

Дослідження та методи аналізу

УДК 622.245.3

DOI: 10.31471/1993-9973-2019-3(72)-32-41

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГІРСЬКИХ ПОРІД У ТЕРМОБАРИЧНИХ УМОВАХ

І. І. Чудик, Я. М. Фем'як, А. І. Різничук, І. С. Васько, Л. Р. Юрич

*ІФНТУНГ; 76019, м. Івано-Франківськ, Карпатська 15, тел. (0342) 727137,
e-mail: chudoman@ukr.net*

В енергетичному балансі України 60 % припадає на нафту і газ. Саме цим енергоносіям впродовж останніх років приділяється найбільша увага з боку суспільства. Забезпечення паливними ресурсами та рівень цін на них істотно впливають на життєвий рівень населення, зважаючи на те, що споживання лише природного газу в Україні становить приблизно 41 % від всієї спожитої енергії, що майже у двічі перевищує середньоєвропейський показник. Відповідно до Енергетичної стратегії річне використання природного газу в Україні до 2030 року повинно знизитись до 49,5 млрд. м³. Динаміка споживання природного газу в Україні свідчить, що загальні річні потреби у цьому виді пального зберігатимуться на рівні 70 – 75 млрд. м³ ще протягом декількох років. Це зумовлено, перш за все, адаптованістю промисловості і комунального господарства до використання природного газу, а їх переоснащення на споживання інших видів пального потребує як тривалого часу, так і значних витрат.

Цьому сприяють і енергетичні традиції, що склались історично. Україна однією з перших у світі почала видобувати нафту і газ. У 20-х роках минулого століття першими магістральними газопроводами дашавський газ з Прикарпаття ніс енергію життя у Львів, а пізніше – до Києва і Москви. Завдяки відкриттю нових родовищ і використанню ефективних технологій максимальний видобуток природного газу в Україні – понад 68 млрд. м³ на рік – було досягнуто в 70-х роках. Тоді газова промисловість України, крім власної потреби, забезпечувала газом Білорусь, Молдову, частково Росію і республіки Прибалтики.

На сьогодні Україна забезпечує себе власним газом тільки на 25%. Збільшити видобуток власного газу в Україні можна за рахунок розробки сланцевих відкладів, освоєння яких вимагає буріння похилоскерованих і горизонтальних свердловин. Основне ускладнення, яке виникає при бурінні таких свердловин в глинистих відкладах, – це порушення цілісності їх стовбура. Для запобігання цьому часто застосовують різноманітні способи, з допомогою яких підвищують механічну міцність порід, що складають стінки свердловин, та збільшують їх водостійкість. Пропонується вводити в породу паливно-бітумну рідину. Її ефективність досліджено в термобаричних умовах на моделях гірської породи та зразках керна. Ці умови відтворювалися на сконструйованій лабораторній установці. Ефективність застосування паливно-бітумної рідини обумовлена швидкістю її фільтрації, яка визначається розмірами та кількістю пор і тріщин, по яких вона відбувається. Тому паливно-бітумну рідину доцільно вводити в глинисті гірські породи для зміцнення стінок свердловини.

Ключові слова: буріння свердловин, паливно-бітумна рідина, глинистий сланець, фільтрація, сланцевий газ.

В энергетическом балансе Украины 60 % приходится на нефть и газ. Именно этим энергоносителям в последние годы уделяется большое внимание со стороны общества. Обеспечение топливными ресурсами и уровень цен на них существенно влияют на жизненный уровень населения, несмотря на то, что потребление только природного газа в Украине составляет примерно 41 % от всей потребленной энергии, почти в два раза превышает среднеевропейский показатель. Согласно Энергетической стратегии годовое использование природного газа в Украину до 2030 года должно снизиться до 49,5 млрд. м³. Динамика потребления природного газа в Украине свидетельствует, что общие годовые потребности в этом виде топлива сохранятся на уровне 70 – 75 млрд. м³ еще в течение нескольких лет. Это обусловлено, прежде всего, адаптивностью промышленности и коммунального хозяйства к использованию природного газа, а их переоснащение на потребление других видов топлива требует как длительного времени, так и значительных затрат.

Этому способствуют и сложившиеся исторически энергетические традиции. Украина одна из первых в мире начала добывать нефть и газ. В 20-х годах прошлого века первыми магистральными газопроводами дашавский газ из Прикарпатья нес энергию жизни во Львов, а позже – в Киев и Москву. Благодаря открытию новых месторождений и использованию эффективных технологий максимальная добыча природного газа в Украине – более 68 млрд. м³ в год – была достигнута в 70-х годах. Тогда газовая промышленность Украины, кроме собственных нужд, обеспечивала газом Беларусь, Молдову, частично Россию и республики Прибалтики.

На сегодняшний день Украина обеспечивает себя собственным газом только на 25 %. Увеличить добычу собственного газа в Украине можно за счет разработки сланцевых отложений, освоение которых требует бурения наклонно направленных и горизонтальных скважин. Основным осложнением, возникающим при бурении таких скважин в глинистых отложениях, является нарушение целостности их ствола, для предотвращения которой часто применяют различные способы, с помощью которых повышают механическую прочность пород, составляющих стенки скважин, и увеличивают их водостойкость. Предлагается вводить в породу топливно-битумную жидкость. Ее эффективность исследована в термобарических условиях на моделях горной породы и образцах керна. Эти условия воспроизводились на сконструированной лабораторной установке. Эффективность применения топливно-битумной жидкости обусловлена скоростью ее фильтрации, которая определяется размерами и количеством пор и трещин, по которым она происходит. Поэтому топливно-битумную жидкость целесообразно вводить в глинистые горные породы для укрепления стенок скважины.

