

© А.О. Ігнатів¹, А.В. Павличенко¹, І.К. Аскеров¹

¹Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

ЕКОЛОГО-ТЕХНОЛОГІЧНІ СКЛАДОВІ ПРОЦЕСУ СПОРУДЖЕННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВИДОБУВНИХ СВЕРДЛОВИН

© A. Ihnatov¹, A. Pavlychenko¹, I. Askerov¹

¹Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

ECOLOGICAL AND TECHNOLOGICAL COMPONENTS OF THE PROCESS OF CONSTRUCTION AND OPERATION OF PRODUCTION WELLS

Мета. Аналіз циклу будівництва свердловин різного призначення, результати якого дозволять визначити основні фактори раціоналізації технічних і технологічних підходів до розробки родовищ за допомогою свердловин з акцентом на запобігання погіршенню якості навколишнього природного середовища, зокрема земельних ресурсів.

Методика дослідження. Дослідження основних особливостей циклу спорудження свердловин різного призначення проведено з використанням сучасних теоретичних та експериментальних методів, а також загальних принципів математичного і фізичного моделювання. Вимірювання технологічних показників бурових промивальних рідин здійснювалося згідно норм РД-39-2-645-81 та стандарту API 13B Drilling Fluids Testing.

Результати дослідження. Розглянуто геологічні особливості спорудження свердловин на родовищах корисних копалин. Проведено промислові дослідження для визначення технологічних властивостей бурових промивальних рідин, проби яких були відібрані з діючої свердловини. На конкретних прикладах показано існування негативного впливу операцій бурового циклу на стан ґрунтів, а також представлено опис технологічних заходів щодо виключення можливості погіршення нормального стану ґрунтів. Приділено увагу питанням виконання меліораційних робіт, та основному їх типу – це зрошуванню, для проведення якого запропоновано систему облаштування джерел водопостачання.

Наукова новизна. Набули подальшого розвитку техніко-технологічні основи раціоналізації виконання окремих операцій бурового циклу. Проведеними лабораторно-промисловими дослідженнями встановлено наявність для циркулюючих в свердловині бурових промивальних рідин значної мінералізації (5–8%), а також високого вмісту нафтопродуктів в ґрунтах виробничих майданчиків (до 900 мг/кг), що без проведення спеціальних заходів з очищення перелічених компонентів буде мати негативний вплив на довкілля. Крім того, розглянуто принципи створення свердловинних систем водопостачання.

Практичне значення. Розглянуто в логічній послідовності зміст окремих операцій бурового циклу та оцінено вплив потенційних забруднювачів навколишнього середовища при спорудженні свердловин. Підкреслена важливість раціоналізації підходів до організації виробничих ділянок для будівництва свердловин і самих свердловин з метою збереження природного стану ґрунтів та надр.

Ключові слова: свердловина, промивальна рідина, природний стан, ґрунти, екологічна безпека, технологічний показник, геологічне середовище, гірничі виробки.

Вступ. Відомі роботи з видобутку різноманітних корисних копалин неможливо уявити без виконання операцій зі спорудження свердловин, які є основними об'єктами в процесі пошуку родовищ, отримання геологічних відомостей про поклади та їх наступної розробки [1]. Головною метою спорудження свердловин є не тільки створення специфічних технічних інфраструктурних комплексів для проведення видобутку корисних копалин, а також забезпечення необхідних умов для здійснення розвідки та вивчення геологічних характеристик відповідних покладів [2]. Важливо позначити, що функціональне призначення свердловин виходить далеко за межі лише геологічних досліджень і безпосереднього видобутку. До основних завдань, які ефективно виконуються за допомогою бурових свердловин, окрім позначеного, відносяться такі наступні: проведення гірничих робіт та інженерно-геологічних досліджень, а також забезпечення виконання ряду інших суміжних функцій.

Не менш значущим аспектом процесів спорудження свердловин, який має прямий вплив на їх найважливіші характеристичні риси, є широке коло типів корисних копалин, що добуваються, враховуючи особливості їм властивих фізичних і хімічних ознак, а також специфіки розташування покладів цих копалин у надрах [3]. Позначене відбивається на виборі відповідних обставинам техніко-технологічних рішень для спорудження свердловин, адже кожен тип копалин вимагає індивідуального підходу. Так, для видобутку нафти, газу, води або твердих корисних копалин використовуються різні методи буріння, а також враховуються специфічні геологічні умови місцевості, що зумовлює необхідність застосування відповідного обладнання та технологій.

Перелічені особливості, в контексті своєї екологічної інтерпретації, потребують проведення певних попереджувальних заходів для запобігання порушення рівноваги оточуючого середовища [4]. Дестабілізація природних умов, внаслідок невідповідних нормативним актам дій щодо проведення бурових робіт, може мати серйозні наслідки для навколишнього середовища. Тому важливо, щоб процеси спорудження свердловин і видобутку корисних копалин супроводжувалися ретельним екологічним обґрунтуванням, а також розробкою та впровадженням спеціальних заходів щодо захисту довкілля, зокрема моніторингу водоносних горизонтів, контролю викидів і відходів, а також забезпечення безпеки поверхневих водних і земельних ресурсів. Позначимо і наступне: одним із основних викликів при спорудженні свердловин, зокрема для їх окремих груп, є природні особливості комплексного циклу бурових робіт. Відмічене може включати фактори, пов'язані з достатньо великими глибинами розроблюваних продуктивних горизонтів, а також з високими тисками та температурами, що мають місце в стовбурі свердловини [5]. Крім того, в розглядуваних випадках значну роль відіграє надмірна чутливість навколишнього середовища до порушень рівноваги так званого геологічного простору, що може спричинити серйозні зміни в екосистемах і негативно позначитися на природному стані геологічних шарів.

