

УДК 622.24.06

М.Я. Магун<sup>1</sup>, С.А. Гурський<sup>2</sup>, О.М. Верста<sup>1</sup>, Р.В. Зіньков<sup>2</sup>, О.Є. Забильська<sup>2</sup>,  
Н.В. Магун<sup>2</sup>

### Сучасні технології регенерації та знешкодження відпрацьованих бурових промивальних рідин

<sup>1</sup>Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника,  
вул. Шевченка, 57, м. Івано-Франківськ, 76018, Україна

<sup>2</sup>Науково-дослідний і проектний інститут ПАТ «Укрнафта»,  
Північний бульвар ім. Пушкіна, 2, м. Івано-Франківськ, 76019, Україна

Зростаючі вимоги природоохоронного законодавства до діяльності нафтогазовидобувних компаній вимагають володіння інформацією та набутим досвідом у галузі сучасних технологій і обладнання переробки та утилізації бурових відходів. Аналіз результатів проведеного інформаційного пошуку дав можливість зробити висновок, що більшість компаній надають замовнику інтегрований комплекс послуг з переробки та утилізації відходів буріння. Бурові підрядчики та нафтовидобувні компанії можуть отримати оптимальну комбінацію обладнання та інженерного супроводу для проведення бурових робіт в екологічно чутливих районах або в умовах «нульового скидання» відходів. Передові технології відновлення промивальних рідин та обробки бурового шламу дозволяють відповідати всім сучасним вимогам збору та обробки бурового шламу, поводження з відпрацьованими буровими розчинами в процесі будівництва свердловини. Проаналізувавши широкий спектр послуг різних компаній в галузі поводження з буровими відходами були вибрані найбільш прийнятні для застосування буровими підприємствами.

**Ключові слова:** бурові відходи, утилізація відходів, промивальні рідини, буровий шлам.

М. Ya. Magun<sup>1</sup>, S. A. Gurskyi<sup>2</sup>, O. M. Versta<sup>1</sup>, R. V. Zinkov<sup>2</sup>, O. Ye. Zabila<sup>2</sup>,  
N. V. Magun<sup>2</sup>

### Modern Technologies of Reprocessing and Disposal of Depleted Drilling Fluids

<sup>1</sup>Vasyl Stefanyk Precarpathian National University,  
57, Shevchenko Str., Ivano-Frankivsk, 76018, Ukraine

<sup>2</sup>Research and Project Institute PJSC «Ukrnafta»,  
2, Pushkin Pivnichnyy Boulevard, Ivano-Frankivsk, 76019, Ukraine

Growing demands of nature conservation laws towards activities of oil and gas production companies require awareness of information and gained experience in the sphere of modern technologies and equipment aimed at processing and utilization of drilling waste. The analysis of the results of informational search which has been carried out has brought us an opportunity to make a conclusion that most companies provide an ordering party with an integrated complex of services aimed at processing and utilization of drilling waste. Drilling contractors and oil production companies can get an optimal combination of equipment and engineering support to carry out works in ecologically sensitive regions or in conditions of "zero waste discharge". Cutting-edge technologies of drilling fluids recovery and drilling cuttings treatment let us correspond with all modern requirements of drilling cuttings collection and treatment, handling of worked out drilling fluids in the course of well construction. Having analysed a wide range of services of different companies in terms of drilling waste handling, we have selected the most favourable ones to be used by drilling enterprises.

**Key words:** drilling waste, utilization of waste, fluids, drilling cuttings.

Стаття поступила до редакції 29.04.2013; прийнята до друку 30.09.2013.

## I. Актуальність проблеми

У часі новітніх технологій виникає потреба дати відповідь на питання: «Що ми хочемо залишити наступним поколінням?». Коли виникає питання охорони навколишнього середовища, кожен з нас стає на захист природи, у наукових публікаціях дослідники часто звертають увагу на цю проблему [1-3].

