

# Наука — виробництву

УДК 622.244.4

## ГІДРОФОБНО-БІТУМНА ВАННА

<sup>1</sup>М.М.Оринчак, <sup>2</sup>М.І.Оринчак

<sup>1</sup> НАК “Нафтогаз України”, м.Київ, вул. Б.Хмельницького, 6

<sup>2</sup> ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422)

e-mail: drill@nung.edu.ua

С целью повышения устойчивости стенок скважины на основании лабораторных исследований рекомендуется использование гидрофобно-битумной ванны, в состав которой входит 93÷97% дизельного топлива и 3÷7% окисленного битума с температурой размягчения не менее 140÷160°C. Время выдержки гидрофобно-битумной ванны в зоне обваливающихся пород составляет 7 часов. Прочность образцов породы под воздействием гидрофобно-битумной ванны возрастает от 115÷175%. Стоимость гидрофобно-битумной ванны примерно в сто раз меньше стоимости гидрофобно-адгезионной, а продолжительность их действия примерно одинакова.

Основним ускладненням, яке виникає в процесі буріння нафтових та газових свердловин, особливо на площах Дніпровсько-Донецької западини, є обвалювання та осипання стінок свердловини. Причиною цього ускладнення є тектонічні порушення, які спостерігаються у вигляді тріщин при розбурюванні потужних відкладів аргілітів, алевролітів, глинистих сланців тощо. Тріщини є ідеальним каналом для проникнення фільтрату бурового розчину на значну глибину. Фільтрат, проникаючи в стінки свердловини, ще більше зменшує вже до цього ослаблені сили зчеплення в гірській породі і викликає обвалювання та осипання стінок свердловини. Зберегти стійкість стінок свердловини в процесі розбурювання тектонічно порушених порід дуже важко. Простих однозначних вирішень цієї проблеми на сьогоднішній час немає [5].

Заслуговує на увагу застосування гідрофобно-адгезійної ванни [4], яку закачують в свердловину після відпрацювання долота або під час ремонтних робіт, і розміщують проти горизонтів, які осипаються або обвалюються. Гідрофобно-адгезійна ванна, проникаючи в стінки свердловини, підвищує сили зчеплення між частинками породи, які зменшують інтенсивність обвалювання та осипання стінок свердловини.

A hydrophobic-bitumen bath is recommended to increase stability of the well walls, based on the laboratory experiments. This bath consists of 93-97% diesel fuel and 3-7% oxidized bitumen with melting temperature not less than 140 -160°C. The time that hydrophobic-bitumen bath is kept in the well (in the zone of falling reservoir) is equal to 7 hours. The stability of the reservoir samples after treatment with hydrophobic bitumen bath increases from 115% to 175%. The price of the hydrophobic bitumen bath is approximately 100 times less than the hydrophobic adhesive bath while the working time of both baths is approximately the same.

Термін дії гідрофобно-адгезійної ванни значно більший ніж силікатно-калієвої ванни [3]. Основним недоліком гідрофобно-адгезійної ванни є велика вартість, що зменшує ймовірність її застосування в практиці буріння свердловин.

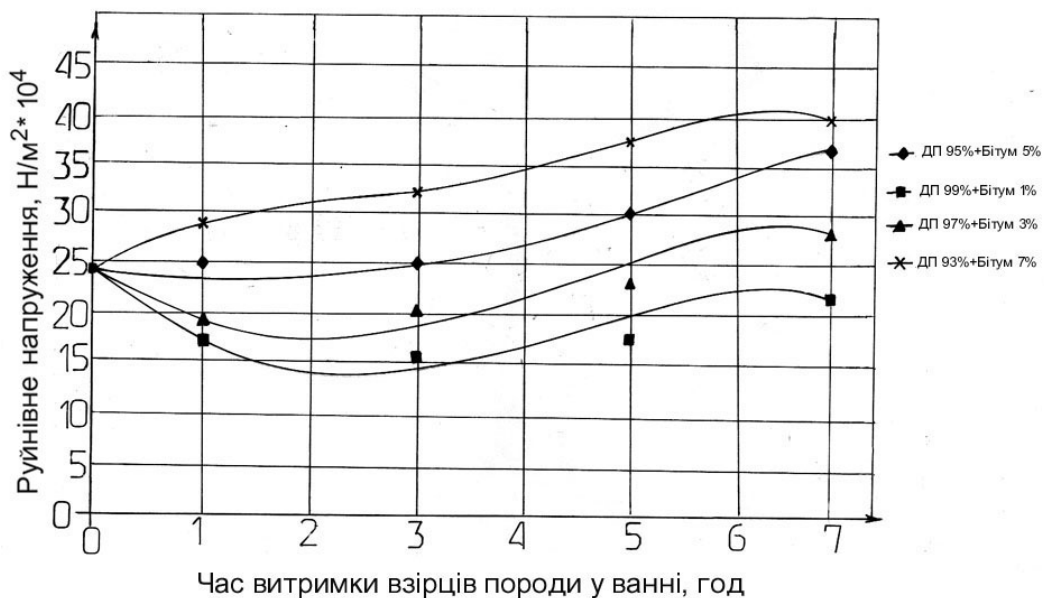
Мета даної роботи – зменшити вартість гідрофобно-адгезійної ванни, зберегти її стійкість до дії фільтрату бурового розчину на водній основі за незначного пониження її ефективності.

