

ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ ПІД ЧАС СПОРУДЖЕННЯ НАФТОГАЗОВИХ СВЕРДЛОВИН

Дригулич С.П.¹, Орфанова М.М.¹, Дригулич П.Г.²

¹Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
вул. Карпатська, 15, 76019, м. Івано-Франківськ

²ГО «Центр сталого розвитку громад»
вул. Княгині Ольги, 16/65, 82107, м. Дрогобич
serhii.dryhulych@nung.edu.ua, maria.orfanova@nung.edu.ua, pzy@ukr.net

Розглянуто сучасні методи буріння, зміни в конструкції свердловин, широке впровадження іноземних мобільних та стаціонарних бурових установок великої потужності, бурильного інструменту, доліт, промивальних рідин, чотирьох ступеневої очистки бурових розчинів, нових більш безпечних хімічних реагентів та інших інноваційних технологій, у результаті чого значно скоротилися терміни спорудження нафтових і газових свердловин, зменшився негативний вплив на навколишнє природне середовище. Проведено аналіз геологічного розрізу та його вплив на склад відходів буріння нафтогазових свердловин у Дніпровсько-Донецькій западині. Проаналізовано різні типи гідроізолюючих екранів шламових амбарів, наведено їх фільтраційні властивості та методи влаштування. Наведено перелік хімічних реагентів для оброблення бурових розчинів. Доведено неефективність екранів колоїдно-хімічних з водної суспензії гідролізованого поліакриламід та бентонітової глини. Встановлено, що не повністю виконують свою гідроізолюючу функцію екрани з бентонітових матів, яку декларують виробники. Доведено, що найбільш ефективними при гідроізоляції амбарів є екрани з високо щільного поліетилену – геомембрани. Розглянуто переваги та недоліки амбарного та безамбарного методу буріння. Запропоновано новий комбінований метод буріння – амбарно-безамбарний.

Доведено невідповідність двох галузевих стандартів: ГСТУ 41-00032626-00-007-97 та ГСТУ 41-00032626-00-023-2000, сучасним вимогам технології споруджування нафтогазових свердловин та чинному законодавству. Запропоновано розробити замість них два нові Національні стандарти з охорони довкілля при споруджуванні свердловин на нафту і газ та з рекультивативної земель. *Ключові слова:* свердловина, амбар, гідроізоляція, ґрунти, відходи, хімічні реагенти, глина, пісковик, вибурена порода.

Environmental aspects of waste management during the construction of oil and gas wells. Dryhulych S., Orfanova M., Dryhulych P.

Modern drilling methods, changes in well design, widespread introduction of foreign mobile and stationary high-power drilling rigs, drilling tools, bits, flushing fluids, four-stage cleaning of drilling fluids, new safer chemical reagents and other innovative technologies are considered, as a result of which the construction time of oil and gas wells has been significantly reduced, and the negative impact on the environment has been reduced. An analysis of the geological section and its impact on the composition of waste from drilling oil and gas wells in the Dnieper-Donetsk depression has been carried out. Various types of waterproofing screens for sludge barns have been analyzed, their filtration properties and installation methods are given. A list of chemical reagents for processing drilling fluids is given. The ineffectiveness of colloidal-chemical screens made of an aqueous suspension of hydrolyzed polyacrylamide and bentonite clay has been proven. It was established that screens made of bentonite mats do not fully fulfill their waterproofing function, as declared by manufacturers. It was proven that screens made of high-density polyethylene – geomembranes – are the most effective for waterproofing barns. The advantages and disadvantages of the barn and barnless drilling method are considered. A new combined drilling method is proposed – barn-barnless.

The inconsistency of two industry standards: GSTU 41-00032626-00-007-97 and GSTU 41-00032626-00-023-2000, with modern requirements for the technology of constructing oil and gas wells and current legislation is proven. It is proposed to develop two new National Standards for Environmental Protection in the Construction of Oil and Gas Wells and for Land Reclamation instead. *Key words:* well, barn, waterproofing, soils, waste, chemical reagents, clay, sandstone, drilled rock.

Постановка проблеми та актуальність дослідження. Енергетична безпека держави залежить від наявності природних ресурсів, кваліфікованих кадрів, відповідної інфраструктури та належного її захисту, особливо під час воєнного стану в результаті рашистської агресії. Особливе місце у цьому займає нафтогазова галузь України. Переважна більшість родовищ знаходиться поблизу районів ведення бойових дій, частина, навіть, на тимчасово окупованій території, внаслідок чого обсяги видобування у східному регіоні України знизилися у порівнянні з довоєнним періодом. Крім цього, за останні роки в Україні не було відкрито жодного великого чи навіть

середнього родовища нафти та газу. Згідно з класифікацією наведеної у [1] за величиною видобувних запасів нафти і газу великі родовища – 30–100 млн. т нафти, 30–100 млрд. м³ газу; середні – 10–30 млн. т нафти, 10–30 млрд. м³ газу. Тому нарощування видобутку приурочене до родовищ, які експлуатуються вже не один десяток років.