Підводячи проміжний підсумок, можна стверджувати нижченаведене: спорудження свердловин – це не лише складнобудований технічний процес, а й втяжливий комплекс робіт, який включає в себе геологічні, інженерні,

природоохоронні та технологічні аспекти, що мають вирішальне значення для забезпечення екологічно безпечного та ефективного видобутку корисних копалин.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Беручи до уваги наявність чималого різноманіття копалин та еквівалентну відміченому потребу спорудження великої кількості свердловин, повністю зрозумілою стає притаманність останнім певних загальних і суто індивідуальних особливостей, що максимально враховують специфіку конкретних геолого-технічних умов [6]. Позначене, у свою чергу, пояснює активне звернення до цієї проблеми як науковців, так і практиків, зокрема, в контексті раціоналізації процесів, пов'язаних з необхідністю: інтенсифікації видобутку твердих, рідких і газоподібних корисних копалин, а також здійснення, до прикладу, проведення капітальних гірничих виробок. Констатування такого стану справ ґрунтується на аналізі результатів доволі численних досліджень і публікацій, які безпосередньо стосуються ефективності та безпеки здійснення свердловинних робіт, а також їхнього впливу на навколишнє середовище. Причому особлива увага в прийнятих до розгляду інформаційних джерел приділяється пошуку рішень для мінімізації негативних геолого-технічних і екологічних наслідків, що можуть виникати в процесі проведення свердловинних робіт [7].

Виходячи з результатів ретельного розгляду основних особливостей видобувної ланки промисловості, слід зазначити, що кожний етап процесу свердловинного пошуку, розвідки та наступного видобутку корисних копалин потребує розробки детального і раціонального регламенту. Такий підхід дозволить забезпечити ефективну організацію відповідних робіт; при цьому на увагу заслуговують питання контролю за виконанням запроектованих норм. Важливо, щоб на кожному етапі свердловинних робіт максимально враховувалися специфічні умови та вимоги відносно підтримки прийнятного рівня техніко-економічних показників із одночасним збереженням мінімального негативного впливу на навколишнє середовище. Разом із тим, згідно існуючої практики, до свердловин висувається ряд вимог, які базуються на підставі врахування необхідності розв'язання конкретних геолого-промислових задач [8]. Останні можна узагальнити таким чином: формування в товщі гірських порід (в більшості випадків геологічно ускладнених) спеціального типу отворів. Результатом таких робіт може бути: утворення протяжного циліндричного каналу, призначенням якого являється виконання завдання щодо з'єднання поверхневого устаткування з глибинними продуктивними горизонтами; отримання кернів гірських порід та продуктивних товщ, які дають змогу провести детальний аналіз не лише геологічного розрізу, а й з'ясувати фізико-хімічні ознаки потенційних продуктивних товщ та вміст в них корисних компонентів; надійне вирішення питань, пов'язаних з інженерно-геологічними вишукуваннями і підготовкою територій до будівництва різноманітних інфраструктурних об'єктів, а також для прокладання різноманітних комунікаційних мереж. Водночас важливим є забезпечення того, щоб перелічені процеси не призводили до порушення екологічної рівноваги геологічного середовища. Це означає, що під час проведення робіт зі спорудження та експлуатації свердловин, на кожному з їх етапів, необхідно враховувати і знижувати рівень

можливого впливу на навколишнє середовище, дотримуючись принципів технологічності і мінімізації екологічних ризиків.

До наведеного слід додати, що природні особливості геологічного масиву – місця локалізації свердловин та складність виконання окремих операцій циклу будівництва свердловин можуть істотно впливати на ефективність розглядуваних робіт [9]. Зокрема тут йдеться про великі глибини, на яких розташовані об'єкти вивчення або видобутку та наявні для них аномальні термобаричні умови – високі тиски і температури, а також про підвищену чутливість навколишнього середовища до можливих порушень геологічної рівноваги. Перераховані фактори можуть суттєво ускладнити проведення робіт та вимагатимуть виконання додаткових технологічних і природоохоронних заходів, спрямованих на зменшення негативних екологічних наслідків поруч із забезпеченням стабільності процесу видобутку.

Враховуючи наведену інформацію, можна стверджувати наступне: для ефективного вирішення порушених задач необхідно впроваджувати передові методи, вдосконалювати найбільш ефективні прийоми моніторингу та керування щодо здійснення найважливіших технологічних процесів, а також розробляти індивідуальні стратегії для кожного конкретного випадку з урахуванням максимальної кількості екологічних і геолого-технічних норм [10]. Розширюючи вказане, можна також зазначити, що вимоги до свердловин мають якнайповніше враховувати не лише основні технічні аспекти, а й безпеку, ефективність видобутку ресурсів та можливий вплив на довкілля. Важливою частиною процесу розробки родовищ є постійний моніторинг змін у геологічній ситуації, які виникають під час буріння і експлуатації свердловин, а також застосування сучасних технологій для збереження природного балансу і мінімізації негативних екологічних наслідків.