Ключевые слова: бурение скважин, топливно-битумная жидкость, глинистый сланец, фильтрация, сланцевый газ.

Oil and gas account for 60% of the energy balance of Ukraine. These energy carriers have received the greatest public attention in recent years. The supply of fuel resources and their price level have a significant impact on the living standards of the population, considering that in Ukraine the consumption of natural gas alone makes up about 41% of all energy consumed, which is almost twice the European average. According to the Energy Strategy, the annual use of natural gas in Ukraine should be reduced to 49.5 billion m³ by 2030. The dynamics of natural gas consumption in Ukraine shows that the total annual needs for this type of fuel will remain at the level of 70-75 billion m³ for several years. This is due primarily to the adaptability of industry and utilities to the use of natural gas. Their conversion to consuming other fuels requires both long time and considerable costs.

Historically, energy traditions also contributed to this. Ukraine was one of the first in the world to start producing oil and gas. In the 1920s, the first gas pipelines from Precarpathia carried the energy of life to Lviv, and later to Kyiv and Moscow. Thanks to the discovery of new fields and the use of efficient technologies, the maximum production of natural gas in Ukraine - over 68 billion m³ per year - was reached in the 1970s. At that time, the gas industry of Ukraine, in addition to its own needs, provided gas to Belarus, Moldova, partly to Russia and the Baltic republics.

At present, Ukraine supplies only 25% of its own gas. It is possible to increase the production of own gas in Ukraine by developing of shale deposits. Their development requires the drilling of inclined and horizontal wells. The main complication which occurs when drilling such wells in clay deposits is a integrity damage of their wellbore. To prevent this, various methods are often used in order to increase the mechanical strength of the rocks that make up the walls of the wells and to increase their water resistance. It is suggested to inject fuel-bitumen fluid into the rock. Its effectiveness has been studied under thermobaric conditions on rock models and core samples. These conditions were simulated using the designed laboratory facility. The efficiency of the fuel-bitumen fluid use is due to the speed of its filtration, which is determined by the size and number of pores and cracks in which it occurs. Therefore, it is advisable to inject the fuel-bitumen fluid into clay rocks to strengthen the well walls.

Key words: drilling of wells, fuel and bitumen liquid, clay slate, filtration, slate gas.

Вступ

Велика кількість газових родовищ в Україні мають незначні початкові видобувні запаси (близько 10 млрд. м³), або перебувають на стадії консервації. При введенні в експлуатацію вони переважно мають низькі пластові тиски, через що швидко виснажуються. На даний час Україна забезпечує себе власним газом лише на 25%, а в його еквіваленті споживає близько 40% енергії, що удвічі перевищує середньоєвропейський показник і зумовлює її приналежність до енергодефіцитних країн світу [4].

Величезний потенціал зі збільшення обсягів видобутку газу в Україні вбачається в розробці сланцевих відкладів. Основні ресурси сланцевого газу в Україні приурочені до Західного і Східного регіонів і за попередніми оцінками становлять близько 8 трлн м³. Їх освоєння вимагає буріння великої кількості похило скерованих і горизонтальних свердловин. Одне із основних завдань, які слід вирішити при бурінні похило скерованих свердловин в сланцевих відкладах, є збереження стійкості їх стовбура, що і є **метою роботи**.

Аналіз сучасних закордонних і вітчизняних досліджень і публікацій

Для збереження стійкості стовбура похило скерованих і горизонтальних свердловин часто використовуються різноманітні способи, які збільшують механічну міцність стінок свердловини і підвищують їх водонепроникність та водостійкість. Розглянемо ці способи [3]:

– спосіб силікатизації, який ґрунтується на введенні в гірську породу рідкого скла, у один-два прийоми. Однорозчинна силікатизація проводиться за допомогою силікату натрію, до якого з метою гелеутворення додають хімічні речовини.

– дворозчинна силікатизація реалізується двома розчинами: силікатом натрію і хлористим кальцієм з додаванням різних затверджувачів (кремнійфтороводнева кислота, сірчанокислий алюміній).

– бітумізацію гірської породи проводять шляхом нагнітання в неї рідкого бітуму, який переводять в рідкий стан двома способами: шляхом нагрівання, або приготуванням бітумних емульсій (холодна бітумізація).

– спосіб смолизації гірських порід ґрунтується на полімеризації або поліконденсації, які забезпечуються закачуванням в неї розчинів органічних високомолекулярних сполук.

– спосіб електрохімічного кріплення глинистих порід, який забезпечує нескінченний великий опір порід після закачування у сверд-

ловину спеціальної суміші, що містить в'язучі матеріали, здатні швидко схоплюватися і тверднути під дією електричного струму.

– спосіб заморожування застосовується у випадках, коли водонасиченим гірським породам, що складають стінки свердловин, необхідно надати тимчасову водонепроникність і міцність.