З метою стабілізації, і, можливо, навіть нарощування видобутку вуглеводнів суб'єктами господарювання, впроваджуються різноманітні заходи з удосконалення подальшої розробки родовищ чи окремих покладів, які спрямовані на мінімізацію обсягів падіння або зростання темпів видобутку

вуглеводнів та збільшення коефіцієнтів вилучення нафти, газу й конденсату. Одним з найбільш дієвих заходів збільшення обсягів видобування вуглеводнів, є збільшення обсягів буріння, шляхом згущування сітки розробки на родовищах, які експлуатуються протягом багатьох років, що у свою чергу значно збільшує навантаження на доквілля.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Кабінет Міністрів України своїм Розпорядженням від 21 квітня 2023 р. № 373-р. [2] схвалив Енергетичну стратегію України на період до 2050 року. Основними принципами цієї Стратегії визначено економічну обґрунтованість, екологічність, доступність, соціальну справедливість та ринковість.

Крім цього, Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 28 грудня 2016 р. № 1079-р (зі змінами, внесеними згідно з Розпорядженням КМУ № 842-р від 24.10.2018) [3] було схвалено Концепцію розвитку газовидобувної галузі України та затверджено план заходів щодо її реалізації Концепції розвитку газовидобувної галузі України. Згідно цієї концепції, яка отримала назву – «Програма 20/20» (або «Стратегія «20/20»»), тільки АТ «Укргазвидобування» протягом п'яти років повинно було наростити видобуток газу і досягнути у 2020 р. видобутку 20,1 млрд. куб/рік.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вивчення впливу на доквілля споруджування нафтогазових свердловин і відходів буріння та інших екологічних проблем нафтогазової галузі займалась ціла низка зарубіжних та вітчизняних вчених.

Науковці Я. О. Адаменко, Л. М. Архипова, О. І. Лукинчук, Т. В. Кундельська, М. М. Николяк [4–8] проаналізували ймовірні впливи розроблення родовищ на геологічне середовище, поверхневі та ґрунтові води, на інші аспекти доквілля та соціальне середовище.

Михайловська О. [9] за результатами аналізу способів влаштування гідроізоляції шламових амбарів надає пропозиції щодо влаштування гідроізоляції шламових амбарів з використанням ґрунтоцементу.

У своїх роботах М. М. Орфанова [10–12] наводить основні причини забруднення доквілля, які виникають внаслідок аварійних ситуацій та через фільтрацію нафтопродуктів, супутньо-пластових вод та відходів із шламових амбарів та ставків відстійників. Я. М. Семчук із співавторами у своїй роботі [13] визначили основні джерела потрапляння пластових вод до компонентів доквілля. Авторами розглянуто масштаби поширення сольового забруднення ґрунтових вод. Г. І. Рудько та О. В. Нецький у своїй публікації [14] визначали впливи на геологічне середовище в процесі розробки нафтогазових родовищ, встановили основні джерела впливу на доквілля існуючої або створюваної інфраструктури. Л. Я. Побережний [15, 16] з метою підвищення рівня екологічної безпеки об'єктів паливно-енергетичного

комплексу України запропонував впровадити системи екологічного моніторингу, організацію екологічного аудиту, розроблення екологічних паспортів для найбільш небезпечних об'єктів, а також удосконалення екологічного законодавства у сфері експлуатації нафтогазових об'єктів.

І. М. Фесенко та М. М. Фесенко [17–19] у своїх публікаціях обґрунтували заходи з підвищення техногенної безпеки при спорудженні свердловин на нафту та газ. Ними було науково обґрунтовано підхід по оцінці класу небезпеки відходів буріння, досліджено вплив окремих інгредієнтів відходів буріння на ріст і розвиток сільськогосподарських рослин, визначено допустимі концентрації таких реагентів у ґрунті. Обґрунтовано обмежену кількість пріоритетних показників оцінки стану ґрунту в районі проведення бурових робіт з урахуванням складу хімічних реагентів та якості відходів, інтегрального характеру показників забруднюючих речовин.

У наведених вище публікаціях авторами розглядався вплив на доквілля застарілого обладнання, технологій, хімічних реагентів та методів споруджування нафтогазових свердловин, і у переважній більшості публікацій не враховано реалії сучасного стану у сфері охорони доквілля під час буріння нафтогазових свердловин та не враховано вимоги нових нормативно-правових актів.

Новизна. Проведено аналіз геологічного розрізу та його вплив на склад відходів буріння нафтогазових свердловин у Дніпровсько-Донецькій западині. Проаналізовано різні типи гідроізолюючих екранів шламових амбарів, наведено їх фільтраційні властивості та методи влаштування. Запропоновано новий комбінований метод буріння – амбарно-безамбарний.

Методологічне або загальнонаукове значення. Методологічна основа дослідження охоплює аналіз галузевої нормативно-законодавчої бази щодо спорудження нафтових і газових свердловин та екологічний аналіз різних типів гідроізолюючих екранів шламових амбарів, які облаштовуються при бурінні нафтогазових свердловин у Дніпровсько-Донецькій западині.

Загальнонаукове значення полягає у використанні комбінованого методу буріння – амбарно-безамбарного.

Викладення основного матеріалу. Результати досліджень. Обсяги бурових робіт ПАТ «Укргазвидобування» протягом 2020–2023 років становили: 2020 рік – 124367 м; 2021 рік – 209665 м; 2022 рік – 215215 м; 2023 рік – 325627 м. Значне нарощування обсягів буріння спричинило до значного зростання об'ємів утворення відходів: вибурної породи (бурового шламу) (далі – ВП), відпрацьованих бурових розчинів (далі – ВБР) та бурових стічних вод (далі – БСВ).