Контроль за станом природного середовища є однією з найважливіших ланок у розв'язанні багатьох екологічних проблем. Основним джерелом інформації про стан об'єктів природного середовища є аналіз, тому особливого значення набуває правильність визначення великої кількості хімічних інгредієнтів, наявних у цих об'єктах. Багато з них мають природне походження, вони завжди присутні в природних екосистемах і є необхідними для їх нормального функціонування. У той же час дуже велика кількість неорганічних та органічних сполук надходить до навколишнього середовища внаслідок дії антропогенного чинника [4].

З екологічної точки зору надзвичайно важливим є те, що хімічні інгредієнти в природному середовищі можуть бути високотоксичними, малотоксичними або нетоксичними. Токсичними називають такі інгредієнти, які при перевищенні певної гранично допустимої концентрації спричиняють загибель живих істот або пригнічують їхню життєдіяльність. Нетоксичними є інгредієнти, які необхідні для розвитку живих організмів, або не впливають на їхню життєдіяльність у певних межах концентрацій, характерних для даного природного об'єкта. Однак значне перевищення характерних для певного природного об'єкта концентраційних меж може призвести до негативного впливу нетоксичного інгредієнта на розвиток живих істот, тобто до його перетворення на токсичний.

У процесі будівництва свердловини, зокрема під час її поглиблення, є велика ймовірність утворення зон забруднення відпрацьованими промивальними рідинами.

Тому, в сучасних умовах підвищення антропогенного навантаження на природне навколишнє середовище все більшу гостроту набуває проблема необхідності проведення регенерації бурових розчинів після закінчення буріння свердловин. Це ставить до бурових розчинів високі вимоги щодо їх якості, універсальності та легкості переробки та утилізації.

За вимог обмеження скидання бурового розчину необхідно підвищувати технологічність його використання шляхом досягнення ефективної очистки самого бурового розчину і стовбура свердловини, дотримання нормованої концентрації реагентів і матеріалів. У системі очистки повинна збільшуватись роль вібрості і СГЦУ та їх кількість на першій ступені очистки.

Системи очистки бурових промивальних рідин повинні забезпечити таке відділення твердої

фази, щоб технологічна рідина могла повторно застосовуватись в умовах безамбарного буріння.

Сучасні відомі технології і заходи з утилізації відходів буріння (бурових шламів) можна розділити на такі групи:

**1. Термічні** – спалювання у відкритих амбарах, печах різних типів, отримання бітумінозних залишків.

**2. Фізичні** – захоронення у спеціальних могильниках, розділення у відцентровому полі, вакуумне фільтрування і фільтрування під тиском, заморожування.

**3. Хімічні** – екстрагування за допомогою розчинників, затвердіння із застосуванням неорганічних (цемент, рідке скло, глина) та органічних (епоксидні та полістирольні смоли, поліуретани) добавок, застосування коагулянтів і флокулянтів.

**4. Фізико-хімічні** – застосування спеціально підібраних реагентів, які змінюють фізико-хімічні властивості різноманітних відходів буріння, з наступною обробкою на спеціальному обладнанні.

**5. Біологічні** – мікробіологічний розклад в ґрунті безпосередньо в місцях зберігання, біотермічний розклад.

В останні роки нафтовидобувними підприємствами різної форми власності впроваджують у виробництво різноманітні технологічні рішення, спрямовані на утилізацію відходів буріння. Проте, уніфікованого способу переробки бурових шламів з метою знешкодження і утилізації не розроблено.

Проведений аналіз методів утилізації відходів буріння засвідчує, що попередження забруднення навколишнього середовища і зменшення використання природної води на буріння свердловини досягається багаторазовим використанням технічної води в технологічному обороті. Для цього необхідна комплексна очистка бурових стічних вод із застосуванням фізичних, хімічних і біологічних методів. Переробка відходів нафтовидобутку, безперечно, спрямована, в першу чергу, на зменшення негативного впливу на навколишнє середовище. Важливим є також соціально-економічний ефект для підприємства: зменшення витрат на розміщення відходів, отримання прибутку від реалізації продуктів утилізації, розширення інфраструктури робочих професій підприємства, створення додаткових робочих місць.