Досягається поставлена мета шляхом заміни дорогого синтетичного клею в гідрофобно-адгезійній ванні на окислений бітум з температурою розм'якшування не менше 140-160°C [2]. Розчинником окисленого бітуму, як ми описали раніше [4], використовували дизельне паливо.

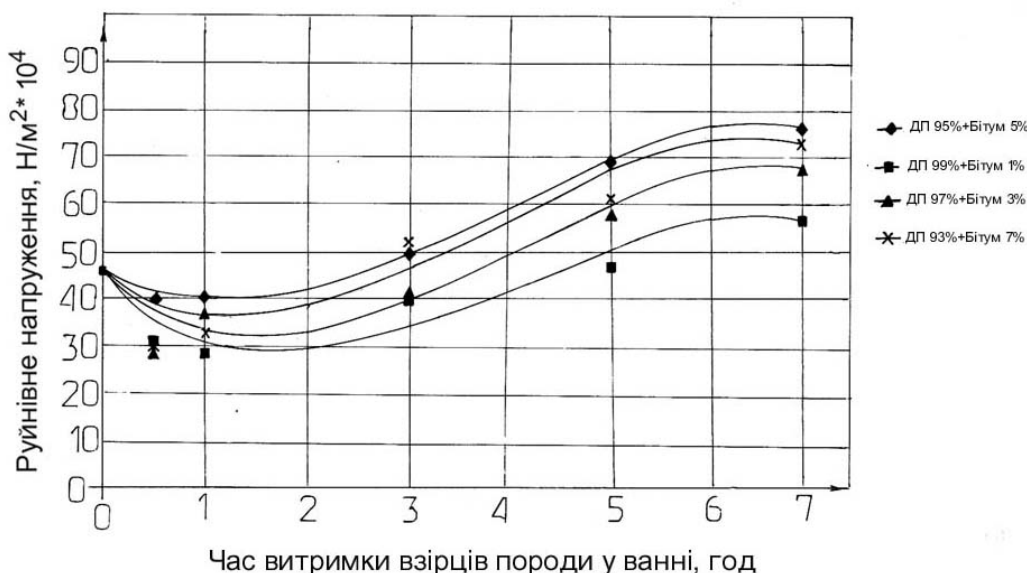
Рецептуру і ефективність гідрофобно-бітумної ванни в лабораторних умовах оцінювали на глиняно-піщаних взірцях породи чотирьох типів:

- а) 15 % глини та 85 % піску;
- б) 50 % глини та 50 % піску;
- в) 85 % глини та 15 % піску;
- г) 100 % глини.

Регулювання вмісту глини дало можливість змінювати проникність взірців породи в широких межах. Технологія виготовлення лабораторних взірців породи та методика прове-



а)



б)

а) високопроникних (85% піску; 15% глини); б) середньопроникних (50% піску; 50% глини) зразків породи залежно від часу та концентрації бітуму в ванні