Склад відходів буріння залежить від гірських порід, які складають геологічний розріз свердло-

вини. Наведемо типовий геологічний розріз однієї із свердловин згідно [20]:

- від 0 до 300 м – лес, суглинки, глини, піски, пісковики, мергелі;
- від 300 до 1000 м – крейда, мергелі, глини, піски, пісковики;
- від 1000 до 1500 м – глини, аргіліти, алевроліти, піски, пісковики, глинисті вапняки;
- від 1500 до 2300 м – глини, аргіліти, вапняки, алевроліти, пісковики, конгломерати, галечники;
- від 2300 до 3500 м – кам'яна сіль, глини соляні, ангідрити, гіпси, аргіліти, алевроліти глинисті, глини, вапняки, доломіти, пісковики;
- від 3500 і до вибою (5000–6500 м) – пісковики, алевроліти, аргіліти, сланці, вапняки, зустрічаються прошарки вугілля тощо.

Як видно з наведеного геологічного розрізу, тверда фаза відходів буріння (буровий шлам) за своїм мінералогічним складом залежить від гірських порід, що розбурюються: до 2300 м – глиниста (з переважанням у складі глин, аргілітів, мергелів, крейди); з 2300 до 3500 – глинисто-галоїдно-сульфатна (тверда фаза складається в основному з глин, кам'яної солі, гіпсу та/або ангідриту); з глибини 3500 м – тверда фаза складена міцними теригенними породами (пісковики, алевроліти, аргіліти, сланці тощо). Глибини залягання порід можуть суттєво різнитися, у залежності від місця розташування свердловин в тій чи іншій частині ДДЗ.

Згідно наведеного геологічного розрізу, конструкції свердловин та поінтервального розрахунку обсягів вибуреної породи до глибини 3500 м, це переважно м'які глинисті та хемогенні породи: глина, мергелі, крейда, кам'яна сіль, ангідрити, гіпси тощо. У зв'язку з тим, що буріння під кондуктор та проміжні колони глибоких свердловин, здійснюється долотами великих діаметрів, присутнє так зване явище «самозамісу» та набухання глин (окремі різновидності глин у воді можуть збільшувати свій об'єм у 9 разів), в результаті чого при бурінні верхніх горизонтів утворюється понад дві третини обсягів вибуреної породи від загального обсягу відходів [20].

Розглянемо характеристику глин, які формують верхні горизонти порід.

Глини – зв'язні незцементовані осадові породи. Складаються з переважно тонкодисперсних глинистих мінералів (шаруватих водних алюмосилікатів).

До глин віднесені породи, що вміщують понад 30% часток не більших ніж 0,005 мм. Хімічний склад (%): SiO_2 – 30–70, Al_2O_3 – 10–40, H_2O – 5–10, а також домішки оксидів металів [21].

Згідно даних [22] глинисті мінерали – це солі алюмінію і кремнію. Крім них, до складу глин входять молекули води. Співвідношення компонентів може бути різним залежно від місця буріння. Оксиди кремнію (кремнезем) становлять приблизно 45–50%, оксид алюмінію (глинозем) – близько 40–45%, вода – до 15%. Мінеральний склад переважно представлений гідрослюдами, каоліном, хлоритом і монтморилонітом, але зустрічаються й інші мінерали: андалузит, дистен, силіманіт, галлуазит, гідраргіліт, корунд, мусковіт, діаспор, пірофіліт тощо.

У глинах можуть міститися у незначних кількостях барвники – хромофори. До них відносяться оксиди заліза, титану, магнію, міді, нікелю, хрому. Вони надають матеріалу різних відтінків, від жовтого і коричневого до синього, червоного і навіть чорного.

На другому місці, після глинистих порід, найбільш поширеними теригенними породами у ДДЗ є пісковики, алевроліти, і у верхніх горизонтах – піски.

При дослідженні керну з різних родовищ нафти та газу у ДДЗ авторами [23] було описано характеристики різнозернистих (від дрібно- до крупнозернистих) в основному кварцових, рідше – кварцових і польвошпатових пісковиків. Цемент в основному глинисто-карбонатно-кварцовий, глинисто-карбонатний та карбонатно-глинистий.

При дослідженні літологічних особливостей кварцових пісковиків бучацької світи у межах північно-східної країни ДДЗ, авторами [24] було наведено таку їх характеристику. Вміст SiO_2 становить 97–99%, а Al_2O_3 не перевищує 1,6%. Крім цього, встановлено незначні металеві включення металів, у т.ч. важких металів (які наведені у табл. 1).

Як видно з наведеного аналізу, теригенні осадові породи ДДЗ в основному складені глиноземом та кремнеземом. Як правило, в них відсутні важкі метали, лише в окремих випадках можуть містити незначні включення мінералів з такими металами.

Склад ВБР і частково БСВ також залежить від геологічного розрізу, що розбурюється, води, солей та хімеагентів якими оброблялися бурові розчини

Таблиця 1

Результати досліджень вмісту металевих включень у кварцових пісковиках бучацької світи

№ проби	Хімічний склад, у %										
	Fe	Ni	Co	Cu	Cr	Si	Zn	Al	Ti	Mn	Сума
1	96,41	0,00	0,00	0,00	0,20	2,72	0,00	0,23	0,10	0,34	100
2	96,87	0,00	0,00	0,00	0,11	2,53	0,00	0,20	0,02	0,27	100
3	96,87	0,00	0,00	0,01	0,11	2,47	0,16	0,12	0,02	0,24	100
5	97,03	0,10	0,01	0,21	0,06	2,37	0,00	0,00	0,00	0,22	100

тощо. Крім цього, пластові тиски продуктивних горизонтів на виснажених родовищах становлять 0,5–0,8 від гідростатичного тиску, а водонапірні горизонти з пластовими водами, так як вони не експлуатувалися, мають початкові пластові тиски, які інколи перевищують гідростатичний тиск на 10–20%, через що у свердловину при бурінні до бурового розчину можуть потрапляти пластові води, або навпаки може відбуватися поглинання бурового розчину продуктивними та іншими низьконапірними горизонтами.