Одним із лідерів у галузі інтегрованого комплексу екологічних послуг, зокрема з утилізації, переробки та зменшення кількості відходів буріння, є компанія M-I SWACO, яка пропонує комплексне поєднання обладнання та інженерного супроводу під час надання наступних послуг.

## II. Аналіз технологій

**1. Технологія регенерації** застосовується для відпрацьованих розчинів на вуглеводневій або синтетичній основі з метою: збільшення експлуатації системи циркуляції бурового розчину; для

відновлення основи бурового розчину багаторазового використання з відпрацьованого розчину; на установках для приготування бурового розчину з метою скорочення витрат на регенерацію і утилізацію рідин.

Портативна система регенерації представляє собою замкнуту систему (closed loop system on site), яка використовує запатентовані хімічні речовини (флокулянти, ПАР) і спеціальне обладнання та забезпечує вилучення твердої фази малої густини та відновлює цінну основу бурового розчину; значно зменшує об'єм відпрацьованого розчину і ризик витікання під час перевезення; покращує властивості бурового розчину, збільшує швидкість проходки, скорочує кількість випадків пошкодження колекторських властивостей пласта, прихватів труб; скорочує витрати на утилізацію, збереження та перевезення відходів буріння. Дрібні частки для утилізації, оброблені системою регенерації, є більш чистими.

Технологія регенерації може бути використана для підвищення ефективності обладнання контролю твердої фази; для регенерації запасів відпрацьованого бурового розчину; для регенерації основи бурового розчину з відпрацьованого бурового розчину.

**2. Технологія автоматичної очистки місткостей зберігання (АОМЗ)** – забезпечує безпеку праці, скорочує число задіяного персоналу та зводить до мінімуму час простою під час очистки місткостей зберігання. Замкнена система обробки повторно використовує рідину, відділяючи тверду фазу від рідкої. Система використовує прийнятні з екологічної точки зору хімікати, які пройшли тестування на здатність до біологічного розкладу, а також забезпечує значне скорочення виробництва відходів, скорочує час очистки на 70%.

**3. Технологія зневоднення** застосовується під час буріння в умовах обмеження або екологічної заборони скидання відходів, дефіциту водних ресурсів, за необхідності використовувати системи екстра-очистки. Вміст колоїдних частинок поступово збільшується у структурі бурового розчину, викликаючи необхідність його розбавлення та створюючи величезну масу відходів. Ці частинки не можуть бути вилучені тільки за допомогою центрифуги через їх малу масу. Технологія обезводнення використовує комбінацію хімічної очистки шляхом введення коагулянтів і флокулянтів і наступного центрифугування. Ця технологія є потужним інструментом для підтримання оптимальних характеристик бурового розчину для більш високої швидкості буріння і, в той же час, мінімізує кількість відходів буріння і зменшує витрати на їх очистку, обробку та утилізацію.

**4. Технологія осушення.** Осушувач шлама Verti-G має сучасну конструкцію, яка дозволяє обробляти різні об'єми шлама і рідин, у середньому до 60 тонн (61 метрична тонна) за годину. Вміст нафти в осушеному шламi, скинутому з осушувача

шламу зазвичай складає менше 5% від початкової ваги.

Шлам з вібросит подається в осушувач за допомогою різноманітних транспортувальних систем, які включають гравітаційну подачу, пневмотранспортер, вакуумний транспортер і шнекові конвеєри. Рух шлама в центрифугу осушувача здійснюється за допомогою програмованого контролера. Безперервна подача забезпечує оптимальне відділення бурових рідин від твердої фази. Після того, як шлам опиняється у місткій завантажувальній воронці, незалежно регульовані лопаті шнека безперервно направляють його до поверхні сітки, створюючи обертальну дію і попереджуючи закупорювання сітки. За високої гравітаційної сили, створеної великим діаметром циклона-конуса, відділення рідини від твердої фази відбувається постійно, в міру того, як шлам контактує з дрібними вічками сітки центрифуги під час отримання більш чистої оборотної рідини і скидання більш сухого шлама. Шлам вивантажується в нижній частині сітки і під дією сили тяжіння падає в жолоб і виводиться за борт або збирається для утилізації. Оброблені рідини проходять через сітку і виводяться через стічні отвори. Рідина збирається і подається у декантуючу центрифугу для остаточної обробки та повторного використання у системі циркуляції.