Мета статті: аналіз окремих етапів циклу будівництва свердловин різного призначення, результати якого дозволять визначити основні фактори раціоналізації технічних і технологічних підходів до розробки родовищ за допомогою свердловин з акцентом на запобігання погіршенню якості навколишнього природного середовища, зокрема земельних ресурсів.

Обґрунтування застосування і опис вибраної авторами методики. Проведені нами аналітичні, лабораторні й частково промислові дослідження процесу будівництва свердловин здійснювалися за допомогою сучасних теоретичних і експериментальних методів, з використанням загальних принципів математичного та фізичного моделювання, а також методик обробки даних у середовищі EXCEL і відповідних поставленим завданням досліджень контрольно-вимірювальних приладів та матеріалів [11]. Вимірювання основних технологічних показників бурових промивальних рідин (згідно норм РД-39-2-645-81 та стандарту API 13B Drilling Fluids Testing) здійснювалося при застосуванні спеціальних пристроїв: ареометру АБР-1М – визначення густини бурової промивальної рідини, віскозиметру СПВ-5 – визначення в'язкості, ротаційного пластометру СНЗ-2 – визначення статичної напруги зсуву, приладу ВМ-6 – визначення величини водовіддачі та товщини глинистої кірки і т.д. [12].

Виклад основного матеріалу дослідження. Слід особливо підкреслити, що сталий та максимально збалансований розвиток основних галузей промисловості, без сумніву, вимагає ефективного та інноваційного функціонування гірничо-видобувної індустрії [13]. Для забезпечення стабільного росту та конкурентоспроможності видобувної промисловості на вітчизняному та глобальному рівнях необхідно постійно удосконалювати методи та технології видобутку (зокрема свердловинного), а також прийоми переробки природних ресурсів до яких відносяться корисні копалини різного походження та природного фізичного стану [14].

Враховуючи позначене нами, доцільним є пошук раціональних і економічно обґрунтованих шляхів видобутку різноманітних корисних копалин, що знаходяться на різних глибинах в земній корі. Різномановитість обставин розташування певних типів родовищ, їхня геологічна складність і специфіка залягання в надрах наполегливо вимагають впровадження новітніх технологій та розробки суто індивідуальних підходів до кожного окремого родовища, враховуючи особливості його геологічних умов [15].

У розглядуваних обставинах раціональним і перспективним напрямом розвитку є створення високотехнологічних комплексів, що будуть включати в себе інтегровані промислові модулі для здійснення свердловинного видобутку, а також застосування різних схем попередньої переробки корисних копалин. Це дозволить не лише ефективно видобувати природні ресурси, але й максимально підвищити їхню якість і промислову цінність, знижуючи капітальні витрати та підвищуючи рентабельність процесу видобутку [16].

Для забезпечення стабільності та довгострокової ефективності процесів видобутку, необхідно якнайповніше враховувати багатфакторні екологічні обмеження, що накладаються на всі етапи розглядуваного технологічного процесу. Позначене включає істотну мінімізацію впливу процесів видобутку на навколишнє середовище, раціональне використання природних ресурсів, а також впровадження енергозберігаючих технологій. Завдяки переліченому можна не лише забезпечити сталість розвитку гірничо-видобувної галузі, але й зробити її найважливішою частиною екологічно чистої промисловості [17].

Нами вже було підкреслено, що процес видобутку корисних копалин, таких як нафта, газ, вугілля, метали та інші, а також вода, неможливий без використання спеціальних гірничих робіт, що включають в себе влаштування як відкритих, так і підземних гірничих виробок (до яких також відносяться і бурові свердловини), причому кожний з їх типів буде мати різний рівень впливу, здебільшого негативного, на довкілля, зокрема на стан ґрунтів. Проведення робіт з облаштування відкритих гірничих виробок (це кар'єри і котловани) призводить до доволі серйозних порушень ландшафту, ерозії, втрати родючих земель, забруднення води та повітря, осушення водоносних горизонтів, а також зниження біорізноманіття. При проведенні підземних гірничих виробок, порушення природного ландшафту є менш масштабними, однак важливим аспектом при цьому є вплив на глибинні водоносні горизонти, а також можливість виникнення просідання поверхні землі [18].

Свердловини, що відносяться до категорії специфічних гірничих виробок, разом із традиційними гірничими виробками є основними інструментами багатостадійного процесу видобутку корисних копалин або проведення інших суміжних робіт. Кожен з названих типів гірничих виробок має свої переваги, зміст яких залежатиме від конкретних виробничих умов. До найважливіших переваг класичних гірничих виробок відноситься можливість видобутку великих об'ємів корисних копалин і проведення робіт на значних площах, незважаючи на серйозні екологічні наслідки, зокрема для сільського господарства. З іншого боку, свердловини мають суттєві переваги, що стосуються: можливості істотного скорочення вельми значних капітальних витрат, більшій безпеці при веденні робіт, високій швидкості спорудження свердловин та меншому впливі останніх на довкілля [19].

При виборі між відкритим і підземним (зокрема свердловинним) видобутком важливо враховувати виробничі, геологічні, географічні, екологічні та економічні умови. Однак в усіх випадках необхідно забезпечувати баланс між ефективністю видобутку і проблематикою охорони навколишнього середовища, зокрема збереженням цінних родючих ґрунтів.