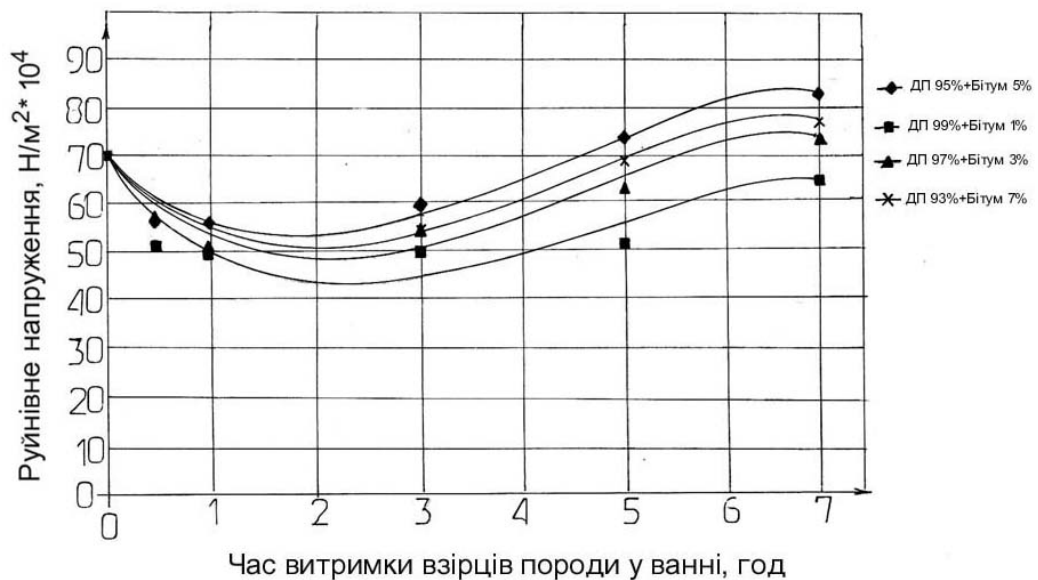
Рисунок 1 — Динаміка руйнування

дення лабораторних досліджень були аналогічні тим, які застосовувались під час досліджень гідрофобно-адгезійної ванни [1, 4].

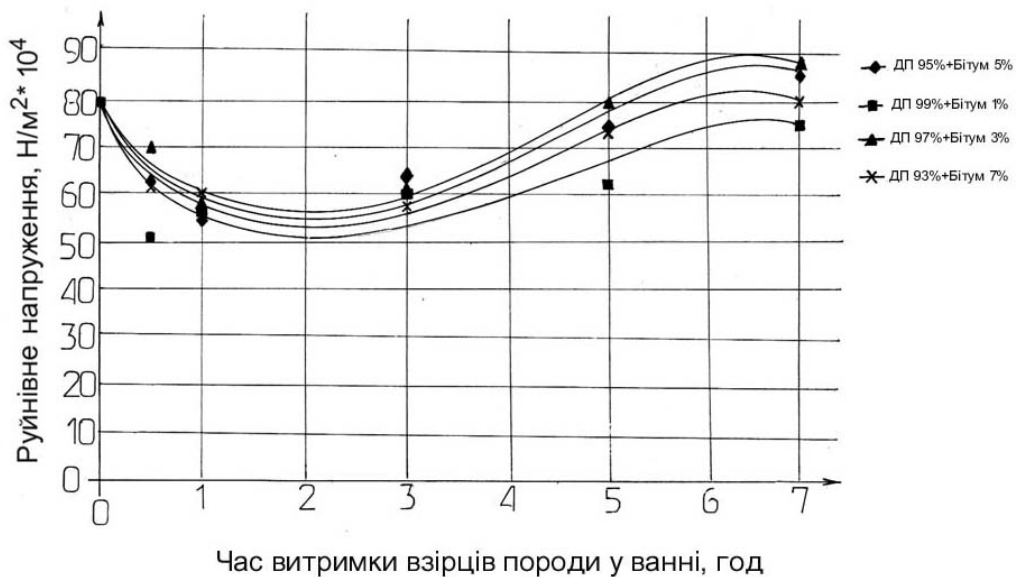
Окислений бітум нагрівали до температури плавлення, а потім розводили його в дизельному паливі. Концентрація бітуму в дизпаливі коливалась в межах (1÷9)%. Після визначення початкової міцності на стискування незруйновані глиняно-піщані зразки породи поміщали в гідрофобно-бітумну ванну з різною концентрацією бітуму і витримували їх у ванні від 1 до 9 годин. Через кожні 0,5 або 2,0 годин зразки породи виймали з ванни і вимірювали міцність на стискування, порівнюючи її з початковою.