Окремим підходом до попередження осипання стінок свердловини, є використання інгібуючих бурових розчинів на водній основі [6] до яких належать:

1) емульсійні бурові розчини, насичені сіллю, інгібовані хлористим кальцієм; інвертні емульсії з регульованою водною фазою, якими можна бурити в м'яких і пластичних глинах, з вмістом 20-40% глинистих фракцій, що активно взаємодіють з водою;

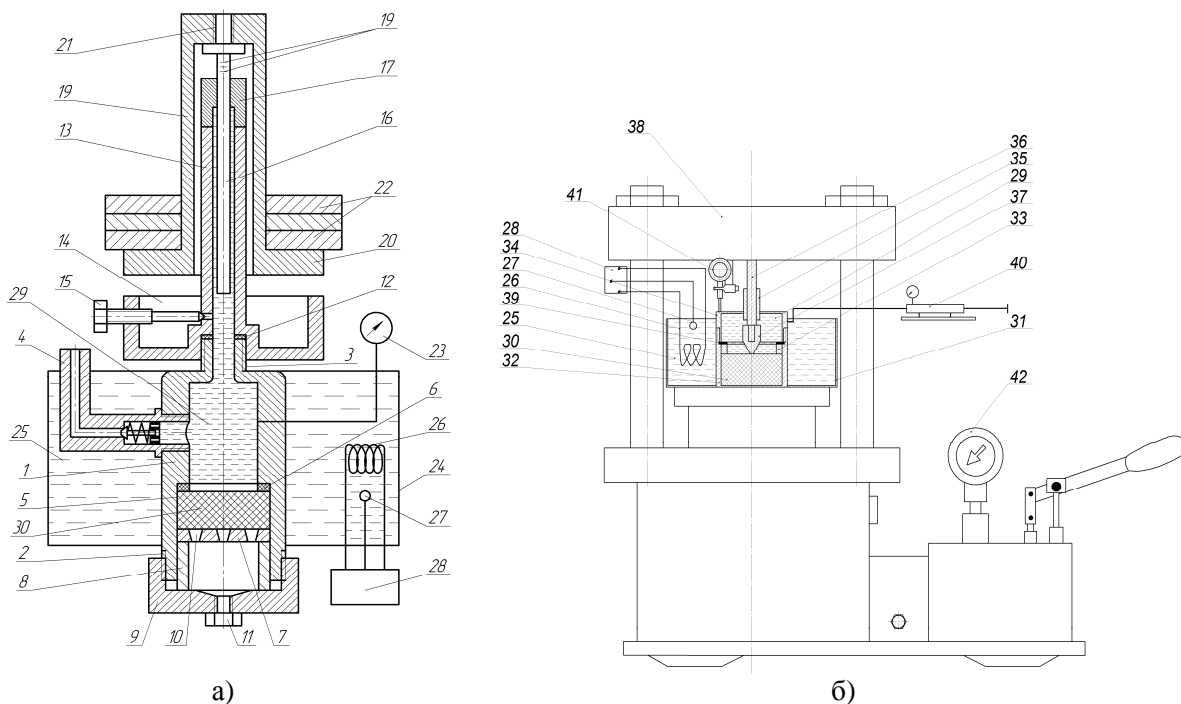
2) слабомінералізовані бурові розчини з низькою фільтрацією, емульговані нафтою, – для розбурювання тріщинуватих, твердих глинистих порід, що містять 20-30% активних до води фракцій глинистих мінералів вологістю 15-25%;

3) інгібуючі бурові розчини, інвертні емульсії з регульованою водною фазою або вапнисто-бітумні розчини (ВБР) для буріння крихких і зневоднених глинистих порід з низькою проникністю, що містять 20-30% активних до води глинистих мінералів з вологістю 5-15%;

4) прісні бурові розчини з низькою фільтрацією, оброблені лігносульфонатами, ферохромлігносульфонатами, хромлігносульфонатами для буріння твердих, зневоднених, тріщинуватих глинистих сланців, сильно метаморфізованих під дією високих температур і тисків, що містять 5-30% активних до води глинистих мінералів з вологістю 2-5%.

Проте, як виявилось, недоліком бурових розчинів на водній основі є їх здатність підвищувати початкову вологість сильноглинизованих гірських порід, зокрема глинистих сланців. Це призводить до порушення стійкості стовбура свердловини.

Як показали практичний досвід і наукові дослідження [2], для запобігання осипанню та обвалюванню стінок свердловини в проблемних зонах найкраще тимчасово використовувати бурові технологічні рідини (ванни), зокрема на вуглеводневій основі, такі як: гідрофобно-адезійні [7], гідрофобно-бітумні [8] та паливно-бітумні [9, 10]. Найбільш ефективною, як показали дослідження, є паливно-бітумна рідина, до складу якої входить пічне побутове паливо (ППП) та окислений бітум (ОБ) [9].



а) пристрій для дослідження фільтрації бурових технологічних рідин;
 б) пристрій для дослідження фізико-механічних властивостей гірських порід
Рисунок 1 – Принципова схема конструкції лабораторної установки

Висвітлення невирішених раніше частин загальної проблеми

Використання паливно-бітумної рідини для забезпечення стійкості стінок свердловини досліджували за атмосферних умов, які суттєво відрізняються від вибійних, що залишається невирішеною проблемою на сьогодні.

Формулювання цілей статті

Для вирішення висвітленої проблеми потрібно провести експериментальні дослідження механічних властивостей гірських порід в термобаричних умовах.