Ця технологія зводить до мінімуму вміст шламу в бурових рідинах; зменшує об'єми відходів для утилізації і підвищує загальну рентабельність; забезпечує високий відсоток відновлення цінної бурової рідини, яку можна повторно використати в системі циркуляції; забезпечує відновлення бурових розчинів, необроблених через пошкодження вібросит, руху бурової устами або закупорювання сіток.

**5. Технологія системи оберненого закачування шлама (CRI)** забезпечує безпечну утилізацію відходів буріння шляхом створення підземного сховища для шлама в спроектованій інжекційній свердловині. Це економічно вигідний спосіб утилізації відходів буріння, зайвого бурового розчину, забрудненої дощової води, відкладів, винесеного з свердловини піску, відходів утворених у процесі видобутку та очистки. Метод є екологічно прийнятним рішенням на виробництвах з «нульовим скидом», де не можна застосувати традиційний метод утилізації на місці.

**6. Технологічна концепція екологічного блоку ENVIROCenter** полягає у використанні всіх рідких відходів як ресурсу у переробці їх і одержанні високоякісних бурових розчинів. Використовується у разі необхідності зниження кількості та утилізації відходів буріння; під час повторного використання бурового розчину. Забезпечується здійснення хімічних і механічних способів підготовки до відновлення і повторного використання бурових промивальних рідин та рідин закінчування свердловин. Технологія дає можливість оптимізувати економічність використання дорогих високоякіс-

них бурових розчинів та рідин закінчування свердловин.

**7. Технологія системи збору і транспортування бурового шламу (CLEAN CUT)** забезпечує утилізацію, тимчасове збереження і транспортування забрудненого бурового шламу в закритій і безпечній системі. Дозволяє обробити шлам за високої швидкості проходки, зменшуючи і навіть усуваючи час простою, викликаного перевантаженням обладнання переробки. Повністю закрита система виключає загрозу впливу шкідливих відходів на здоров'я людей і навколишнє середовище.

**8. Технологія десорбції** є частиною комплексної програми утилізації відходів буріння. Ефективна технологія регенерації захоплених вуглеводнів, мінімізації відходів і підготовки шламу до утилізації дозволяє відділяти нафтопродукти, синтетичні та низькотоксичні мінеральні речовини від твердої фази для наступного відновлення. Одним із способів зниження кількості відходів і відновлення цінних ресурсів є повторне використання основи бурового розчину в системі циркуляції безпосередньо в місці розміщення джерела. Технологія є економічно ефективною і може застосовуватись на будь-яких територіях.

**9. Технологія зневоднюючої центрифуги.** Така центрифуга складається з барабана або ротора конічної форми, який обертається з швидкістю від 1200 до 3600 об./хв. Всередині ротора знаходиться шнековий транспортер, який обертається в тому ж або протилежному напрямку відносно ротора, але із швидкістю на 20-90 об./хв. нижчою. Ця різниця швидкостей обертання дає можливість суспензії повільно пересуватись всередині ротора, а висока швидкість обертання ротора розвиває високу відцентрову силу.

Можна виділити наступні режими роботи центрифуги:

- регенерація бариту;
- вторинна регенерація;
- регенерація води із запасного амбару;
- вторинна регенерація шламової пульпи з гідроциклонів.

**10. Технологія регенерації бариту.** Зневоднюючу центрифугу використовують для регенерації бариту. Обважнювач вилучається з бурового розчину і повертається в активну циркуляційну систему. Під час регенерації бариту стічна вода, що містить дрібнодисперсні тверді частинки, скидається у резервний амбар для видалення твердих частинок, збільшуючих в'язкість бурового розчину. Основна мета використання зневоднюючої центрифуги у даному випадку – це зниження в'язкості за рахунок вилучення дрібнодисперсних частинок і регенерація бариту.