На даний час в Україні існують два методи буріння, амбарний і безамбарний. При амбарному – відходи накопичуються у шламових амбарах, де після завершення буріння нейтралізуються, затвердіваються і захороняються безпосередньо на буровому майданчику. При безамбарному відходи накопичуються у гідроізолюваних, як правило металевих ємностях, після чого вивозяться для оброблення/видалення у спеціально облаштовані місця.

Переважна частина свердловин буриться амбарним методом, якщо дозволяють фізико-географічні умови на підставі результатів проведених інженерно-геологічних досліджень. Для вибору методу буріння визначальними є наявність природоохоронних об'єктів чи екологічно-вразливих місць територій, глибина залягання першого водоносного горизонту та фільтраційні характеристики ґрунтів, у яких планується облаштування шламових амбарів. Якщо відстань від найнижчої точки дна амбару до максимального рівня стояння ґрунтових вод становить менше 2,0 м свердловину необхідно бурити по безамбарному методу. В залежності від фільтраційних властивостей ґрунтів, якщо ґрунти проникні то облаштовують протифільтраційні екрани або у разі наявності слабо-проникних чи майже непроникних – такі екрани не облаштовують.

У залежності від фільтраційних властивостей ґрунтів, згідно [25], розглядають декілька основних типів протифільтраційних екранів та методів їх облаштування.

1. Ґрунтові екрани.

Протифільтраційні екрани із слабо проникних ущільнених глинистих ґрунтів використовують при облаштуванні шламових амбарів, у разі наявності поблизу в достатній кількості глинистих ґрунтів. Цей екран є досить ефективним, коефіцієнт фільтрації становить не менше 10^{-6} см/с але влаштування його є дуже затратним, складним, інколи навіть неможливим.

2. Екрани з поверхнево-активних речовин і полімерів.

Для створення таких екранів у шламових амбарах, використовують різні гідрофобізуючі кремнійорганічні рідини (далі – ГКР) [26] і поліізобутилен (синтетичний каучук) (далі – ПІБ).

Виконання протифільтраційного екрану з ГКР або ПІБ не потребує використання спеціального обладнання, великих енерговитрат. Вони малотоксичні і нерозчинні у воді. Обробку підготовлених

поверхонь дна і стінок амбару здійснюють за допомогою пневматичних розпилювачів. Гідрофобізуючу рідину наносять у 2–3 прийоми з проміжками між обробкою 6–12 годин для дифузії речовини в ґрунт. Витрати ГКР та ПІБ залежать від фізико-хімічних властивостей ґрунтів і товщини кольматаційного шару, що створюється, і становить для ГКР від 1,2 до 3,0 кг/м², для ПІБ – від 0,8 до 2,5 кг/м². Вартість цих рідин на ринку України становить 300–450 грн/кг.

При цьому коефіцієнти фільтрації екранів на базі таких рідин становить: на піщаних ґрунтах не більше 10^{-4} – 10^{-5} см/с; в глинистих – 10^{-7} – 10^{-8} см/с.

Кольматаційні екрани з поверхнево-активних речовин і полімерів прості при їх влаштуванні, однак гідроізолюючі властивості – недостатні.

3. Екрани колоїдно-хімічні з водної суспензії гідролізованого поліакриламідом та бентонітової глини.

В екранах колоїдно-хімічного типу глиниста суспензія, стабілізована гідролізованим поліакриламідом (далі – ППАА), частково проникає в ґрунтовий шар і заповнює фільтраційні пори. Облаштування цього екрану потребує такої ж підготовки поверхні стінок і дна амбару, як і у наведених вище випадках.

З метою закріплення екрану і попередження його розтріскування після висихання необхідно через декілька діб провести оброблення поверхні екрану водним розчином сульфату алюмінію, масова доля якого складає 5%. При цьому необхідно врахувати, що найбільш оптимальна крутизна стінок амбару для такого екрану має становити 1:(2–3), тобто 45–30°. Однак, на практиці попередити розтріскування екрану, осипання чи розмивання стінок амбару – майже неможливо (Рис. 1).

Такі екрани досить прості при їх облаштуванні, але коефіцієнт фільтрації таких екранів, як правило не перевищує 10^{-5} см/с.

4. Екрани з поліетиленових плівок.

Екрани з поліетиленових плівок облаштовують в амбарах у таких випадках:

– якщо в районі влаштування свердловини відсутні глинисті ґрунти, придатні для облаштування екрану;

– в екологічно-вразливих місцях тощо.

У якості підстилаючого шару під поліетиленову плівку використовують спеціально відсипаний шар дрібного піску товщиною 10 см. Товщина захисного шару пліткових екранів повинна бути не більше 50 см з будь-яких ґрунтів, які не містять в собі значних включень.