Результати лабораторних досліджень у вигляді графічних залежностей зображені на рис. 1 для високопроникних (85% піску + 15% глини) і середньопроникних (50% піску + 50% глини) порід та на рис. 2 для низькопроникних (15% піску + 85% глини; 100% глини) порід. На цих рисунках вздовж осі ординат відкладено значення міцності зразків породи, за якого настає їх руйнування, а вздовж осі абсцис – час перебування зразків породи в гідрофобно-бітумній ванні.

Характерною особливістю наведених залежностей є те, що незалежно від проникності зразків породи руйнівне напруження спочатку



а)



б)

а) 15% піску; 85% глини; б) 100% глини  
залежно від часу та концентрації бітуму в ванні

Рисунок 2 — Динаміка руйнування низькопроникних взірців породи

незначно спадає, а потім зростає. Початкове зменшення міцності взірців породи, на нашу думку, пов'язане з тим, що адгезійні властивості бітуму на невеликому проміжку часу менші, ніж розклинююче зусилля дисперсійного середовища ванни. Інтенсивність зменшення міцності взірців породи та тривалість часу, протягом якого відбувається це зменшення, залежить від проникності гірських порід. Зі збільшенням проникності взірців породи ці величини зменшуються. Так, інтенсивність зменшення міцності породи та тривалість часу, протягом якого відбувається це зменшення, відповідно рівні: для низькопроникних порід – (35÷45)% і (0,75÷1,0) год; для середньопроникних – 25% і 0,5 год; для високопроникних – 18% і 0,25 год.

При подальшому збільшенні часу перебування взірців породи в гідрофобно-бітумній ванні міцність їх збільшується і досягає максимального значення, а потім стабілізується. Така зміна міцності, можливо, пов'язана із зростанням адгезійних властивостей бітумної речовини у взірці породи за постійного значення розклинюючого зусилля.

Другою характерною особливістю наведених графіків є залежність зростання міцності взірців породи від концентрації бітуму в рідинній ванні. Спочатку для кожного типу порід міцність взірців породи зростає із збільшенням концентрації окисленого бітуму, досягає максимального значення, а потім зменшується. Існування максимального значення міцності

взірців породи пов'язане, на нашу думку, з утворенням тонкої бітумної плівки на поверхні взірців породи, яка протидіє подальшому проникненню ванни всередину взірця породи. Тому незважаючи на збільшення концентрації бітуму в ванні міцність взірців породи стабілізується або зменшується.

Аналізуючи графічні залежності, зображені на рис. 1 і 2, можна зауважити, що на міцність лабораторних взірців породи впливають три основні чинники: концентрація бітуму в дизельному паливі, час перебування взірця породи в гідрофобно-бітумній ванні та проникність породи.

Взірці високопроникних порід (рис. 1а) досягають найбільшого приросту міцності (в 1,75 рази порівняно з первинною) після перебування в гідрофобно-бітумній ванні впродовж 7 годин та за 7%-ої концентрації бітуму у дизельному паливі.

У взірцях середньопроникних порід (рис. 1б) найбільший приріст міцності (в 1,65 рази порівняно з первинною) досягається після перебування в гідрофобно-бітумній ванні впродовж 7 годин та за 5%-ої концентрації бітуму у дизельному паливі.

Взірці малопроникних порід (рис. 2а і 2б) досягають незначного приросту міцності (в 1,25÷1,15 рази порівняно з первинною міцністю) після перебування в гідрофобно-бітумній ванні впродовж 7 годин та за 4÷3%-ої концентрації бітуму у дизельному паливі.

Отже, гідрофобно-бітумна ванна, до складу якої входить 3÷7% окисленого бітуму з температурою розм'ягчення 140-160°C та 93÷97% дизельного палива, підвищує міцність всіх взірців породи порівняно з первинною, а тому може бути рекомендована для підвищення стійкості будь-яких глинисто-піщаних порід.

Із зменшенням проникності порід ефективність гідрофобно-бітумної ванни знижується. Вартість гідрофобно-бітумної ванни порівняно з вартістю гідрофобно-адгезійної ванни є приблизно в сто разів дешевшою за незначного зменшення її ефективності.

Важливо знати тривалість дії гідрофобно-бітумної ванни після витримування її в свердловині напроти порід, які обвалюються. В лабораторних умовах тривалість дії гідрофобно-бітумної ванни оцінювали за зміною маси, форми та часу самовільного руйнування взірців породи у випадку розміщення їх в фільтрах розчину з різною концентрацією солі.

