріння Кольської надглибокої свердловини і полягає у зміні буримості зі зростанням глибини свердловини, що наглядно характеризується коефіцієнтом буримості  $K_1$ . Він визначається за відомою формулою :

$$K_1 = \frac{\delta_i}{\delta_0},$$

де  $\delta_i$  – поглиблення за один оберт на конкретній глибині, мм/об ;

$\delta_0$  – поглиблення за один оберт у верхньому інтервалі свердловини, мм/об.

$$\delta_i = \frac{h}{60nT},$$

де  $h$  – проходка за рейс, мм;

$n$  – частота обертання долота, хв<sup>-1</sup>;

$T$  – час буріння, год.

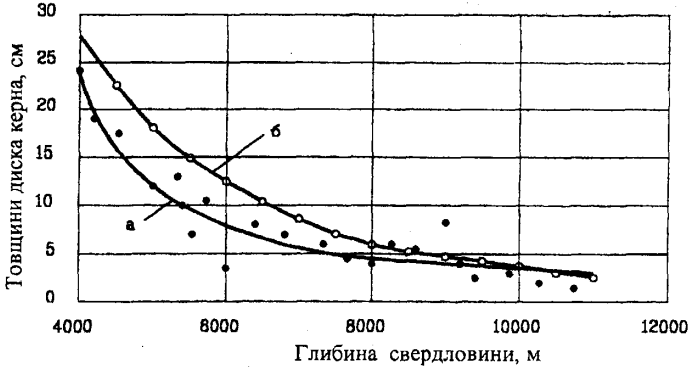


Рис. 3. Залежність товщини диска керна від глибини свердловини:  
 а – фактичні дані, отримані під час буріння Кольської надглибокої свердловини ;  
 б – дані, розраховані за формулою (3).

Для зручності стовбур свердловини розбивають на інтервали по 1000 м. Поглиблення долота за один оберт першого інтервалу ( $\delta_0$ ) 0 –1000 м є репером для обчислення  $K_1$ . Глибина, з якої починається зростання коефіцієнта буримості, і є початком дискування керна.

В результаті виконаних досліджень встановлено, що основними критеріями оцінки дискування керн є енергія розвантаження  $\Delta U$ , товщина диска керн  $l$  і коефіцієнт буримості  $K_1$ . Наявність критеріїв оцінки явища дискування керн дає змогу розробити ефективні методи його зменшення та технологію і спеціальні технічні засоби буріння з відбором керн.

Для встановлення характеру залежності виносу керн від дискування нами використані формули (3 – 5), завдяки яким отримано залежності:

$$B_k = a \left( \frac{2,55 \Delta U E}{H^2 d_k^2 g^2 (\rho_n^2 - \rho_p^2)} \right)^b, \quad (6)$$

і

$$B_k = a \left[ d_k \left( \frac{H_0}{H} \right)^2 \right]^b.$$

Математичною обробкою промислових даних на ЕОМ методом найменших квадратів встановлено, що для умов Кольської свердловини (СГ-3) коефіцієнт  $a = 130$ , а показник степеня  $b = 0,39$ .

За фактичним матеріалом з відбору керн, а також середніми значеннями фізико-механічних властивостей основних типів порід розрізу надглибокої свердловини СГ-3 побудовано графік залежності виносу керн від глибини свердловини (рис. 4).

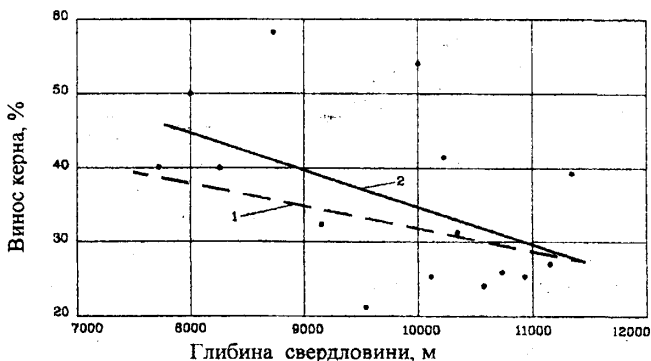


Рис. 4. Залежність виносу керн при його дискуванні від глибини свердловини:

1 – фактичні дані, отримані під час буріння надглибокої свердловини СГ-3;

2 – дані, розраховані за формулою (6).

Отримана збіжність експериментальних і аналітичних даних свідчить про можливість використання даної методики для прогнозування виносу керна в умовах його дискування.