Уважно розглядаючи важливість видобутку корисних копалин свердловинним методом з урахуванням необхідності збереження природного стану ґрунтів, можна зазначити наявність наступної важливої обставини: без належної підготовки родючий шар ґрунту, який знаходиться в межах планованих бурових майданчиків, буде піддаватися негативному впливу, зокрема від техніки, яка використовується під час бурових та суміжних робіт. Крім того, ці ґрунти можуть стати зоною забруднення через потрапляння до них відходів бурового процесу, зокрема компонентів промивальних рідин [20], які містять небезпечні хімічні речовини з високою активністю (табл. 1).

Таким чином можна стверджувати, що основними факторами, які можуть призвести до забруднення навколишнього середовища, зокрема сільськогосподарських ґрунтів, є системи забезпечення бурових майданчиків, пов'язані з необхідністю організації циркуляційних процесів для бурових промивальних рідин у свердловинах [21]. Ці рідини мають складний багатокомпонентний склад і містять активні хімічні сполуки (табл. 1), що можуть мати різний рівень впливу на навколишнє середовище.

Нами взято до уваги фактори, що впливають на виконання комплексних робіт з нафтогазовидобування (зокрема процеси будівництва свердловин) [22], а також їх вплив на природний стан ґрунтів, з урахуванням необхідності збереження їх родючості. Товщина родючого шару ґрунту може варіюватися залежно від регіону України, і на прикладі Дніпровсько-Донецької западини ми можемо побачити конкретні дані про його розміри (табл. 2) [23].

Відповідно до існуючих вимог, обов'язкове зняття родючого шару ґрунту здійснюється ще до початку активної фази монтажних робіт. Зазвичай цей шар знімають за допомогою скрепера або бульдозера, виконуючи поперечні рухи в зоні технічної рекультивації, що підтверджується виробничими даними за типовим буровим майданчиком (табл. 3). Висота зібраних кагатів (буртів) становить

близько 3 м, а кут їхнього відкосу досягає 45°. Зняття родючого шару має проводитись селективно, тобто в два етапи, щоб уникнути змішування знятих шарів ґрунту. Зменшення негативного впливу бурових робіт на ґрунти та відновлення їх родючості також передбачає проведення комплексу рекультиваційних заходів (технічних і біологічних) [24].

Таблиця 1

Технологічні властивості та вміст окремих хімічних сполук в бурових промивальних рідинах

Параметри бурових промивальних рідин	Значення технологічних параметрів бурових промивальних рідин для їх проб №			
	1	2	3	4
Густина, кг/м ³	1160	1165	1165	1160
Умовна в'язкість, с	44	40	48	60
СНЗ за 1 хв і за 10 хв, дПа (СНЗ-2)	17/49	14/31	14/29	14/27
СНЗ (GEL) 10с/1хв/10хв, дПа (Ofite 800)	29/67/91	14/24/38	10/19/67	10/14/65
Показник фільтрації за 30 хв, см ³	3,5	4	3	3
Показник фільтрації АРІ за 30 хв, см ³	5	3,4	3,2	3,2
Товщина фільтраційної кірки, мм	1,0	0,5	0,5	0,5
Коефіцієнт тертя кірки	0,0393	0,0306	0,0549	0,0437
Водневий показник розчину, рН	10,3	11,3	11,4	10,8
Загальна мінералізація, %	6,87	6,47	6,49	5,42
Концентрація іонів кальцію, мг/л	400,8	251	350	150
Концентрація іонів магнію, мг/л	0	122	122	182
Вміст колоїдної фази, %	1,82	1,8	1,65	1,32
Концентрація карбонатів CO ₃ ⁻² , мг/л	240	360	480	360
Концентрація бікарбонатів HCO ₃ ⁻ , мг/л	1952	2135	2318	3172
Вміст вуглеводневої фази, %	6	8	7	9
Вміст твердої фази, %	8	10	11	10
Вміст піску, %	1,1	0,6	0,8	1,0
Вміст хлориду калію, %	4,2	4,0	5,5	6,1
Пластична в'язкість, (t°C, 20/60), мПа·с	19/11	21/22	27/19	22/19
Динамічна напруга зсуву, (t°C, 20/60), дПа	43/82	53/34	91/82	86/741

Таблиця 2

Товщина родючого шару ґрунтів на прикладі території
Дніпровсько-Донецької западини

Тип ґрунтів	Товщина, см
Дерново-підзолисті суглинкові і супіщані, світло-сірі лісові суглинкові	20–30
Сірі і темно-сірі лісові суглинкові, чорноземовидні супіщані, чорноземи щебенюваті на елювії щільних порід і глин	30–50
Чорноземи карбонатні осолонцювані і осолоділі суглинкові і глинисті, чорноземи звичайні осолонцювані, чорноземи лучні суглинкові, лучні суглинкові і глинисті	60–70
Чорноземи опідзолені суглинкові і глинисті, чорноземи реградовані суглинкові і глинисті, чорноземи лучні не солонцюваті суглинкові, чорноземи звичайні суглинкові і глинисті	70–90

Таблиця 3

Деякі характеристики робіт щодо зняття та переміщення родючого ґрунту

Найменування здійснюваних робіт	Шифр агровиробничої групи ґрунтів	Глибина зняття, м	Об'єм зняття, м³	Довжина кагатів, м
Зняття родючого шару ґрунту з переміщенням на 50 м	29Г	0,4	2848,8	277,15
	37Г	0,3	4053,6	330,4

Слід позначити, що запобігання активному втручанню в геологічне середовище під час будівництва різних типів свердловин можна досягти шляхом створення конструкцій свердловин, які забезпечать ефективне перекриття зон гірських порід з несумісними умовами, використовуючи обсадні колони (рис. 1) [25]. Часткове вирішення позначеної проблеми також можливе завдяки застосуванню спеціальних рецептур бурових промивальних рідин, що створюють раціональні умови для буріння та кріплення свердловин.