На даний час найчастіше використовують для облаштування протифільтраційних екранів – геомембрани, які виготовляються з поліетилену високої (HDPE) або низької щільності (LDPE), з використанням геотекстилю, замість підстилаючого шару з піску, що значно спрощує виконання робіт з гідроізоляції амбарів (Рис. 2).

Екрани з поліетиленової плівки мають дуже низькі коефіцієнти фільтрації 10^{-10} – 10^{-13} см/с, стійкі



Рис. 1. Екран з гідролізованого поліакриламіду та бентонітової глини



Рис. 2. Протифільтраційний екран з геомембрани

до агресивного середовища, витримують значні механічні навантаження та низькі температури. Екрани з поліетиленової плівки є найбільш ефективними зі всіх перелічених вище екранів.

5. Екрани з бентонітових матів.

У вигляді експерименту на свердловинах № 110 Нурівського ГКР та № 125 Західно-Соснівського

ГКР було облаштовано протифільтраційний екран з бентонітових матів.

Матеріали бентонітові будівельні виготовляються відповідно до ТУ У В 2.7-14.2-37416262-001:2011 (далі – мати бентонітові) з використанням активного мінерального бар'єру виробництва GDA ActiMat Dr (Польща). Згідно технічного паспорту це – високо-

якісний геосинтетичний глиняний бар'єр, що складається з бентоніту натрію, розміщеного між двома шарами, тканим та нетканим геотекстилями, що скріплені між собою голкопробивним способом. Маса бентоніту 5000–5300 г/м². Виготовляється у рулонах шириною 5,0 м і довжиною 40 м. У технологічній карті на влаштування протифільтраційних екранів шламових амбарів із застосуванням геотекстильних бентонітових матеріалів, яка розроблена ТОВ «ПСМ ІЗОЛ» 12.03.2019 р., задекларований коефіцієнт фільтрації становить 10⁻¹¹ см/с [27]. Загальна маса одного рулону становить ~1,0–1,1 т.

Укладання матеріалу виконується шляхом розмотування його з траверси, яка підвішена на машині-укладачі. Забороняється переміщатися авто-тракторній техніці по застеленому матеріалу та протягувати його по основі амбару щоб не пошкодити його нижній шар. Мати укладають таким чином, щоб накид мату що стелиться накривав краї попереднього на 300 мм. Додатково стик посилюється латкою шириною 800 мм з додатковим кріпленням до основи ґрунту металевими П-подібними скобами. Крім цього, для кращої герметизації швів їх накривають бентонітовими гранулами або бентонітовою пастою.

Але на практиці фільтраційні властивості бентонітових матів не відповідають задекларованим, що було підтверджено дослідженнями води зі спостережних свердловин на Нурівському та Західно-Соснівському ГКР, у яких було виявлено підвищений вміст сухого залишку та хлорид-іонів.

6. Екрани з ґрунтоцементу.

Науковцями Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» запропоновано влаштувати екрани з ґрунтоцементу без виймання ґрунту [28]. Згідно запропонованої технології по периметру шламового амбару буряться свердловини. Ці свердловини під тиском наповнюються ґрунтоцементом, що являє собою захисний екран від ґрунтових вод. Потім влаштовується котлован, дно якого гідроізолюється ґрунтоцементом, який змішують окремо в бетонозмішувачі та наливають суцільним шаром на дно амбару. На практиці такі екрани на бурових не облаштовувалися та фільтраційні властивості не визначалися.

7. Металеві та залізобетонні екрани.

Екрани у вигляді металевих ємностей використовуються як правило при безамбарному бурінні. Фільтраційні властивості таких екранів та стійкість до механічних пошкоджень у них є найкращими, але вони можуть вмщати невелику кількість відходів, і у разі значної кількості опадів ємності можуть переповнюватися і відходи буріння потрапляють у довкілля. Інколи замість металевих ємностей можуть облаштовувати котловани із залізобетонних плит, з гідроізоляцією швів між ними.

Вплив хімічних реагентів на довкілля. Склад відходів буріння там їхній вплив на довкілля залежить

не тільки від геологічного розрізу, а також від конструкції свердловини та хімічних реагентів, які використовуються для оброблення бурового розчину.

Для буріння під кондуктор, коли розкриваються підземні горизонти, які можуть бути джерелами господарсько-питного водопостачання для приготування та оброблення бурового розчину використовується прісна вода, глинопорошок, у незначній кількості кальцинована сода (Na₂CO₃), графіт та СМС-LV і СМС-NV (карбоксил-метил-целюлоза (КМЦ) – харчова добавка Е466, яка використовується для згущення, стабілізації та желатинування харчових продуктів).

В інтервалах буріння під проміжні (технічні) та експлуатаційні колони, крім вище перелічених хімічних реагентів, для оброблення бурових розчинів на даний час використовують такі хімічні реагенти: гашене вапно (Ca(OH)₂), натрію бікарбонат (сода харчова NaHCO₃) каустичну соду (NaOH), хлорид калію (KCl), хлорид натрію (NaCl), КССБ-МТ (конденсована сульфід-спиртова барда (побічний продукт при переробці подрібненої деревини), поліакриламід, різні змащувальні добавки (у т.ч. побічні продукти олійного виробництва) тощо. Для збільшення питомої ваги бурових розчинів використовують крейду, доломітову муку (CaMg(CO₃)₂ чи MgCO₃*CaCO₃) та барит (BaSO₄). У минулому використовувалися гематит (Fe₂O₃) чи навіть галеніт (PbS), для свердловин з аномально високими пластовими тисками, однак через відсутність таких горизонтів і токсичність геленіту, від його використання відмовилися вже давно. Також у минулому використовували біхромат натрію (Na₂Cr₂O₇) – хімічний реагент першого класу небезпеки, який містить шестивалентний хром, один із найнебезпечніших хімічних чинників впливу на довкілля та організм людини тому його використання заборонено.