Висвітлення основного матеріалу дослідження

Дослідження в термобаричних умовах на моделях гірської породи та зразках керна проводились на спеціально розробленій лабораторній установці (рис. 1), яка складається з пристрою для дослідження фільтрації бурових технологічних рідин крізь зразки гірських порід [11] (основною для якої став пристрій для вимірювання водовіддачі промивальних рідин ВМ-6 [1]) та пристрою для дослідження її фізико-механічних властивостей (рис. 1).

Пристрій для дослідження фільтрації бурових технологічних рідин через зразки гірських порід містить фільтраційну камеру – фільтраційний стакан 1 із зовнішніми різьбами на кін-

цях 2 і 3 та вгвинчений у бокову стінку зворотний клапан 4. У порожнині фільтраційного стакану 1 зроблено циліндричну проточку 5, в яку встановлюють через герметизуючу прокладку 6 зразок гірської породи, який знизу контактує із фільтраційною решіткою 7, яка, в свою чергу, з'єднана через співвісно встановлену втулку 8 із піддоном 9, який нагвинчений на зовнішню різьбу 2 в нижній частині фільтраційного стакану 1. У фільтраційній решітці 7 виконані конічні отвори 10 із більшою основою конуса зі сторони зразка гірської породи. Піддон 9 має на торцевій поверхні, заглушений гвинтом 11, осьовий різьбовий отвір. Зверху на зовнішню різьбу 3 фільтраційного стакану 1 нагвинчено через прокладку 12 напірний циліндр 13 із кільцевим збірним жолобом 14, який споряджений голковим краном 15. У порожнині цього напірного циліндра 13 співвісно встановлений плунжер 16, який разом із втулкою 17, нерухомо закріплений (герметично) на вказаному напірному циліндрі 13, утворюють плунжерну пару. На зовнішній поверхні плунжера 16 нанесено мітки 18 для контролю об'єму витісненої бурової технологічної рідини із фільтраційного стакану 1. На кришці 19 з буртом 20 встановленої через різьбове з'єднання 21 на верхньому кінці плунжера 16 розміщують змінні тягарці 22 для створення перепаду тиску в фільтраційному стакані 1. Фільтраційний стакан 1 споряджений

манометром 23 і коаксіально встановленою зовні камерою 24, яка заповнена теплоносієм 25, та розташованими у ній нагрівачем 26 і давачем температури 27, що з'єднані із блоком керування 28. Фільтраційний стакан 1 заповнюється буровою технологічною рідиною 29 для дослідження процесу фільтрації через зразки гірських порід 30 [11].

Пристрій для дослідження фізико-механічних властивостей гірських порід складається із заповненого теплоносієм 25 бачка 31, термопари 27, вузла управління 28, стакана 32 із зразком гірської породи 30, затиснутого кільцем 33, кришки 34 з напрямною втулкою 35, в якій вздовж осі рухається натискний плунжер 36 з індентором 37. Цей пристрій призначений для використання на пресі 38 [12].

Розроблена установка працює наступним чином. Зразок гірської породи 30 встановлюють знизу всередині фільтраційного стакана 1 у циліндричній проточці 5 через герметизуючу прокладку 6 і притискають його фільтраційною решіткою 7. Вказана фільтраційна решітка 7, в свою чергу, через співвісно встановлену втулку 8 притискається піддоном 9 до зразка гірської породи. Таке встановлення зразка гірської породи у пристрої забезпечує стискання герметичної прокладки 6, що попереджує витікання бурової технологічної рідини поза межі зразка гірської породи 30.

Розміщений у фільтраційному стакані 1 зразок гірської породи 30 заливають буровою технологічною рідиною 29. Зверху на фільтраційний стакан 1, який має зовнішню циліндричну різьбу 3, нагвинчують через прокладку 12 напірний циліндр 13 із втулкою 17, що нерухомо (герметично) закріплена на вказаному напірному циліндрі 13. Порожнину напірного циліндра 13 заповнюють також буровою технологічною рідиною 29, або, за потреби, машинним мастилом.

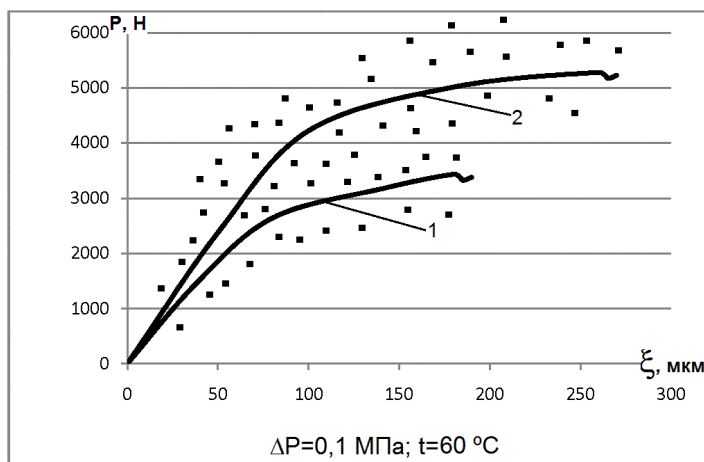
У порожнину напірного циліндра 13 через отвір у втулці 17 вставляють плунжер 16, споряджений кришкою 19 з буртом 20, на якій встановлюють змінні тягарці 22. Шляхом вибору кількості змінних тягарців 22 створюють заданий перепад тиску у фільтраційному стакані 1, величину котрого вимірюють манометром 23.