Всі взірці породи порівню поділили на дві групи. До першої групи віднесли взірці породи, які не обробляли гідрофобно-бітумною ванною. Такі взірці умовно називали звичайними. До другої групи ввійшли взірці породи, які після приготування витримували протягом 7 годин в гідрофобно-бітумній ванні з вмістом окисленого бітуму – 5%. Такі взірці породи назвали модифікованими. Взірці породи поміщали в прісну воду, яка моделювала звичайний глинистий розчин; в мінералізовану воду (5% KCl+H<sub>2</sub>O), яка моделювала хлоркалієвий розчин та в соленащену воду (26%NaCl+H<sub>2</sub>O), яка моделювала

соленащений стабілізований розчин. Під час досліду взірці породи періодично виймали з фільтратів і замірювали їх масу. Зокрема, звичайні взірці виймали і визначали їх масу через 5÷10 хв., а модифікованих – через 0,5÷1 год. Досліди проводили до тих пір, поки взірці породи починали самовільно руйнуватись.

Одночасно спостерігали за формою взірців породи. Найшвидше осипалися, а потім тільки руйнувалися взірці породи з великою проникністю (85% піску + 15% глини; 50% піску + 50% глини). Взірці породи з низькою проникністю (15% піску + 85% глини; 100% глини) під дією фільтрату спочатку тріскали, а потім розпадались на великі шматки.

Результати лабораторних досліджень наведені в таблиці 1 для звичайних та в таблиці 2 – для модифікованих взірців породи. Як видно із табл.1, всі взірці породи під час перебування в фільтрах із різною концентрацією солі збільшують свою масу і швидко руйнуються. Найшвидше руйнуються взірці в прісній воді (5÷10 хв.), повільніше – в мінералізованих фільтратах (10÷20 хв.), що, можливо, пов'язано з присутністю у фільтраті іонів K<sup>+</sup> та Na<sup>+</sup>, які збільшують сили зв'язку між шарами кристалічної решітки глини і сповільнюють їх руйнування.

Зміна маси взірців породи залежить від їх проникності. Найбільше зростання маси спостерігалось у високо- і середньопроникних породах, яке склало 6÷7%, а найменше – в низькопроникних 3,0÷3,5%.

Порівнюючи дані табл. 2 з відповідними даними табл. 1, бачимо, що маса модифікованих взірців породи під час перебування їх у фільтрах розчинів із різною концентрацією солі майже не змінювалась, або якщо і змінювалась, то незначно, що свідчить про незначне проникнення фільтрату всередину породи. Тому стійкість взірців породи різко зростає, що підтверджується збільшенням часу перебування взірців породи до початку їх руйнування.

Детальний аналіз свідчить, що стійкість модифікованих взірців породи залежить від концентрації солі в фільтраті розчину та проникності породи. При збільшенні мінералізації фільтрату стійкість взірців породи зростає в 1,2÷6,0 разів. Значно більший вплив на стійкість стінок свердловини має проникність гірських порід. Так, час перебування модифікованих взірців породи до початку самовільного руйнування порівняно зі звичайними, зростає в десятки (а інколи і в сотні) разів. Високопроникні модифіковані взірці (85% піску + 15% глини) взагалі не зруйнувались в мінералізованому середовищі протягом всього досліду (120 годин).

Вартість гідрофобно-бітумної ванни приблизно в сто разів менша за вартість гідрофобно-адгезійної ванни, а тому ймовірність її застосування в процесі буріння значно зростає.

Отже, для боротьби з обвалюванням та осипанням стінок свердловини на основі лабораторних досліджень рекомендується гідрофобно-бітумна ванна із таким вмістом: дизельного палива – 93÷97% і окисленого бітуму 7÷3% з

**Таблиця 1 — Зміна маси і часу самовільного руйнування звичайних взірців породи в фільтратах із різною концентрацією солі**