Фактором, який запобігає міжпластовим перетіканням флюїдів, що можуть призвести до забруднення водоносних горизонтів та міграції, наприклад, вуглеводнів у приповерхневі шари, є надійне кріплення стінок стовбура свердловини обсадними трубами та наступне заповнення утвореного затрубного простору спеціальними тампонажними системами [26].

Позначимо, що існування впливу виробничих бурових робіт на стан ґрунтів на промисловому майданчику підтверджується результатами лабораторного аналізу проб ґрунтів, відібраних у контрольних точках (табл. 4).

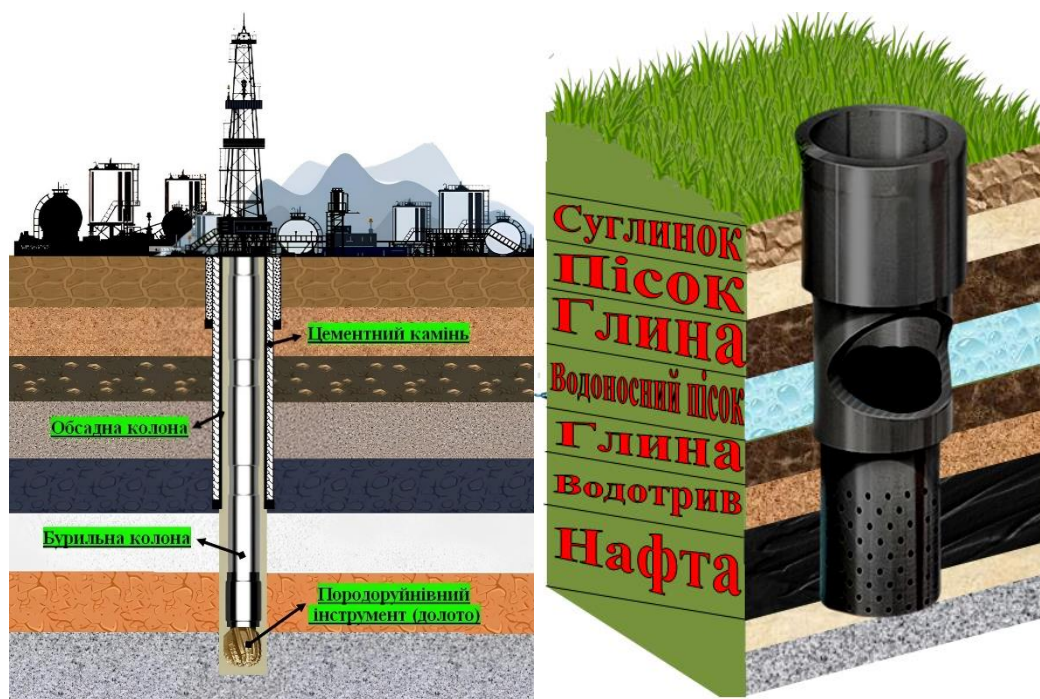


Рис. 1. Схема облаштування раціональної конструкції бурової свердловини

Представлені в табл. 4 результати досліджень демонструють зміни в складі та властивостях ґрунтів, що виникають внаслідок проведення виробничих бурових робіт, зокрема простежується наявність забруднювачів та інших негативних змін, які можуть впливати на екологічну ситуацію в зоні впливу майданчика. Проводячи подальший аналіз отриманих даних, ми можемо констатувати наявність змін у складі ґрунту, особливо звертає на себе увагу значне зростання вмісту нафтопродуктів (проба № 1 відбиралася поза межами промислової ділянки, а проба № 2 в межах означеної ділянки).

Таблиця 4

Окремі результати досліджень стану ґрунтів в межах розроблюваного родовища вуглеводнів

Номер проби ґрунту	pH водної витяжки	Вміст карбонатів, мг/кг	Вміст бікарбонатів, мг/кг	Вміст хлоридів, мг/кг	Вміст кальцію, мг/кг	Вміст магнію, мг/кг	Вміст сульфатів, мг/кг	Вміст натрію, мг/кг	Вміст калію, мг/кг	Вміст заліза, мг/кг	Вміст вуглецюорганічної речовини, %	Вміст азоту легкогідролізованого, мг/кг	Вміст рухомого фосфору, мг/кг	Вміст нафтопродуктів, мг/кг
1	7,62	< 6,0	253,15	27,55	86,0	18,30	20,56	5,4	73,0	47,5	2,03	89,6	196,0	146
2	7,19	< 6,0	305,35	34,44	58,0	3,66	< 20,0	5,5	47,6	53,7	1,25	40,6	231,9	856

Приймаючи до відома технологічні особливості будівництва свердловин [27], необхідно передбачити наступні заходи для відновлення земельних ділянок: очищення бурових стічних вод; вивезення залишків очищених стічних вод; надійна нейтралізація й знешкодження відпрацьованих бурових промивальних рідин і бурового шламу; демонтаж та вивезення бетонних фундаментів; очищення ділянки від виробничих конструкцій, сміття, металобрухту та інших матеріалів; рівномірний розподіл і планування знятого шару мінерального ґрунту, який утворився під час будівництва амбарів і траншей; покриття поверхні колишнього майданчика родючим ґрунтом; ущільнення ґрунту; оранка майданчика після нанесення родючого шару ґрунту.