З метою перевірки методики в гірничо-геологічних умовах Західного регіону нами використано промисловий матеріал з відбору керна на двох надглибоких свердловинах (Шевченкове-1 і Синьовидне-1).

На його основі обчислено коефіцієнт буримості для конкретних глибин вказаних свердловин. За результатами розрахунків встановлено, що дискування керна на свердловині Шевченкове-1 розпочалося на глибині 4850 м, а Синьовидне-1 – 4650 м.

Визначені кількісні критерії оцінки тріщинуватості гірських порід та явища дискування керна дають змогу оцінити інформативність кернового матеріалу, а також ефективність вибраної технологічної схеми відбору керна.

**Третій розділ** присвячено обґрунтуванню критеріїв оцінки гірських порід за умовами утворення керна і вибору техніки для його відбору. Отримання кернового матеріалу необхідної кондиції і в достатній для досліджень кількості вимагає відбору його у відповідності з класифікацією гірських порід за складністю відбору керна.

На підставі досліджень встановлено, що спільним недоліком існуючих класифікацій є складність їх практичного застосування в конкретних гірничо-геологічних умовах буріння свердловини. Тому виникла необхідність розробки такої класифікації гірських порід, яка б усувала цей недолік, враховувала всі фактори, що руйнують kern, та їх взаємозв'язок і давала змогу застосовувати її в будь-яких умовах.

Було обґрунтовано домінуючу ознаку і розроблено еталонну схему класифікації гірських порід за складністю відбору керна. За домінуючу ознаку взято лінійний винос керна, оскільки він має точну кількісну характеристику і в процесі буріння залежить від дії всіх врахованих і неврахованих факторів керноутворення, охоплюючи, таким чином, вплив всіх цих факторів і зводячи його до інтегрального показника.

Еталонна схема розроблена як основа нової класифікації гірських порід за складністю відбору керна і побудована на структурно-текстурних, фізико-механічних властивостях порід і ступені їх тріщинуватості. Всі породи поділено на п'ять груп за лінійним виносом керна у відсотках з градацією кожної групи 20 %. Вона дає змогу об'єктивно оцінити гірські породи за складністю відбору керна, прогнозувати його винос та вибрати комплекс технічних засобів і технологію буріння для отримання кондиційного керна в

конкретних гірничо-геологічних умовах.

Введення в еталонну схему критерію тріщинуватості порід як основного геологічного фактора забезпечує врахування додаткових ускладнень у процесі керноутворення і посилення руйнівної дії на керн факторів, які характеризують їх фізико-механічні властивості.

З метою отримання геологічної інформації необхідного рівня нами обґрунтовано геолого-технічні критерії вибору технічних засобів для відбору керна та сформульовано основні вимоги до них. На цій підставі розроблено рекомендації для вибору оптимальних параметрів керновідбірних пристроїв, які забезпечують максимальний захист керна від руйнування. Вони дають змогу за геологічною характеристикою і фізико-механічними властивостями конкретних порід вибрати основні конструктивні параметри технічних засобів для відбору керна. Якщо існуючі засоби не повною мірою відповідають заданим параметрам, необхідно провести обмежений вибір за п'ятьма параметрами. Він враховує діаметр керноприйому, тип підшипникового вузла, кріплення керноприймальної труби, тип керновідривача і схему промивки.

У четвертому розділі наведені результати реалізації досліджень, направлених на розробку основних методичних і техніко-технологічних рішень, та промислової їх перевірки.

Проблема отримання кондиційного керна на площах зі складними гірничо-геологічними умовами, особливо під час буріння глибоких свердловин, була і залишається актуальною. У зв'язку з цим нами розроблено концепцію кернозберігаючої технології для забезпечення відбору кондиційного керна. Вона суттєво відрізняється від традиційних технологій і являє собою комплекс методів і технічних засобів відповідно до умов буріння глибоких свердловин. В ній передбачено прогнозування виносу керна в умовах його дискування, а також такі варіанти, як накладення технологічних обмежень на параметри режиму буріння, перехід на збільшений діаметр керноприйому, розробка спеціального технічного засобу, який повністю відповідатиме заданим конструктивним параметрам.

Порівняння діючих вимог до керновідбірного інструменту з практичними рекомендаціями для вибору оптимальних параметрів керновідбірних пристроїв показало, що вдосконалення його стосувалося переважно бурильних головок і компоновок керновідривачів. Група загальнотехнічних вимог до керноприймальних вузлів розглядалася недостатньо.