Час, хв.	Маса взірців породи, г											
	H <sub>2</sub> O				H <sub>2</sub> O + 5%KCl				H <sub>2</sub> O + 26%NaCl			
	100% глини	85% глини 15% піску	50% глини 50% піску	15% глини 85% піску	100% глини	85% глини 15% піску	50% глини 50% піску	15% глини 85% піску	100% глини	85% глини 15% піску	50% глини 50% піску	15% глини 85% піску
0	14,0	14,0	15,0	16,0	14,0	14,0	15,0	16,0	14,0	14,0	15,0	16,0
2,5	15,0	15,0	18,0	20,0	15,0	15,0	18,0	20,0	15,0	15,0	18,0	20,0
5	<u>15,0</u> п.руйн.	<u>16,0</u> п.руйн.	<u>19,0</u> п.руйн.	<u>21,0</u> п.руйн.	16,0	16,0	19,0	20,5	16,0	16,0	19,0	21,0
10	к.руйн.	к.руйн.	к.руйн.	к.руйн.	<u>16,0</u> п.руйн.	<u>16,0</u> п.руйн.	<u>19,0</u> п.руйн.	<u>21,0</u> п.руйн.	16,5	16,5	19,5	21,5
15	–	–	–	–	к.руйн.	к.руйн.	к.руйн.	к.руйн.	17,0	17,0	20,0	22,0
20	–	–	–	–	–	–	–	–	<u>17,5</u> п.руйн.	<u>17,5</u> п.руйн.	<u>20,5</u> п.руйн.	<u>22,0</u> п.руйн.
30	–	–	–	–	–	–	–	–	к.руйн.	к.руйн.	к.руйн.	к.руйн.
40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

**Таблиця 2 – Зміна маси і часу самовільного руйнування модифікованих взірців породи в фільтратах із різною концентрацією солі**

Час, хв.	Маса взірців породи, г											
	H <sub>2</sub> O				H <sub>2</sub> O + 5%KCl				H <sub>2</sub> O + 26%NaCl			
	100% глини	85% глини 15% піску	50% глини 50% піску	15% глини 85% піску	100% глини	85% глини 15% піску	50% глини 50% піску	15% глини 85% піску	100% глини	85% глини 15% піску	50% глини 50% піску	15% глини 85% піску
0	14,0	14,0	15,0	16,0	14,0	14,0	15,0	16,0	14,0	14,0	15,0	16,0
1	14,5	14,5	15,3	16,5	14,0	14,0	15,0	16,0	14,0	14,0	15,0	16,0
2	14,5	14,5	16,0	17,0	14,0	14,0	15,0	16,0	14,0	14,0	15,0	16,0
3	<u>14,5</u> п.руйн.	<u>14,5</u> п.руйн.	16,0	17,0	14,0	14,0	15,0	16,0	14,0	14,0	15,0	16,0
4	к.руйн.	к.руйн.	16,0	17,0	14,0	14,0	15,0	16,0	14,0	14,0	15,0	16,0
5	–	–	16,0	17,0	<u>14,0</u> п.руйн.	<u>14,0</u> п.руйн.	15,0	16,0	14,0	14,0	15,0	16,0
6	–	–	16,0	17,0	к.руйн.	к.руйн.	15,0	16,0	14,0	14,0	15,0	16,0
7	–	–	<u>16,0</u> п.руйн.	17,0	–	–	15,0	16,0	<u>14,0</u> п.руйн.	<u>14,0</u> п.руйн.	15,0	16,0
8	–	–	к.руйн.	17,0	–	–	<u>15,0</u> п.руйн.	16,0	к.руйн.	к.руйн.	15,0	16,0
24	–	–	–	17,0	–	–	к.руйн.	16,0	–	–	15,0	16,0
48	–	–	–	<u>17,0</u> п.руйн.	–	–	–	16,0	–	–	<u>15,0</u> п.руйн.	16,0
72	–	–	–	к.руйн.	–	–	–	16,0	–	–	к.руйн.	16,0
120	–	–	–	–	–	–	–	16,0	–	–	–	16,0

Примітка:

п.руйн. – початок руйнування взірця породи;  
к.руйн. – кінець руйнування взірця породи.

температурою розм'ягчення не менше 140-160°C. Час витримування ванни в свердловині проти порід, схильних до обвалювання, рівний 7 годин.

Перевагою гідрофобно-бітумної ванни є невелика вартість, довготривалість дії та ефективне підвищення міцності всіх типів глинисто-піщаних порід.

Література

1 Волобуєв А.І., Малярчук Б.М. Методичні вказівки з дисципліни “Механіка гірських порід” для студентів спеціальності 09.03. — Івано-Франківськ: Факел, 1994. — 13 с.