Цікавою є також проблематика збереження родючості ґрунтів, що відноситься до технології штучного зрошування, яка полягає у контрольованій подачі води на сільськогосподарські угіддя, де спостерігається дефіцит вологи [28]. Основною вимогою до джерела зрошувальної води (річка, ставок, водосховище або водозабір на свердловині) є забезпечення зрошувальної системи необхідною кількістю води та її відповідною якістю.

У разі використання свердловинного водозабору такі інженерні споруди повинні забезпечувати високий дебіт, що автоматично вимагає будівництва свердловин з великим діаметром водоприймальної частини та максимальною фільтраційною здатністю [29]. До води для зрошування висуваються певні вимоги, що включають відповідність її показників агрономічним, екологічним та технічним стандартам. Зокрема, зрошувальна вода не повинна мати негативного впливу на ґрунти, біологічні властивості та споживчі показники вирощуваних рослин, санітарно-гігієнічні умови землеробства, а також конструктивні елементи і вузли зрошувальної системи.

Беручи до уваги наведені функціональні вимоги щодо особливостей влаштування водозабірних бурових свердловин різної глибини з високим дебітом, призначених для отримання якісної води для зрошування, нами розроблено і запропоновано конструкцію водоприймальної частини гідрогеологічної свердловини, яка відповідає зазначеним обмежувальним умовам [30]. Ця конструкція була спроектована з урахуванням необхідності забезпечення високої пропускної здатності і ефективності водозабору, що дозволить підтримувати сталий рівень водопостачання навіть за умови високих вимог до якості води. Окрім цього, конструкція водоприймальної частини враховує раціональне розташування водоприймальної частини у товщі гірських порід, що дозволяє забезпечити максимальний дебіт при мінімальних витратах енергії на її експлуатацію, а також зменшує ризик забруднення водоносних горизонтів та негативного впливу на наявні екосистеми.

Нами здійснено вивчення окремих фізико-хімічних властивостей підземних вод, отриманих з декількох водозабірних свердловин. Результати позначених досліджень приведено на рис. 2.

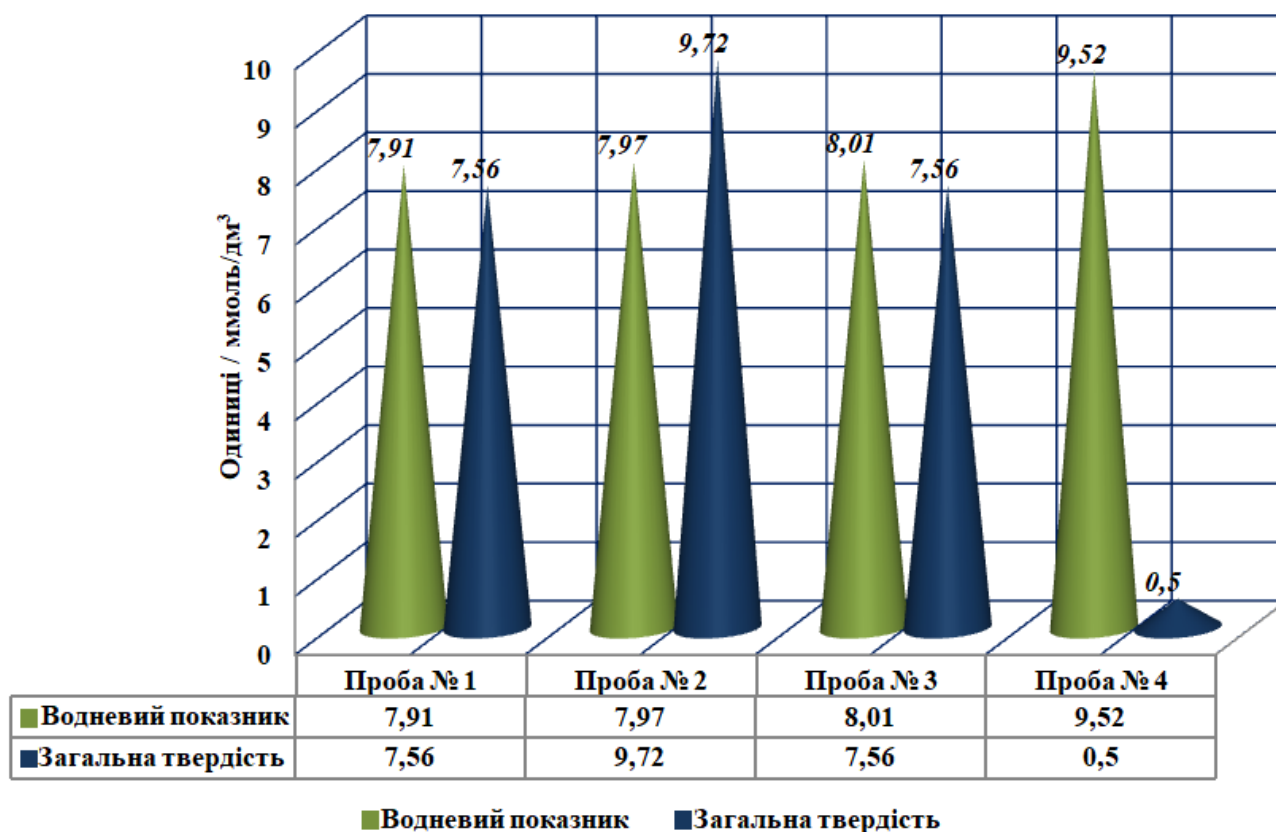


Рис. 2. Результати вивчення окремих фізико-хімічних властивостей підземних вод, отриманих з водозабірних свердловин