З конструктивної точки зору керновідбірні пристрої однотипні і відрізняються в основному типом бурильної головки, діаметром керна і

складанням та регулюванням в умовах експлуатації на буровій. У зв'язку з цим, крім удосконалення існуючих конструкцій керновідбірних інструментів, нами розроблено ряд нових керновідбірних пристроїв та бурильних головок фрезерного типу для порід з особливо складними умовами керноутворення. З цією метою створена спеціальна концепція конструювання, яка базується на визначенні оптимальної кількості набору вузлів та технологічних параметрів, які б задовольняли вимоги до кернового матеріалу згідно з поставленою геологічною задачею.

Для відбору керна в тріщинуватих слабостійких породах (особливо з переміжною твердістю) розроблено два типорозміри керновідбірних пристроїв (КС-146/60, КС-2М-172/80). Конструктивними особливостями їх є застосування керновідривача закритого типу, можливість зменшення контакту керна з буровим розчином, дренаж промивної рідини із керноприймальної труби в затрубний простір, наявність аварійного роз'єднувача.

Для підвищення ефективності відбору керна із глибозалеглих продуктивних відкладів розроблено керновідбірний пристрій малого діаметра (КС-121/52). Відрізняється він від тих, що поставляються із Росії, дренажем промивної рідини із керноприймальної труби в затрубний простір, модернізованою компоновкою керновідривача, новою конструкцією регулювальної головки системи керноприймача.

З метою зниження втрат кернового матеріалу розроблена конструкція пристрою (КС-168/80), яка зменшує передачу вібрацій на керн. До неї введено ряд вузлів та технологічних параметрів, які суттєво відрізняють пристрій від тих, що випускаються в країнах СНД. Цими нововведеннями є відсутність кріплення керноприймальної труби в корпусі, наявність у компоновці керноприймальної труби амортизатора з підшипниковим вузлом, а також аварійного роз'єднувача.

Для відбору керна в тріщинуватих з переміжною твердістю породах розроблено ступінчасті бурильні головки фрезерного типу ДКР-163,5/60СЗ. Використання породоруйнівного інструмента зі ступінчастим торцем дає змогу змінити форму зони попереднього руйнування породи, скоротивши її вертикальні розміри. Крім того, мінімальні розміри пілота зближують середній діаметр бурильної головки з діаметром керна.

Таким чином, розроблені керновідбірні пристрої призначені для відповідної категорії порід згідно з їх класифікацією: із збільшенням складності відбору керна ускладнюється конструкція пристрою.

Проведені випробування керновідбірних пристроїв підтвердили ефективність розробленої концепції конструювання технічних засобів для відбору керна в екстремальних гірничо-геологічних умовах буріння свердловин.

## ВИСНОВКИ

В даній роботі отримали подальший розвиток дослідження процесу керноутворення в екстремальних умовах глибокого буріння, вдосконалено аналітичні методи дослідження ступеня руйнування керна, статистичні методи аналізу показників відбору керна, експериментальні методи дослідження конструктивних параметрів керновідбірного інструменту.

Найважливіші результати дисертаційної роботи:

1. Проведено аналіз досліджень, пов'язаних з вивченням стану робіт з відбору керна, та вказано шляхи їх удосконалення. Встановлено, що до істотних недоліків методів досліджень факторів, які стримують процес удосконалення технології відбору керна і створення ефективного керновідбірного інструменту, слід віднести відсутність критеріїв кількісної оцінки тріщинуватості гірських порід. Результати традиційного дослідження явища дискування керна не дають змоги прогнозувати винос керна зі зростанням глибини свердловини.

2. Запропоновано залежність зміни показника тріщинуватості гірської породи від діаметра керна, ступеня повторного дроблення породи, середньої довжини стовпчика керна та кута зустрічі площини тріщини з віссю свердловини. Встановлено зв'язок цієї залежності з коефіцієнтом вторинного руйнування керна.

3. Встановлено, що товщина диска керна під час його саморуйнування знаходиться в експоненціальній залежності від глибини свердловини і в лінійній – від діаметра керна і густини бурового розчину. Найбільш суттєво на дискування керна впливає його діаметр. Збільшення діаметра в 1,5–2 рази приводить до зростання товщини дисків у 3–4 рази.

4. Отримано аналітичні залежності виносу керна від його питомої кускуватості і товщини диска. Встановлено, що винос керна знаходиться в експоненціальній залежності від питомої кускуватості керна і в лінійній – від глибини свердловини під час дискування. Зіставлення розрахункових залежностей з експериментальними даними дає підставу стверджувати про можливість їх використання для прогнозування виносу керна.