2 Оринчак М.М., Оринчак М.І. Силікатно-калієва ванна // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. — 2006. — №1(18). — С. 26-29.

3 Оринчак М.М., Оринчак М.І. Гідрофобно-адгезійна ванна // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. — 2007. — № 4 (25). — С. 128-131.

4 Краткая химическая энциклопедия. / Под редакцией Кнунянц И.Л. и др. Том.2. — Изд. Москва, 1963. —1085 с.

5 Ясов В.Г., Мыслюк М.А. Осложнения в бурении. — М.: Недра, 1991. — 17 с.

УДК 622.243.23

## ТОЧНІСТЬ ПРОВЕДЕННЯ ПОХИЛО-СПРЯМОВАНИХ СВЕРДЛОВИН

*І.В.Восвідко*

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42464  
e-mail: math@nung.edu.ua

*Обоснована необхідність забезпечення точності проводки вертикальних і нахилно-направлених скважин. Розроблена методика контролю за траєкторією ствола скважини з допомогою радіусограмми, отображающей динамику процесса отклонения фактической траектории скважины от проектной. Предложен критерий оценки точности проводки нахилно-направленных скважин, учитывающий точность их бурения по всей длине ствола.*

*The necessity of providing accuracy of carrying out vertical and inclined wells has been proved. The methodize for controlling the trajectory of well with a help of radiusgramme, giving an opportunity to reflect the process dynamics of deflecting factual well trajectory from projective one has been worked-out. The criterion for valuation accuracy of inclined wells carrying-out which considers the accuracy of drilling on the length of well body has been suggested.*

Проведення похило-спрямованих свердловин є однією із надзвичайно складних завдань технології глибокого буріння. Специфіка проблеми полягає в тому, що одночасно із всіма труднощами, які виникають в процесі проведення вертикальних свердловин, необхідно вирішувати питання ефективного керування формою викривлення свердловини. Відомо, що викривлення стовбура похилої свердловини загалом відбувається по складній просторовій кривій, геометричні параметри якої залежать від низки факторів геологічного, технічного і технологічного характеру [1, 2, 3].

Успіх спрямованого буріння свердловин в значною мірою залежить від форми їх профілю і точності його реалізації в процесі буріння [4, 5]. Висока точність реалізації профілю похило-спрямованої свердловини забезпечує [6]:

- доведення свердловини до проектного глибини без будь-яких ускладнень за існуючого стану техніки і технології бурових робіт;

- якісне будівництво свердловин за мінімальних затрат часу і матеріальних засобів;

- досягнення проектного зміщення вибою від вертикалі в заданому напрямку із врахуванням допустимих норм відхилення від проектного положення за мінімального об'єму робіт з орієнтованими відхиляючими компоновками низу бурильної колони (КНБК);

- мінімальна кількість перегинів стовбура з радіусами викривлення, які не перевищують допустимі величини;

- можливість вільного проходження вздовж стовбура різних КНБК і обсадних колон в про-

цесі буріння, а також елементів підземного обладнання в процесі експлуатації і підземного ремонту;

- довготривалу і безаварійну експлуатацію свердловин глибинними насосами.

Основною запорукою забезпечення точності проведення похило-спрямованих свердловин є здійснення постійного контролю за положенням їх траєкторії в просторі. Такий контроль передбачає систематичне вимірювання зенітного кута і азимута свердловини в процесі її поглиблення, а також нанесення фактичних координат точок її осі на проектний профіль і план (горизонтальна проекція) [7, 8]. При цьому частота вимірювання параметрів просторового положення траєкторії стовбура похило-спрямованої свердловини залежить від специфіки буріння різних її ділянок, а також існуючої технології проведення бурових робіт [6].

В процесі буріння свердловин за довільним профілем внаслідок дії різних геологічних, технічних і технологічних факторів, реальне розташування їх стовбура, як правило, відрізняється від проектного. При цьому допустиме відхилення стовбурів свердловин від проекту встановлюються з точки зору розвідки і розробки родовища, а також буріння і експлуатації свердловин [9, 10].

У випадку значного відхилення фактичного профілю стовбура свердловини від проектного, зазвичай, приймають рішення щодо визначення траєкторії подальшого буріння. Для цього спочатку оцінюють положення вибою свердловини відносно заданого кола допуску.