Блоком керування 28 задають необхідну температуру нагрівання теплоносія 25 у камері 24 нагрівачем 26. Давач 27 слугує для контролю температури теплоносія 25. Підбором кількості змінних тягарців 22 створюють заданий перепад тиску бурової технологічної рідини 29 у фільтраційному стакані 1.

Після складання пристрою через зворотний клапан 4 за допомогою преса (на кресленні не зображений) у фільтраційний стакан 1 додатково подають бурову технологічну рідину 29 до виходу її із отвору голкового крана 15, що забезпечує витіснення повітря, яке знаходиться вище фільтраційного стакана 1. Після цього голковий кран 15 закривають, а бурову технологічну рідину 29 подають у пристрій до суміщення нульової мітки 18 на плунжері 16 з міткою на напірному циліндрі 13. Наявність зворотного клапана 4 у фільтраційному стакані 1 дозволяє забезпечувати постійний об'єм бурової технологічної рідини 29 у пристрої. Початок відліку фільтрації бурової технологічної рідини 29 через зразки гірських порід 30 фіксують в момент підняття плунжера 16. У процесі фільтрації бурова технологічна рідина 30 повністю просочує зразок гірської породи 30.

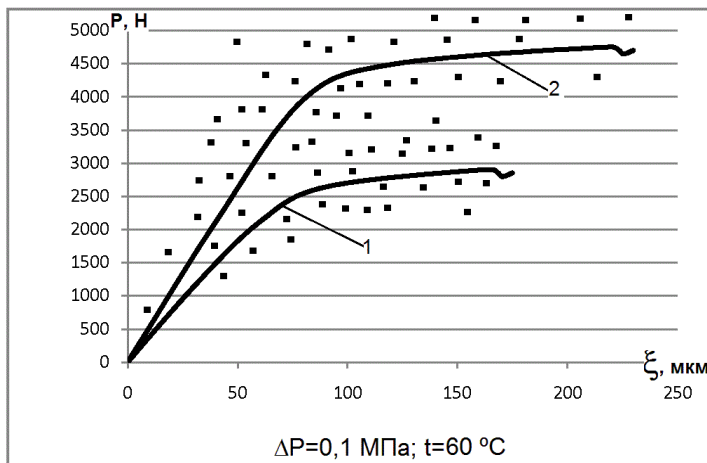
Після відгвинчування гвинта 11 за заданої температури та перепаду тиску в фільтраційному стакані 1 бурова технологічна рідина 29 починає фільтруватися крізь зразок гірської породи 30. Через вгвинчений у бокову стінку зворотній клапан 4 здійснюють закачування бурової технологічної рідини 29 у міру її витрати. Після проходження крізь зразок гірської породи 30 заданого об'єму бурової технологічної рідини 29 пристрій розгерметизовують за допомогою голкового крана 15. Відфільтровану бурову технологічну рідину 29 збирають у мірний стакан (на кресленні не зображений). Після цього відкручують піддон 9 із фільтраційного стакана 1, виймають втулку 8, фільтраційну решітку 7 і зразок гірської породи 30, який переміщують в стакан 32, де він притискається кільцем 33 з прокладкою 39 та фіксується кришкою 34, в якій вмонтовано напрямну втулку 35. У втулці вздовж осі рухається натискний плунжер 36 з індентором 37. Для дослідження у бачок 31 попередньо заливається теплоносієм 25, в стакан 32 – технологічна рідина 29, а в бачок 31 – теплоносієм 25, що нагрівається елементом 26 до визначеної температури під контролем вузла управління 28. В стакані 32 за допомогою насоса 40 створюється відповідний тиск. З допомогою преса 38 на індентор 37 створюється деяке навантаження, яке фіксується манометром 42, через натискний плунжер 36. Індикатором 41 визначається глибина втискування індентора 37 в kern, або зразок гірської породи 30.

Лабораторні дослідження на даній установці проводилися з використанням чотирьох типів глиняно-піщаних зразків, або на моделях гірської породи з різним вмістом піску та глини (100% глини; 85% глини та 15% піску; 50%



1 – необроблена паливно-бітумною рідиною гірська порода;
2 – оброблена паливно-бітумною рідиною гірська порода

Рисунок 2 – Залежність реакції опору гірської породи (100% глина) від глибини втискування в неї металевого індентора в умовах, наближених до пластових



1 – необроблена паливно-бітумною рідиною гірська порода;
2 – оброблена паливно-бітумною рідиною гірська порода

Рисунок 3 – Залежність реакції опору гірської породи (85% глина та 15% піску) від глибини втискування в неї металевого індентора в умовах, наближених до пластових

глини та 50% піску; 15% глини та 85% піску). Промислові зразки керна гірської породи виготовляли з пісковика та глинистого сланцю.

Паливно-бітумна рідина, яка використовувалась у ході досліджень, складалася з пічного побутового палива та окисленого бітуму [9]. Її ефективність була доведена при дослідженнях на глиняно-піщаних моделях гірської породи в стандартних умовах [9], де за критерій ефективності було обрано міцність гірської породи на стискання.