Збільшення діаметрів доліт для буріння верхніх горизонтів призводить до збільшення об'єму відходів буріння, але використання сучасної чотирьох ступеневої системи очистки значно зменшує обсяги відходів. Тому на окремих бурових третій амбар, залишається «сухим», тобто не заповнений зовсім.

У разі поглинання бурового розчину, у першу чергу знижують його питому густину, або готують кольматаційні пачки з використанням тирси, подрібненої горіхової шкаралупи, лушпиння від соняшнику, гумової крихти, скловолокна, мікромармуру, волокон азбесту чи бавовни та інше.

Для буріння інтервалів під експлуатаційні колони та хвостовики, особливо під час проходки продуктивних горизонтів, враховуючи виснаженість родовищ нафти і газу та низькі пластові тиски, використовують промивні рідини на вуглеводневій основі (нафта, дизпаливо), що у свою чергу вимагає особливих підходів до управління відходами буріння, які містять вуглеводні. Такі відходи відносяться до небезпечних, тому змішувати їх з відходами при проходці верхніх

горизонтів недоцільно, оскільки змішування з відходами що не є небезпечними, перетворить їх у небезпечні і призведе до значного збільшення їх обсягів.

Наприклад при бурінні свердловини № 562 Західно-Хрещищенського ГКР під кондуктор, проміжну та експлуатаційну колону використовували глинистий розчин на водній основі, а під хвостовик діаметром 127 мм використовувався буровий розчин на вуглеводневій основі, а саме на дизельному паливі. В результаті чого небезпечними будуть лише незначна кількість відходів буріння, які утворюються при проходці свердловини під цей хвостовик. Для дослідження було відібрано два зразки вибуреної породи та рідку фракцію з металевієї ємності для відходів (рис. 3). Результати дослідження наведено у таблиці 2.

Як видно з наведених результатів досліджень, оброблення вуглеводневомісних відходів буріння, з вилученням з них дизпалива, може бути економічно вигідним.

Тому на окремих свердловинах АТ «Укргазвидобування» впроваджується комбінований метод буріння, авторами пропонується назвати його амбарно-безамбарним. При цьому методі буріння

відходи буріння з верхніх горизонтів, які відносяться до відходів буріння, що не є небезпечними, розміщуються, нейтралізуються і захороняються в шламових амбарах, а відходи, що містять вуглеводні або можуть містити інші небезпечні компоненти, які становлять лише невелику частку від всіх відходів (5–10%), збираються окремо у металеві ємності (рис. 3, 4), вивозяться на об'єкти управління небезпечними відходами, де обробляються з вилученням вуглеводнів, і залишки від них захороняються на спеціально облаштованих полігонах чи накопичувачах для відходів буріння.

Ще однією страшилкою для населення є інформація псевдоекспертів, що при бурінні нафтогазових свердловин утворюються радіоактивні відходи. Наведемо Результати радіологічних досліджень вибуреної породи з виробничих об'єктів ПАТ «Укрнафта» які наведені у таблиці 3.

Як видно з наведених результатів відходи буріння згідно п. 8.6.1 НРБУ-97 відносяться до I класу, тобто *«(б) Коли величина Аеф в будівельних матеріалах та мінеральній сировині нижче або дорівнює 370 Бк/кг в ступені -1, то вони можуть використовуватись для всіх видів будівництва без обмежень».*



Рис. 3. Відходи буріння з використанням бурового розчину на дизельному паливі

Таблиця 2
Результати дослідження відходів буріння свердловини № 562 Західно-Хрещищенського ГКР

№ з/п	Назва проби	Вміст твердої фази, %	Вміст вуглеводнів, %	Вміст води, %	Дата відбору
1	Вибурена порода	54,0	28,0	18,0	28.05.2024
2	Вибурена порода	70,0	16,0	14,0	28.05.2024
3	Рідка фаза	2,0	96,0	2,0	28.05.2024



Рис. 4. Амбарно-безамбарний метод буріння

Таблиця 3

Результати радіологічних досліджень відходів буріння ПАТ «Укрнафта»

№ з/п	Найменування об'єкту	Акт відбору проб, №, дата	Питома активність радіонуклідів, Бк/кг-1				
			Ra ²²⁶	Th	K ⁴⁰	Cs ¹³⁷	Загальна активність
1	Шлам з шламонакопичувача Качанівського НГКР	№ 01 від 20.03. 24	13,7±3,0	14,4±1,9	225±20	0,7±0,3	51,7±8,3
2	Шлам з амбару зі свердловини № 150 Великобубнівського родовища	№ 02 від 27.03. 24	57,3±4,4	23,3±2,4	357±2,4	<1,3	118±10
3	Шлам з свердловини № 212 Гнідинцівського родовища	№ 05 від 28.03.24	14,9±4,0	17,4±4,8	609±57,0	<2,9	89,5±15,2

Крім цього, протягом 1994–2003 рр. згідно інформації служби екологічної та радіаційної безпеки колишнього Бориславського управління бурових робіт, яке здійснювало буріння свердловин по безамбарному методу на Андріяшівському ГКР, з вивезенням відходів буріння у шламонакопичувач поблизу покинутого с. Кринички (Роменський р-н, Сумської обл.), потужність експозиційної дози відходів буріння становила від 13 до 21 мкР/год.