Центрифуга здатна вилучити з бурового розчину 95% бариту. Але така висока ефективність є не завжди бажаною. В деяких випадках більш доцільно видалити дрібнодисперсний барит і замінити його свіжим.

Коли центрифуга експлуатується в режимі регенерації бариту, то при цьому скидається деяка кількість бентоніту, хімреагентів, нафти і дрібного бариту. Ці втрати необхідно поповнювати з такою ж швидкістю, з якою рідка фаза вилучається із промивальної рідини. Відповідно, центрифуга не повинна працювати неупорядковано. Її слід включати в роботу, коли спостерігається надмірний ріст пластичної в'язкості, і працювати рівно стільки, щоб знизити пластичну в'язкість до необхідного рівня.

**11. Технологія вторинної регенерації.** Використання двох центрифуг, або ідея вторинної регенерації, набула популярності для систем дорогих бурових розчинів, де вимагається максимальне видалення шламу, регулювання питомої ваги і збереження дорогих рідин.

При такому призначенні буровий розчин спочатку подається на регенеруючу барит-центрифугу, на якій вилучається дорогий барит. Стічна вода з цієї центрифуги подається на високошвидкісну центрифугу, де вилучається більша частина дрібнодисперсних частинок, а дорогі хімреагенти і рідини повертаються в активну циркуляційну систему.

Основні переваги цієї системи полягають в наступному:

- регулювання густини бурового розчину за рахунок повернення обважнювачів і рідин в активну циркуляційну систему, за одночасного збереження мінімального вмісту твердої фази;
- ефективна регенерація дорогих хімреагентів з розчинів;
- зменшення витрат на підготовку площадки під бурову і на рекультивацию після закінчення буріння.

**12. Технологія вторинної регенерації шламової пульпи з гідроциклонів.** Для цієї мети використовується «центрифуга для регенерації бариту». На вхід в центрифугу подається пульпа зі шламом на виході з гідроциклонів. Відокремлені в центрифугі частинки направляються у запасний амбар, а очищена рідина або повертається у циркуляційну систему, або направляється у високооборотну центрифугу для подальшого освітлення. Перевагами від такого використання центрифуг є зменшення витрат рідини, зменшення розмірів запасного амбара, зменшення витрат на утилізацію відходів.

Кінцевою метою всіх систем регулювання вмісту твердої фази є зменшення витрат. У досягненні цієї мети центрифуги відіграють більш активну і важливу роль, роблячи всю систему очистки замкнутою. Бурити свердловину, не забруднюючи ділянку, відведену під бурову, можна тільки за умови мінімального скидання рідин у запасні амбари та відстійники. Замкнутість циркуляційної системи досягається за рахунок того, що всі тверді частинки вибуреної гірської породи вилучаються з розчину відразу ж після їх підйому на поверхню, а рідку фазу безперервно очищають і використовують повторно.

**13. Технологія вакуумної системи збору** застосовується за необхідності використання абсолютно закритої системи збору і транспортування шламу; розбавлення і повторного закачування; для очистки бурової устави, ємкості чи резервуару; для відновлення бурових рідин. Збір і утилізація шламу відбувається під час безперервного буріння. Система обробляє відходи всіх видів, переміщає шлам і рідини вертикально і горизонтально, що економить цінний простір бурової устави. Розроблена з врахуванням майбутніх вимог за скиданням, оснащенням дистанційним управлінням, легко трансформується під будь-яку бурову устатку, швидко і безпечно монтується, що дозволяє переносити її з однієї ділянки на другу за мінімальний час, попереджує проблеми, пов'язані з безпекою та охороною навколишнього середовища.