5. Розроблено еталонну схему класифікації гірських порід за складністю відбору керна, яка є основою їх нової класифікації. Вона відрізняється від традиційних тим, що в ній уперше для умов глибокого буріння використано кількісні критерії оцінки тріщинуватості гірських порід. Отримана класифікація дає змогу оцінити гірські породи за складністю відбору керна, прогнозувати винос керна і встановити його відповідність вимогам до ядерного матеріалу в конкретних гірничо-геологічних умовах.

6. Обґрунтовано геолого-технічні критерії вибору технічних засобів для відбору керна та сформульовано основні вимоги до них. На підставі їх розроблено рекомендації для вибору оптимальних параметрів керновідбірних пристроїв, які забезпечують максимальний захист керна від дії негативних факторів керноутворення. Вони дають змогу встановити ступінь відповідності сукупності конструктивних параметрів в керновідбірних пристроях параметрам, вибраним згідно з поставленою геологічною задачею.

7. Розроблено концепцію кернозберігаючої технології буріння, яка істотно відрізняється від існуючих. В ній передбачено прогнозування виносу керна в умовах його дискування. Вибір спеціальних технічних засобів здійснюється за схемою, в якій систематизовано фактори, що призводять до втрат керна під час його саморуїнування.

8. Для порід з особливо складними умовами керноутворення розроблено нові конструкції керновідбірних пристроїв і бурильних головок фрезерного типу. Встановлено доцільність їх розробки за умови, якщо геологічні вимоги до виносу керна відрізняються від прогнозних на 10–15 %. Промисловими випробуваннями експериментальних зразків більшості пристроїв встановлено їх працездатність і ефективність.

## ОСНОВНІ ПУБЛІКАЦІЇ ПО РОБОТІ

1. Барановський Е. М. Критерії оцінювання тріщинуватості та напруженого стану гірських порід // Нафт. і газ. пром-сть. – 2001. – №1. – С. 21–23.

2. Барановський Е. М., Возний В. Р. Методи і критерії оцінки явища дискування керна // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. Серія: Буріння нафтових і газових свердловин. Випуск 38(2). – Івано-Франківськ, 2001. – С. 18–24.

3. Барановський Е. М., Возний В. Р. Класифікація гірських порід за складністю відбору керна // Там же. – С. 24–29.

4. Колонковий снаряд для відбору керна в свердловинах малого діаметра Е. М. Барановський, В. М. Марухняк, П. А. Озарчук, А. М. Переяслов // Мінеральні ресурси України. – 1996. – №2. – С. 30 –31.

5. Барановський Е. М., Мельник Д. М. Колонковий снаряд КС-146/60 для відбору керна в аномально складних умовах // Технологія будівництва нафтових і газових свердловин та автоматизація виробничих процесів: Зб. наук. праць. Вип. 1. – К.: Наук. думка, 1999. – С. 40 – 43.

6. Барановський Е. М., Мельник Д. М. Критерії оцінки тріщинуватості гірських порід // Там же. – С. 92 – 95.

7. А.с. №1654528 СССР, МКИ E21B 25/00. Колонковий снаряд / Э. Н. Барановский, Д. Н. Мельник, А. А. Турко. – № 4622690/24-03; Заявлено 20.12.89; Опубл. 7.06.91, Бюл. №21. – С. 143.

8. Розробки НДІТБ в галузі відбору керна під час буріння глибоких та надглибоких свердловин в складних геологічних умовах Е. М. Барановський, Г. А. Шикеринець, В. В. Мазур, А. М. Плетинецький // Стан і перспективи розвитку розвідувального та експлуатаційного буріння й закінчування свердловин в Україні: Матер. наук.- практ. конф. – Харків: УНГА, 1998. – С. 61.

## АНОТАЦІЇ

Барановський Е. М. Удосконалення методів і засобів відбору керна при бурінні глибоких свердловин.

Дисертація (рукопис) на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.10 – буріння свердловин. – Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, 2002 р.