Параметри якості води для зрошування (див. рис. 2) слід розглядати як важливий фактор, що визначає принципи та стратегії реалізації заходів зі зрошення ґрунтів, спрямованих на створення раціональних умов для вирощування сільськогосподарських культур. Оцінка якості води для зрошення повинна враховувати не лише технологічні та екологічні критерії, але й агрономічні аспекти, оскільки вода, що використовується для зрошення, безпосередньо впливає на стан ґрунтів, врожайність та якість продукції. З цієї точки зору, доцільно використовувати інтегральні критерії, які поєднують агрономічні, технологічні та екологічні показники якості води, забезпечуючи таким чином комплексний підхід до її оцінки. Це дозволить не тільки визначити відповідність води стандартам для зрошення, але й раціоналізувати процеси водозабору і розподілу води, мінімізуючи негативний вплив на навколишнє середовище та сприяючи сталому розвитку аграрного сектору.

Висновки. Нами сформульовано кілька проблемних питань, що виникають під час провадження свердловинних технологій. Одним із пріоритетних напрямків для вдосконалення стало визначення необхідності раціоналізації процесу буріння та промивання свердловин при одночасному забезпеченні високих стандартів екологічної безпеки. Для кожного з перелічених етапів технологічного циклу спорудження свердловин та супутніх робіт розглянуто відповідні екологічні особливості, підкреслюючи важливість належного захисту навколишнього середовища і надр. Це включає як мінімізацію впливу на геологічне середовище, так

і забезпечення відповідних заходів для запобігання забрудненню водних джерел і ґрунтового покриву.

Перелік посилань

1. Dareing, D. W. (2019). Oilwell drilling engineering. *ASME Press*. <https://doi.org/10.1115/1.861875>
2. Stefurak, R. I., & Yaremychuk, R. S. (2023). Деякі аспекти впровадження сучасних технологій буріння глибоких нафтових і газових свердловин (оглядова стаття). *Мінеральні ресурси України*, (3), 30–38. <https://doi.org/10.31996/mru.2023.3.30-38>
3. Aziukovskyi, O., Koroviaka, Y., & Ihnatov, A. (2023). *Drilling and operation of oil and gas wells in difficult conditions*. Zhurfond.
4. Дядін, Д., Журавель, М., & Клочко, П. (2018). Оцінка стану довкілля на ділянках аварійних свердловин. *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування*, (1), 4–13.
5. Pavlychenko, A., Ihnatov, A., & Askerov, I. (2023). Drilling and environmental aspects when constructing water wells. *У Innovative development of resource-saving technologies and sustainable use of natural resources* (с. 117–120). Universitas Publishing.
6. Lopez, J.C., Lopez, J. E., & Javier, F. (2017). *Drilling and blasting of rocks*. CRC Press Taylor & Francis.
7. Ihnatov, A. O., Haddad, J., Stavychnyi, Y. M., & Plytus, M. M. (2022). Development and Implementation of Innovative Approaches to Fixing Wells in Difficult Conditions. *Journal of The Institution of Engineers (India): Series D*. <https://doi.org/10.1007/s40033-022-00402-5>.
8. Pavlychenko, A., Ihnatov, A., & Askerov, I. (2023). Issues of improving well construction processes and their environmental component. *Collection of Research Papers of the National Mining University*, 74, 192–203. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/74.192>.
9. Ouadfeul, S.-A., & Aliouane, L. (Ред.). (2020). Oil and Gas Wells. *IntechOpen*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.78185>.
10. Бойчук Ю. Д. (2018). *Екологія і охорона навколишнього середовища: навч. посібник / 4-те вид, виправ. і допов.* Університетська книга.
11. Curry, G.L. & Feldman, R.M. (2012). *Manufacturing systems. Modeling and analysis*. Springer.
12. Pavlychenko, A.V., Koroviaka, Ye.A., Ihnatov, A.O. & Davydenko, A.N. (2021). *Hidrohazodynamichni protsesy pry sporudzhenni ta ekspluatatsii sverdlovyn: monograph [Hydro-gas-dynamic processes during the construction and operation of wells]*. Dnipro University of Technology.
13. Білецький, В.С., Орловський, В.М., & Вітрик, В.Г. (2018). *Основи нафтогазової інженерії*. НТУ «ХПІ», ХНУМГ ім. О.М. Бекетова. ТОВ «АСМІ».
14. Guo, B., Liu, X., & Tan, X. (2017). *Petroleum Production Engineering*. Gulf Professional Publishing.
15. Коцкулич, Я.С., & Тищенко, О.В. (2004). *Закінчування свердловин*. Інтерпрес.
16. Клименко, М.О. Прищепа, А.М., & Вознюк, Н.М. (2023). *Моніторинг довкілля : підручник / вид. 2-ге, допов. та перероб.* НУВГП.
17. Guan, Z., Chen, T., & Liao, H. (2021). *Theory and Technology of Drilling Engineering*. Springer Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-15-9327-7>
18. Суярко, В.Г. Сердюкова, О.О., & Сухов, В.В. (2013). *Загальна та нафтогазова геологія: навч. посібник*. ХНУ ім. В.Н. Каразіна.
19. Павличенко, А., Ігнатів, А., Ставичний, Є., Коровяка, Є., & Аскеров, І. (2024). Визначення окремих завдань з охорони ґрунтів та надр при спорудженні свердловин на родовищах нафти і газу. *Збірник наукових праць НГУ*, (78), 161–173. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/78.161>
20. Koroviaka, Y.A., Mekshun, M.R., Ihnatov, A.O., Ratov, B.T., Tkachenko, Y.S., & Stavychnyi, Y.M. (2023). Determining Technological Properties of Drilling Muds. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, (2), 25–32. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2023-2/025>.
21. Caenn, R., Darley, H.C. H., & Gray, G.R. (2016). *Composition and Properties of Drilling and Completion Fluids*. Elsevier Science & Technology Books.