Головні висновки. Відповідно до Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом, згідно з якою Україна взяла на себе зобов'язання щодо імплементації цілого ряду положень Директив ЄС у сфері охорони довкілля, та у зв'язку зі значними змінами у нормативній базі держави, зокрема з прийняттям Законів України «Про оцінку впливу на довкілля», «Про управління відходами», «Про систему громадського здоров'я», затвердженням Порядку класифікації відходів та Національного

переліку відходів тощо, виникла нагальна потреба у перегляді цих галузевих стандартів [25, 29] та розроблення на їх основі нових Національних стандартів.

Облаштування протифільтраційних екранів в амбарах з використанням бентонітових матів є недоцільним, оскільки вони є неефективними, складними при їх облаштуванні та дороговартісними.

Використання кольматаційних екранів з поверхнево-активних речовин і полімерів та колоїдно-хімічних екранів на основі водної суспензії гідролізованого поліакриламиду і бентонітової глини та кам'яної солі є неефективним заходом, оскільки вони не забезпечують достатньої гідроізоляції і руйнуються під дією різних фізичних факторів, у т. ч. при проведенні робіт з технічної рекультивациі землі, нейтралізації та захороненні відходів буріння в амбарах чи технологічних траншеях.

Недоцільно проводити гідроізоляцію амбарів з використанням матеріалів на основі водної суспензії гідролізованого поліакриламідів і бентонітової глини та кам'яної солі, для розміщення відходів буріння верхніх горизонтів, які в основному складаються з таких самих глинистих порід, води, поліакриламідів карбоксил метилцелюлози тощо. З метою вирішення даної проблеми авторами пропонується, крім амбарного та безамбарного методів буріння впровадити комбінований метод: амбарно-безамбарний, тобто верхні горизонти буряться по амбарному методу, а при проходці продуктивних горизонтів, коли можуть використовуватися бурові розчини на вуглеводневій основі чи з додаванням інших небезпечних хімреагентів, необхідно бурити по безамбарному методу. Таким чином уникнемо забруднення небезпечними відходами великої кількості відходів буріння, що не є небезпечними.

У переважній більшості відходів буріння важкі метали відсутні, оскільки вони складаються з вибуреної породи, води та хімреагентів, які не містять цих металів.

Доведено, що відходи буріння нафтогазових свердловин у ДДЗ не містять понад норму природних радіонуклідів і можуть використовуватися без обмежень щодо радіаційних параметрів.

Пропонується ініціювати внесення змін до нормативних актів та проектної документації, що

у разі розміщення та захоронення в амбарах відходів буріння (вибуреної породи), що не є небезпечними, на земельних ділянках з глибоким заляганням ґрунтових вод (більше 10 м) і коефіцієнтом фільтрації ґрунтів не більше 10^{-4} – 10^{-5} см/с передбачити можливість не облаштовувати жодних протифільтраційних екранів у шламових амбарах, тому що це імітація і зайві затрати людських та фінансових ресурсів.

При розробленні проектної документації на буріння свердловин, в окремих випадках розглянути облаштування лише двох амбарів.

З метою виявлення залишків будівництва, бетону, металобрухту тощо, необхідно в обов'язковому порядку передбачити в проектній документації та інших нормативних актах перед нанесенням родючого ґрунту пройти ралом на глибину не менше 0,30–0,50 м.

Посилити контроль відповідних державних органів за проведенням робіт з біологічної рекультивації землі.

Перспективи використання результатів дослідження. Результати досліджень можуть бути використані при перегляді нормативно-правових актів, розробленні проектно-кошторисної документації та можуть бути впроваджені на практиці при облаштуванні амбарів для буріння нафтогазових свердловин, що у свою чергу зменшить негативний вплив на ґрунти та підземні води.