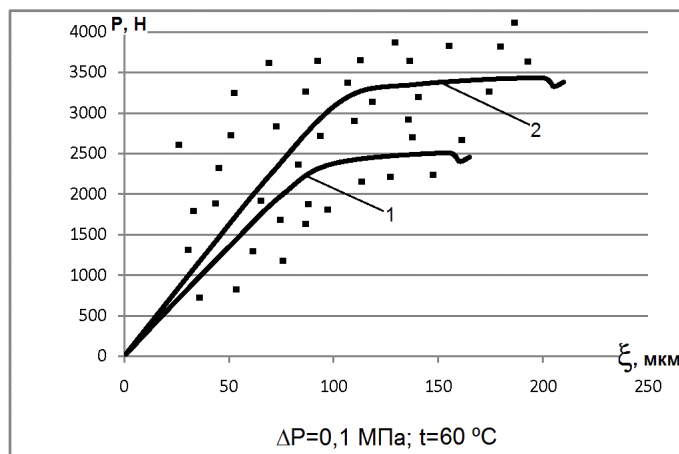
При дослідженні в наближених до пластових умовах (перепад тиску $\Delta P=0,1$ МПа, температура $t=60$ °C) за критерій ефективності вибрано руйнівне навантаження. Апроксимовані результати проведених досліджень представлені у вигляді графічних залежностей $P(\xi)$ (рис. 2-8), де P – реакція опору гірської породи

на втискування в неї металевого індентора на глибину ξ .

Встановлена лабораторно-експериментальними дослідженнями ефективність бурової технологічної рідини обумовлена швидкістю її фільтрації, яка визначається розмірами та кількістю пор і тріщин в гірській породі. Це явище описується залежністю, згідно з якою витрата рідини через циліндричний канал визначається за формулою [5]:

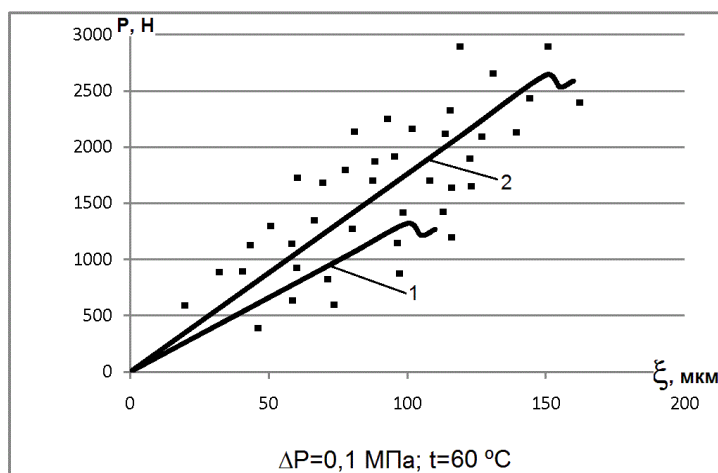
$$Q = n \cdot \frac{\pi \cdot r^4}{8 \cdot \mu} \cdot \frac{\Delta P}{l}, \quad (1)$$

де Q – витрата рідини;
 ΔP – перепад тиску;
 r – гідралічний радіус пори, крізь яку відбувається фільтрація рідини;
 μ – в'язкість рідини;



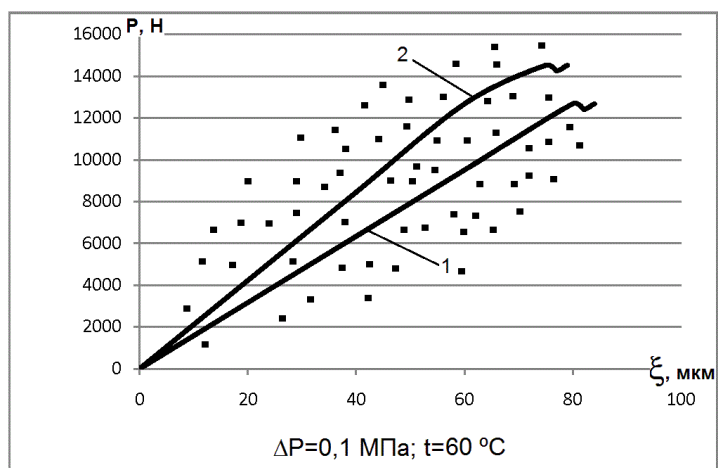
1 – необроблена паливно-бітумною рідиною гірська порода;
2 – оброблена паливно-бітумною рідиною гірська порода

Рисунок 4 – Залежність реакції опору гірської породи (50% глина та 50% піску) від глибини втискування в неї металевого індентора в умовах, наближених до пластових



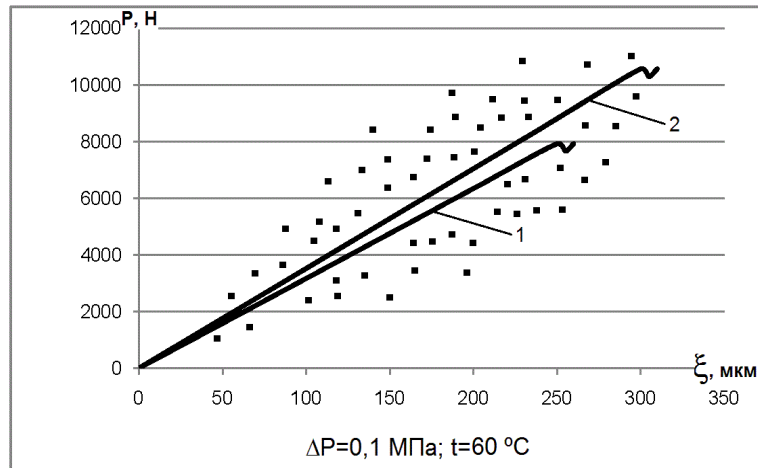
1 – необроблена паливно-бітумною рідиною гірська порода;
2 – оброблена паливно-бітумною рідиною гірська порода