**14. Серед інших сучасних технологій** заслуговують на увагу:

- комплекс та методика розділення, освітлення БСВ (ТОВ «НТП «Бурова техніка») [5];
- технологія затвердіння (солідифікації) бурових відходів (Уфімський державний нафтовий технічний університет);
- пристрій для регенерації бурового розчину (Уфімський державний нафтовий технічний університет);
- спосіб утилізації відходів буріння (Уфімський державний нафтовий технічний університет);
- технологія очистки амбарів (Уфімський державний нафтовий технічний університет);
- технологія підземного захоронення рідких відходів буріння (ВАТ «НПО «Бурение», ВНИИКРНефть);
- технологія застосування відпрацьованих бурових розчинів як основи для приготування тампонажних сумішей (ВАТ «НПО «Бурение», ВНИИКРНефть);
- технологія затвердіння бурових відходів (ВАТ «НПО «Бурение», ВНИИКРНефть);
- пересувна установка для переробки бурових розчинів методом розпилювальної сушки (ПАТ «ВНИИСТ»);

- термічний метод нейтралізації бурового шламу (інститут «Гіпроморнафтогаз»);
- технологія окиснення і гідрофобізації шламу (інститут «Гіпроморнафтогаз»).

Також, одним з перспективних методів ефективного повторного використання відпрацьованих бурових розчинів могло би бути створення вузлів (полігонів) приготування, переробки та зберігання бурових промивальних рідин окремо в Західному та Східному нафтопромисловому регіоні.

Такі полігони можливо доцільно б було створити на базі служб капітального ремонту свердловин. Для прикладу, в РУП «Виробниче об'єднання «Беларусьнефть» існує потужний вузол для приготування бурових розчинів, технологічних рідин і зберігання матеріалів. Протягом року на цьому вузлі готується близько 50 тис. м<sup>3</sup> бурових розчинів, з яких повторно використовується 13 тис. м<sup>3</sup>. Організаційна структура цього виробництва сприяє комплексній механізації праці, безперебійному забезпеченню бурових підприємств хімреагентами, матеріалами, буровими і тампонажними розчинами, іншими технологічними рідинами. Принцип організаційної структури базується на методі промислового сервісу, який дозволяє оперативно вирішувати питання, що пов'язані з промивкою і кріпленням свердловин, мінімізувати затрати часу на підготовку та експлуатацію бурового розчину, комплексно вирішувати проблеми транспортування, зберігання і переробки відпрацьованих бурових розчинів.

## Висновки

**1. Проведений аналіз сучасних технологій** регенерації та знешкодження відпрацьованих бурових промивальних рідин.

**2. На даний час автори статті працюють** над створенням комплексної системи регенерації з підбором нових екологічно безпечних хімреагентів, розробляють рецептури, якими можна було б пробурилити свердловину без заміни, а поінтервально, використовуючи схему дообробки раніше напрацьованої бурової промивальної рідини.

## Література

1. М.Я. Магун, Р.В. Зінков, С.А. Гурський, Нафтова і газова промисловість, 2, 50 (2007).
2. М.Я. Магун, Р.В. Зінков, С.А. Гурський, О.Є. Забільська, Нафтогазова енергетика, 4(5), 23 (2007).
3. Г. Шредер., А. Ніколаєвський., В. Рибаченко., Л.Опейда, Швидкі аналітичні тести в хімічних дослідженнях доквілля (Донецьк, 2001).
4. Б.Й. Набиванець., В.В. Сухан., Л.В. Карабіна, Аналітична хімія природного середовища: Підручник (Львів, Київ, 1996).
5. О.В. Іщенко, В.М. Корецький, Науково-виробничий журнал. Буріння, 16 (2010).

*Магун Михайло Ярославович* – аспірант кафедри неорганічної та фізичної хімії.

*Гурський Сергій Анатолійович* – начальник групи бурових розчинів відділу бурових розчинів і технологічних рідин.

*Верста Оксана Михайлівна* – кандидат хімічних наук, доцент кафедри неорганічної та фізичної хімії.

*Зінков Руслан Володимирович* – інженер I категорії відділу бурових розчинів і технологічних рідин.

*Забільська Оксана Євгенівна* – провідний інженер відділу бурових розчинів і технологічних рідин.

*Магун Наталія Володимирівна* – інженер II категорії відділу бурових розчинів і технологічних рідин.