Література

1. Правила розробки нафтових і газових родовищ. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0692-17#Text>.
2. Розпорядження Кабінету Міністрів від 21 квітня 2023 р. № 373-р. «Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2050 року». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/373-2023-%D1%80#Text>.
3. Розпорядження Кабінету Міністрів від 28 грудня 2016 р. № 1079-р «Про схвалення Концепції розвитку газовидобувної галузі України». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1079-2016-%D1%80#Text/>.
4. Адаменко Я.О., Кундельська Т.В., Николяк М.М. Оцінка впливів освоєння нафтогазоконденсатних родовищ на навколишнє середовище. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*. 2005. № 3(16). С. 53-58.
5. Адаменко Я.О., Лукинчук О.І. Газогеохімічний моніторинг виснажених нафтогазових родовищ Прикарпаття. *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування*. 2015. № 2. С. 59-62.
6. Архипова Л.М., Адаменко Я.О. Оцінка впливу спорудження нафтогазових свердловин на водне середовище. *Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу*. 2009. № 2. С. 122-126.
7. Адаменко Я.О., Карпаш О. М. Управління природними ресурсами та екологічною безпекою паливно-енергетичного комплексу в Карпатському та інших регіонах. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*. 2003. № 4. – С. 122-126.
8. Адаменко Я.О. Оцінка впливів техногенно небезпечних об'єктів на навколишнє середовище. *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування*. 2010. № 2. С. 58-63.
9. Михайловська, О. Спосіб влаштування гідроізоляції шламових амбарів. *Collection of scientific papers «АГОС»*, (March 1, 2024; Paris, France), 174-178. URL : <http://surl.li/bzsgxg>.
10. Орфанова М.М. Еколого-технологічні принципи поводження з відходами нафтогазового комплексу : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 21.06.01 «Екологічна безпека» / М. М. Орфанова ; Івано-Франків. нац. техн. ун-т нафти і газу. Івано-Франківськ, 2006. 19 с.
11. Орфанова М.М. Напрямки покращення екологічної ситуації на підприємствах нафтогазового комплексу України. *Енергосбереження. Енергетика. Енергоаудит*. 2014. № 4. – С. 69-75.
12. Орфанова М.М., Рудько Г.І. Актуальність інформаційного забезпечення проблеми відходів нафтогазового комплексу. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*. 2002. № 4. С. 15-16.
13. Семчук Я.М., Депутат Б.Ю., Камаєва І.О. Вплив пластових вод Північно-Долинського нафтогазоконденсатного родовища на довкілля. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*. 2005. № 4. С. 99-105.
14. Рудько Г.І., Нецький О.В. Екологічні проблеми нафтогазових родовищ. *Екологічні проблеми нафтогазового комплексу : матеріали III міжнародної науково-практичної конференції, НІПЦ «Екологія Наука Техніка»*. Київ-2007, С. 4-6.
15. Побережний Л., Пасяка Р. Екологічні проблеми нафтогазового комплексу. *Проблеми техногенно-екологічної безпеки: освіта, наука, практика*. 2016. С. 7.

16. Побережний Л. Я. Вплив аварій нафтогазопроводів на довкілля. *Екологія і промисловість*. 2007. № 3 (12). С. 20-24.
17. Фесенко І.М. Оцінка якості відходів буріння та контроль за станом ґрунтів в районах спорудження нафтових та газових свердловин (на прикладі ДДЗ): автореф. дис. канд. техн. наук: 21.06.01 / Фесенко І.М.; Харківський національний університет. Харків, 2002. 15 с.
18. Фесенко М. М., Коваленко В. І., Берюк О. В. Удосконалення нормативних документів у сфері поводження з відходами під час спорудження нафтогазових свердловин. *Співробітництво для вирішення проблеми відходів* : матеріали 3-ої Міжнародної конференції (Харків, 7 – 8 лютого 2006 р.). URL: <https://waste.ua/cooperation/2006/theses/fesenko.html>.
19. Фесенко І.М., Решетов І. К., Фесенко М. М. Оцінка класу небезпеки відходів буріння нафтогазових свердловин, які містять важкі метали. *Екологія довкілля та безпека життєдіяльності*. 2004. № 6. С. 57-61.
20. Дригулич П.Г. Управління відходами буріння: проблема чи можливість? *SUSTAINABILITY LEADER'S GUIDE*. 2023. № 4 (4). С. 47-58. URL: <http://surl.li/hzivot>.
21. Глини А. Я. Радзивілл, Н. В. Вергельська. Енциклопедія Сучасної України. Редкол.: І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк [та ін.] ; НАН України, НТШ. – К. : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2006. URL: <https://esu.com.ua/article-30413>.
22. Глини. Характеристики, різновиди та поширення. URL: <https://insgeo.com.ua/gliny/>.
23. Лисак Ю., Шпот Ю., Шира А., Кучер З., Куровець І. Петрофізичні моделі теригенних колекторів кам'яновугільних відкладів центральної частини Дніпровсько-Донецької западини. *Геологія і геохімія горючих копалин*. 2019. № 1 (178). С. 63-73.
24. Деревська К., Ісаєв С., Руденко К., Нурмамедов Л. Літологічні та мінералого-петрографічні особливості еоценових пісковиків північно-східного схилу Дніпровсько-Донецької западини. *Геологія і геохімія горючих копалин*. 2019. № 1 (178). URL: <http://surl.li/jfctwq>.
25. ГСТУ 41-00032626-00-007-97 «Охорона довкілля. Споруджування розвідувальних і експлуатаційних свердловин на нафту та газ на суші. Правила проведення робіт». URL: <http://surl.li/ngmdfm>.
26. Ілів В. В., Ілів Я. В. Дослідження проникності кремнійорганічних рідин у матеріали для отримання вертикальної та горизонтальної гідроізоляції стін. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Теорія і практика будівництва*. 2018. № 888. С. 65-71. URL: <http://surl.li/ewiowr>.
27. Технологічна карта на влаштування протифільтраційних екранів шламових амбарів із застосуванням геотекстильних бен-тонітових матеріалів. ТОВ «ПСМ ІЗОЛ». 12.03.2019 р., с. 14. URL: <http://surl.li/gavyoz>.
28. Тимофеева К. А. Ґрунтоцементні сховища для токсичних відходів буріння та експлуатації нафтогазових свердловин : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.23.02. Полтав. нац. техн. ун-т ім. Юрія Кондратюка. – Полтава, 2016. – 22 с.
29. ГСТУ 41-00032626-00-023-2000 «Охорона довкілля. Рекультивация земель під час спорудження нафтових і газових свердловин».