Захищається 8 наукових праць, які містять дослідження, пов'язані з удосконаленням техніки і технології буріння з відбором керна. Встановлено залежність для визначення показника тріщинуватості гірських порід, а також зв'язок цієї залежності з коефіцієнтами повторного дроблення породи і вторинного руйнування керна. Досліджено ступінь руйнування керна в умовах тріщинуватості і деформації гірських порід у масиві. Розроблено класифікації гірських порід за їх тріщинуватістю та складністю відбору керна. Встановлено аналітичні залежності виносу керна від його питомої кускуватості та товщини диска. Результати проведених досліджень реалізовано шляхом використання їх при розробці основних методичних і техніко-технологічних рішень. Запропоновано нові конструкції керновідбірних пристроїв і бурильних головок фрезерного типу.

Ключові слова: гірська порода, kern, керновідбірний пристрій, бурильна головка.

Барановский Э. Н. Усовершенствование методов и средств отбора керна при бурении глубоких скважин.

Диссертация (рукопись) на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.15.10 – бурение скважин. – Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, Ивано-Франковск, 2002 г.

Защищается 8 научных работ, содержащих исследования, связанные с усовершенствованием техники и технологии бурения с отбором керна.

Анализ отечественных и зарубежных исследований технических средств и технологии бурения с отбором керна позволил установить, что основной причиной потерь и снижения качества кернового материала является степень его вторичного разрушения, обусловленная трещиноватостью и деформацией горных пород в массиве.

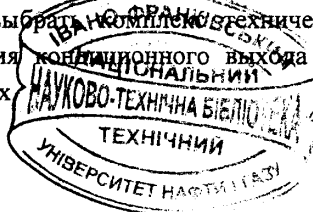
Предложена зависимость для определения показателя трещиноватости горной породы, а также установлена ее связь с коэффициентом вторичного разрушения керна.

Получена формула для прогнозирования толщины диска керна при его саморазрушении. Установлено, что она находится в экспоненциальной зависимости от глубины скважины и в линейной зависимости от диаметра керна и плотности бурового раствора.

Наиболее существенно на дискование керна влияет его диаметр. Увеличение диаметра в 1,5–2 раза приводит к возрастанию толщины дисков в 3–4 раза.

Установлены аналитические зависимости выноса керна от его удельной кусковатости и толщины диска. На этой основе получены формулы, дающие возможность оценить качество кернового материала и прогнозировать его вынос в условиях саморазрушения.

Разработаны классификации горных пород по их трещиноватости и сложности отбора керна. Они позволяют объективно по количественным характеристикам оценить состояние горных пород, обоснованно и дифференцированно выбирать комплекс технических средств и технологию бурения для получения кондиционного выноса керна в конкретных горно-геологических условиях.



Обоснованы критерии, а также разработаны рекомендации по выбору оптимальных параметров керноотборных устройств, обеспечивающих максимальную защиту керна от разрушения.

Результаты исследований реализованы путем использования их при разработке основных методических и технико-технологических решений.

Предложена концепция керносберегающей технологии, представляющая собой комплекс методов и технических средств, соответствующий условиям бурения глубоких скважин с отбором керна.

Установлена группа факторов, влияющих на процесс кернообразования, отрицательное действие которых можно устранить или существенно снизить. Сформулированы основные требования к керноотборным устройствам.

Для пород с особо сложными условиями кернообразования разработаны новые конструкции керноотборных устройств и бурильных головок фрезерного типа.

Даны рекомендации по кондиционному выносу керна и оперативному выбору технических средств и методов его отбора.

Для оценки эффективности выбранной технологической схемы отбора керна предложены два параметра: вынос керна и степень его нарушенности, выраженной отношением средней длины кусков керна к диаметру.

Испытания разработанных устройств подтвердили их работоспособность и эффективность.

Ключевые слова: горная порода, керн, керноотборное устройство, бурильная головка.

Baranovsky E. M. Improvement of methods and techniques in core selection when drilling deep wells.

Ph.D.thesis on gaining the scientific degree of the Candidate of Technical science according to the specialty 05.15.10 – Drilling of Wells. – Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, 2002.

There will be defended eight scientific works that contain investigations concerning the improvement of drilling techniques and technology with core selection. There have been determined the dependence for defining fractured rock indexes as well as the connection of this dependence with the coefficients of the second rock fragmentation and second destruction of core. There have been conducted the investigations of the degree of core destructiveness in the conditions of fractured and deformed rocks in the solid monolith. There have been developed the rock classification according to its fracturing and complexity of core selection. There

have been determined the analytic dependence of core recovery on its feeding density and thickness of disk. There have been accomplished the realization of conducted investigations by using them in the development of main methodical and technological decisions. There have been made the new constructions of core retrieving barrels and core-drilling bits of milling type.

Key words: rock, core, core retrieving barrel, core-drilling bit.