Рисунок 5 – Залежність реакції опору гірської породи (15% глина та 85% піску) від глибини втискування в неї металевого індентора в умовах, наближених до пластових



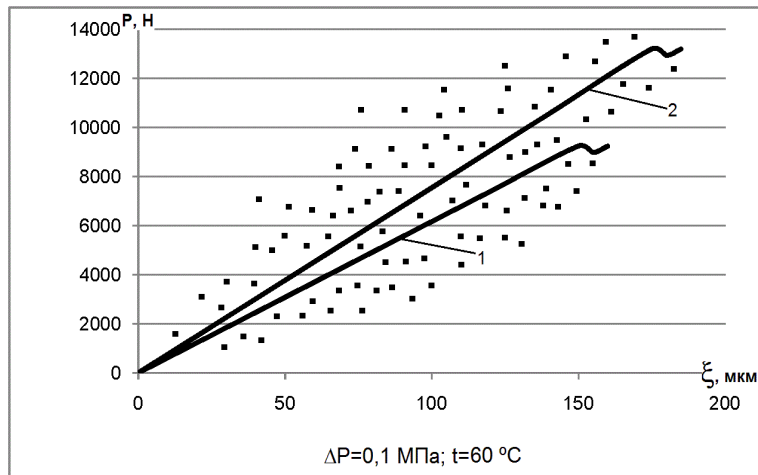
1 – необроблена паливно-бітумною рідиною гірська порода;
2 – оброблена паливно-бітумною рідиною гірська порода

Рисунок 6 – Залежність реакції опору гірської породи (пісковик) від глибини втискування в неї металевого індентора в умовах, наближених до пластових



1 – необроблена паливно-бітумною рідиною гірська порода;
2 – оброблена паливно-бітумною рідиною гірська порода

Рисунок 7 – Залежність реакції опору гірської породи (глинистий сланець) від глибини втискування в неї металевго індентора в умовах, наближених до пластових (при навантаженні, перпендикулярному до нашарування)



1 – необроблена паливно-бітумною рідиною гірська порода;
2 – оброблена паливно-бітумною рідиною гірська порода

Рисунок 8 – Залежність реакції опору гірської породи (глинистий сланець) від глибини втискування в неї металевго індентора в умовах, наближених до пластових (при навантаженні, паралельному до нашарування)

l – довжина капіляра, рівна довжині зразка гірської породи;

n – кількість капілярів, яка визначається за формулою:

$$n = \frac{S_{\phi} \cdot m}{\pi \cdot r^2}, \quad (2)$$

де S_{ϕ} – площа фільтрації;

m – пористість гірської породи (відкрита), яка визначається за формулою:

$$m = \frac{V_{пор}}{V_{зразка}}, \quad (3)$$

де $V_{пор}$, $V_{зразка}$ – об'єм відкритих пор та об'єм зразка.

Швидкість фільтрації V_{ϕ} при цьому буде визначатися за формулою

$$V_{\phi} = \frac{m \cdot r^2 \cdot \Delta P}{8 \cdot \mu \cdot l}. \quad (4)$$

Швидкість фільтрації технологічної рідини V_{ϕ} зростає, насамперед, зі зменшенням довжини каналів (пор) l і в'язкості технологічної рідини μ . Проведені за температури 60 °C експериментальні дослідження показують якісно вищу міцність гірських порід за рахунок кращого проникнення в неї рідини. Це дозволяє зробити висновок про доцільність введення в глинизовані гірські породи паливно-бітумної рідини як чинника зміцнення стінок свердловини і змен-

шення передумов осипання і обвалювання її стінок.

Висновки

– за результатами вже відомих досліджень зроблено аналіз факторів, які впливають на стійкість стінок свердловини схильних до осипання і обвалювання гірських порід;

– обґрунтовано доцільність використання вуглеводневих рідин для зміцнення стінок свердловин у відкладах глинистих порід, в тому числі і глинистих сланців;

– з метою дослідження впливу паливно-бітумної рідини на можливість і ефективність зміни міцності гірських порід розроблено нову експериментальну установку і випробувано технологію лабораторних досліджень з можливістю зміни температури і репресії шляхом моделювання умови у свердловині;

– в ході лабораторних досліджень на моделях і натурних зразках (керна) гірської породи з урахуванням їх обробки паливно-бітумною рідиною було встановлено, що міцність порід збільшилася приблизно від 25% до 100%, при цьому встановлено, що для моделей гірської породи з вмістом глини показник руйнівного зусилля є меншим, ніж для слабоглинизованих гірських порід (пористих і тріщинуватих);

– лабораторні дослідження в термобаричних умовах дозволили переконається, що вплив температури і тиску необхідно обов'язково враховувати при вивченні впливу паливно-бітумної рідини на механічні властивості гірських порід;

– залежності $P(\xi)$ кількісно і якісно показують вплив орієнтації площини нашарування гірської породи та індентора, температури, тиску і насиченості паливно-бітумною рідиною на їх механічні властивості;

– за результатами лабораторних досліджень паливно-бітумної рідини в термобаричних умовах на зразках і моделях гірських порід з різним ступенем глинизації доведено її ефективність і здатність підвищувати міцність, що позитивно позначається на можливості зміцнення стінок свердловини.