22. Koroviaka, Ye.A. & Ihnatov, A.O. (2020). *Prohresywni tekhnolohii sporudzhennia sverdlovyn: monograph [Advanced well construction technologies]*. Dnipro University of Technology.
23. Державна геологічна служба. (2011). *Рекультивация земель, порушених під час спорудження свердловин на нафту і газ* (СОУ 73.1-41-11.00.02:2011).
24. Ігнатів, А., Літвінов, В., & Аскеров, І. (2024). Особливості впровадження прогресивних норм у систему вітчизняного водозабезпечення. *Collection of Scientific Papers «SCIENTIA»*, 150–153.
25. Ihnatov, A.A., & Stavychnyi, Ye.M., (2021). Heolohichni y tekhniko-tekhnolohichni osoblyvosti kriptennia naftohazovykh sverdlovyn z urakhuvanniam fizyko-khimichnoho stanu yikh stovburiv [Geological and technical-and-technological features of casing oil and gas wells, taking into account the physical and chemical state of their wellbore]. *Instrumentalne materialoznavstvo – Tooling materials science*, 24, 87–102.
26. Pavlychenko, A., Ihnatov, A., Koroviaka, Y., Bartashevskiy, S., Korotka, I., & Mekshun, M. (2021). Fundamentals of organizing a hydraulic well cleaning system. *Collection of Research Papers of the National Mining University*, 67, 136–152. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/67.136>
27. Pavlychenko, A. V., Ihnatov, A. O., Koroviaka, Y. A., Ratov, B. T., & Zakenov, S. T. (2022). Problematics of the issues concerning development of energy-saving and environmentally efficient technologies of well construction. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1049(1), 012031. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1049/1/012031>.
28. Павличенко, А., Ігнатів, А., & Аскеров, І. (2024). Питання забезпечення агрономічної якості ґрунтів при свердловинній меліорації. У *Ricerche scientifiche e metodi della loro realizzazione: Esperienza mondiale e realtà domestiche*. European Scientific Platform. <https://doi.org/10.36074/logos-15.11.2024.025>
29. Ihnatov, A., Pavlychenko, A., Kostytska, S., & Askerov, I. (2024). Technological and environmental basis for the construction of water wells. In *Education and science of today: Intersectoral issues and development of sciences*. European Scientific Platform. <https://doi.org/10.36074/logos-29.03.2024.058>
30. Pavlychenko, A., Ihnatov, A., & Askerov, I. (2022). Designing filters for water wells. *Innovative development of resource-saving technologies and sustainable use of natural resources* (p. 169–172). Universitas Publishing.

ABSTRACT

Purpose. Analysis of the construction cycle of wells for various purposes, the results of which will allow us to determine the main factors for rationalizing technical and technological approaches to field development.

Research methodology. The study of the features of the well construction cycle was carried out using modern theoretical and experimental methods, as well as general principles of mathematical and physical modeling. The measurement of technological parameters of drilling fluids was carried out in accordance with the standards RD-39-2-645-81 and the API 13B Drilling Fluids Testing standard.

Research results. The geological features of well construction at mineral deposits are considered. Industrial studies have been conducted to determine the technological properties of drilling flushing fluids. Samples of such fluids were taken from an operating well. The existence of a negative impact of drilling cycle operations on the condition of soils is shown on specific examples. A description of technological measures to eliminate the possibility of deterioration of the normal condition of soils is presented. Attention is paid to the issues of performing melioration works and their main type – irrigation. A system of water supply sources is proposed for the latter.

Originality. The technical and technological foundations for rationalizing the execution of individual operations of the drilling cycle have been further developed. Laboratory and industrial studies have

established the presence of significant mineralization (5–8%) in drilling fluids circulating in the well. A high content of petroleum products in the soils of production sites (up to 900 mg/kg) has also been detected. Without special measures to clean the listed components, the substances found will have a negative impact on the environment. In addition, the principles of creating borehole water supply systems are considered.

Practical implications. The content of individual operations of the drilling cycle is considered in a logical sequence. The influence of potential environmental pollutants during well construction is assessed. The importance of rationalizing approaches to organizing production sites for well construction in order to preserve the natural state of soils and subsoil is emphasized.

Keywords: *well, flushing liquid, natural state, soil, environmental safety, technological indicator, geological environment, mine workings.*