Література

1. Жуковицький С. Ю. Глинистые растворы в бурении [Текст]. М.: Госптехиздат, 1955. 170 с.

2. Губанов В.Н., Лопатин Д.В., Сычев В.С., Толстоухов А. А.. Книга инженера по растворам ЗАО «ССК». М.: Гарусс, 2006. 549 с.

3. Коржуев А.С., Никишин В.А., Бочко В.А. Упрочнение неустойчивых горных пород при бурении скважин. М.: Недра, 1969. 152 с.

4. Крижанівський Є. І. Нафтогазова енергетика. *Нафтогазова енергетика*. 2006. №1. С. 5-9.

5. Лагутин А. А., Поверенный С. Ф. Фильтрационные свойства песчаных коллекторов порового типа. *Газовая промышленность*. 2002. № 4. С. 28-30.

6. Михеев В. Л. Технологические свойства буровых растворов. М.: Недра, 1979. 239 с.

7. Оринчак М. І., Оринчак М. М. Гідрофобно-адгезійна ванна. *Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ*. 2007. № 4(28). С. 128-131.

8. Оринчак М. І., Оринчак М. М.. Гідрофобно-бітумна ванна. *Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ*. 2008. № 2(30). С. 67-71.

9. Оринчак М. І., Оринчак М. М., Бейзик О.С. Паливно-бітумна ванна. *Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ*. 2011. № 3(40). С. 90-95.

10. Патент України на корисну модель № 61098 МПК С09К 8/56. Паливно-бітумна ванна [Текст] / Оринчак М. І., Малярчук Б. М., Сендега О. О. Заяв. 06.12.10; опубл. 11.07.2011. Бюл. №13. 2 с.

11. Патент України на корисну модель № 06981 МПК Е21В 21/06. Пристрій для дослідження фільтрації бурових технологічних рідин через зразки гірських порід [Текст] / Чудик І. І., Юрич А. Р., Різничук А. І., Пригоровська Т. О., Малишева О. С., Роп'як Л. Я. Заяв. 21.06.2018; опубл. 25.01.2019. Бюл. № 2. 4 с.

12. Чудык И.И., Ризнычук А.И., Юрыч А.Р.. Лабораторные исследования механических свойств горных пород в условиях, приближенных к реальным. *Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море*. 2013. № 1. С. 35-41.

References

1. Zhukovickiy S. Yu. Glinistye rastvory v burenii [Tekst]. M.: Gosptekhizdat, 1955. 170 p.

2. Gubanov V.N., Lopatin D.V., Sychev V.S., Tolstouhov A.A.. Kniga inzhenera po rastvoram ЗАО «ССК». М.: Garucs, 2006. 549 p.

3. Korzhuev A.C, Nikishin V.A., Bochko V.A. Uprochnenie neustojchivyh gornyh porod pri burenii skvazhin. М.: Nedra, 1969. 152 p.

4. Krizhanivskij Ye. I. Naftogazova energetika. *Naftogazova energetika*. 2006. No 1. P. 5-9.

5. Lagutin A. A., Poverenny S. F. Filtratsionnye svoystva peschanyh kollektorov porovogo tipa. *Gazovaya promyshlennost'*. 2002. No 4. P. 28-30.
6. Miheev B. L. Tekhnologicheskie svoystva burovih rastvorov. M.: Nedra, 1979. 239 p.
7. Orinchak M. I., Orinchak M. M. Gidrofobno-adgezijna vanna. *Rozvidka i rozrobka naftovih i gazovih rodovish*. 2007. No 4(28). P. 128-131.
8. Orinchak M. I., Orinchak M. M. Gidrofobno-bitumna vanna. *Rozvidka i rozrobka naftovih i gazovih rodovish*. 2008. No 2(30). P. 67-71.
9. Orinchak M. I., Orinchak M. M., Riznichuk A. I., Bezik O. S. Palivno-bitumna vanna. *Rozvidka i rozrobka naftovih i gazovih rodovish*. 2011. No 3(40). P. 90-95.
10. Patent Ukraini na korisnu model No 61098 MPK S09K 8/56. Palivno-bitumna vanna [Tekst] / Orinchak M. I., Malyarchuk B. M., Sendega O. O. Zayav. 06.12.10; opubl. 11.07.2011. Byul. No 13. 2 p.
11. Patent Ukraini na korisnu model No 06981 MPK E21V 21/06. Pristrij dlya doslidzhennya filtratsiyi burovih tehnologichnih ridin cherez zrazki girskih porid [Tekst] / Chudik I. I., Yurich A. R., Riznichuk A. I., Prigorovska T. O., Malisheva O. S., Rop'yak L. Ya. Zayav. 21.06.2018; opubl. 25.01.2019. Byul. No 2. 4 p.
12. Chudyk I.I., Riznychuk A.I., Yurych A.R. Laboratornye issledovaniya mekhanicheskikh svoystv gornih porod v usloviyah, priblizhennyh k realnym. *Stroitel'stvo neftyanyh i gazovih skvazhin na sushe i na more*. 2013. No 1. P. 35-41.