

### ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДУ ТА СТРУКТУРИ БУРОВОГО ШЛАМУ З МЕТОЮ ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ МЕТОДУ ЙОГО ПОДАЛЬШОЇ УТИЛІЗАЦІЇ

**І. Ю. Аблеєва, Л. Д. Пляцук, О. П. Будьоний**

Сумський державний університет

вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007, Україна. E-mail: i-ableeva@mail.ua

Наведена характеристика негативного впливу техногенного навантаження на природні системи під час буріння свердловин і видобутку нафти. Доведена важливість та необхідність переробки бурових відходів у рамках забезпечення екологічної безпеки. Охарактеризований принцип формування бурового шламу як сукупності вибуреної породи та відпрацьованого бурового розчину. Описані основні групи методів поводження з відходами буріння, які широко практикуються у сучасному світі. Проаналізовані фізичні властивості, механічна структура, мінеральний та елементний склад досліджуваних зразків бурового шламу. Досліджений хімічний склад водної витяжки відходу. Оцінені можливості застосування різних методів переробки бурового шламу, виходячи з визначених його характеристик. Проаналізовані їх основні переваги та недоліки. Запропонований хімічний метод переробки бурового шламу з використанням фосфогіпсу як найбільш оптимальний за даних умов. Обгрунтована доцільність та ефективність обраного способу утилізації.

**Ключові слова:** буровий шлам, фізичні властивості, мінеральний та елементний склад, реагентні способи утилізації, фосфогіпс.

### ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА И СТРУКТУРЫ БУРОВОГО ШЛАМА С ЦЕЛЬЮ ОБОСНОВАНИЯ ВЫБОРА МЕТОДА ЕГО ДАЛЬНЕЙШЕЙ УТИЛИЗАЦИИ

**И. Ю. Аблеева, Л. Д. Пляцук, А. П. Буденный**

Сумской государственной университет

ул. Римского-Корсакова, 2, г. Сумы, 40007, Украина. E-mail: i-ableeva@mail.ua

Приведена характеристика негативного влияния техногенной нагрузки на природные системы при бурении скважин и добыче нефти. Доказана важность и необходимость переработки буровых отходов в рамках обеспечения экологической безопасности. Охарактеризован принцип формирования бурового шлама как совокупности выбуренной породы и отработанного бурового раствора. Описаны основные группы методов обращения с отходами бурения, широко практикующиеся в современном мире. Проанализированы физические свойства, механическая структура, минеральный и элементный состав исследуемых образцов бурового шлама. Исследован химический состав водной вытяжки отхода. Оценены возможности применения различных методов переработки бурового шлама, исходя из определенных его характеристик. Проанализированы их основные преимущества и недостатки. Предложен химический метод переработки бурового шлама с использованием фосфогипса как наиболее оптимальный при данных условиях. Обоснована целесообразность и эффективность выбранного способа утилизации.

**Ключевые слова:** буровой шлам, физические свойства, минеральный и элементный состав, реагентные способы утилизации, фосфогипс.

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** На даний час в Україні гостро постає питання екологічного навантаження та стійкості екосистем на території нафтогазоносних регіонів: Прикарпатського, Дніпровсько-Донецького та Причорноморсько-Кримського, адже невіршеною залишається проблема утилізації відходів, що утворюються при видобутку нафти. До них відносять бурові стічні води, відпрацьований буровий розчин і буровий шлам. За даними [1] обсяг вибуреного шламу може сягти  $0,4 \text{ м}^3$  з одного погонного метру проходки експлуатаційної свердловини. Для збору та накопичення даного виду відходу створюються шламові амбари об'ємом  $500\text{--}800 \text{ м}^3$  на одну свердловину. Буровий шлам у своєму складі містить важкі метали, незначну кількість нафтопродуктів, синтетичні поверхнево-активні речовини, карбоксиметилцелюлозу, синтетичні органічні речовини тощо [2]. Шламові амбари здійснюють негативний вплив на всі оболонки Землі – займаються значні площі земель, забруднюються ґрунти та ґрунтові води різними хімічними речовинами, страждає рослинний і тваринний світ [3].

Специфічною особливістю є відмінність складу та структури бурового шламу, утвореного як при

експлуатації різних свердловин, так і на різних глибинах при бурінні однієї свердловини. Фізичні та хімічні параметри даного виду відходу впливають на вибір методу його переробки. Тому проблема утилізації (з отриманням вторинної сировини) відходів буріння з обгрунтуванням ефективного та оптимального способу її здійснення є досить актуальною у рамках забезпечення екологічної безпеки.

Метою роботи є виявлення особливостей складу та структури бурового шламу, їх вплив на спосіб переробки відходу, обгрунтувати вибір реагентного методу утилізації як найбільш оптимального при досліджених фізичних і хімічних параметрах шламу.

**МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.** Одним із видів відходів, які утворюються при експлуатації нафтових родовищ, є буровий шлам. Він становить породу, подрібнену породоруйнуючим інструментом і винесену на поверхню буровим розчином у вигляді текучо-пластичної пастоподібної маси. Тому фізичні та хімічні параметри шламу будуть залежати як від складу породи, що руйнується при бурінні свердловини, так і від характеристик бурового розчину, який використовується для цього процесу. Відомо, що території залягання нафтових

корисних копалин відрізняються за мінералогічною, петрографічною структурою тощо, а, отже, шлам, утворений при бурінні різних свердловин, буде мати відмінний хімічний, механічний, мінеральний склад. Іншим фактором, який впливає на властивості та характеристики відходу, є буровий розчин. Речовини, що використовуються для його приготування, різноманітні за хімічною природою, фізико-хімічними властивостями та функціональним призначенням. Небезпеку для навколишнього середовища представляють нафтопродукти, синтетичні жирні кислоти та спирти, сірко- і фосфорорганічні сполуки та інші [4].

Дані реагенти заслуговують на особливу увагу в рамках екологічної безпеки, оскільки більша їх частина переходить у відходи, що утворюються при бурінні свердловин, адже часточки породи здатні адсорбувати їх на своїй пористій поверхні. Забруднююча здатність бурових розчинів залежить від кількості і токсикологічної характеристики хімічних речовин, що застосовуються для їх обробки. При бурінні свердловин використовуються реагенти і сполуки третього та четвертого класів небезпеки.

Згідно з Класифікатором бурових розчинів [5] існують наступні групи цих речовин: протипінні присадки, емульгатори, відновники фільтрації, флокулянти, змашувальні речовини, поверхнево-активні речовини тощо. Таким чином, основними складовими бурового розчину зазвичай є такі хімічні реагенти: сульфід-спиртова барда (ССБ), феноли, барит, нітролігнін, глина, вуглелужний реагент, лігносульфонат натрію, каустична сода та інші [6].

Більш того, наявність тієї чи іншої добавки залежить, переважним чином, від глибини буріння свердловини, що пояснюється її функціональним призначенням. Тому склад бурового шלאму, утвореного на різних етапах буріння, є відмінним.

Методи переробки бурових шламів класифікуються наступним чином [7]:

- термічні – спалювання, сушка, прожарювання;
- фізичні – захоронення, заморожування, відстоювання, відмивання, центрифугування, електролізне розділення, фільтрування;
- хімічні – екстрагування, затвердіння із застосуванням неорганічних (цемент, рідке скло, глина) і органічних (епоксидні і полістирольні смоли, поліуретани та ін.) добавок з метою отримання суміші для відсіпки кушових майданчиків і доріг або формованих виробів для будівництва;
- фізико-хімічні – коагуляція, флокуляція з наступною обробкою на спеціальному обладнанні;
- біологічні – мікробіологічне, біотермічне розкладання, рекультивация нафтозабруднених земель [8, 9].

Отже, з викладеного вище матеріалу випливає важливість і необхідність детального та ґрунтового дослідження складу і структури конкретного бурового шלאму, не зважаючи на подібні роботи [10] інших вчених. Вирішення даного завдання дозволить здійснити вибір оптимального та ефективного методу утилізації відходів буріння.

Для дослідження був обраний буровий шлам, утворений під час буріння свердловини Бугруватського нафтового родовища Дніпровсько-Донецького

нафтогазоносного басейну. Місце знаходження родовища – Охтирський район Сумської області. Проводився аналіз двох зразків: № 1 – взятого з глибини 400 м, № 2 – шלאму, утвореного поблизу пласта, де залягає нафта, тобто піднятого з глибини 5–6 км. Проби були відібрані методом конверту та підготовлені згідно зі стандартною методикою, наведеною у ГОСТ Р ІСО 11464–2011.

Дослідженню підлягали наступні параметри бурового шלאму:

- фізичні характеристики (органолептичні властивості, вологість, масова частка сухої речовини, щільність, радіоактивність);
- механічна структура;
- мінеральний склад;
- елементний хімічний склад водної витяжки.

До органолептичних властивостей, які доцільно проаналізувати, віднесли запах і колір. Визначення даних характеристик проводили за допомогою візуального спостереження із залученням сенсорних систем. Зразок № 1 має темно-коричнево-сірий колір, характерний для пісків разом із глинами, з мало відчутним запахом органічних речовин. У зразка № 2 колір значно темніший порівняно з № 1, а саме – темно-сіро-чорний. Зразок № 2 має різкий, добре відчутний запах органічних речовин, здебільшого нафтопродуктів. Отримані результати підтверджують наявність впливу на параметри бурового шלאму як структури вибуреної породи, так і складу відпрацьованого бурового розчину. Адже відмінність між двома зразками шלאму фіксується вже на візуальному етапі дослідження. Зрозумілим стає, що зразки № 1 і № 2 мають різний мінеральний, хімічний склад, а запах відразу вказує на наявність нафтопродуктів у зразку № 2.

Вологість  $W$  (%) та масову частку сухої речовини  $W_{dm}$  (у %) визначали за методикою (ГОСТ Р ІСО 11465–2011). Результати аналізу приведені у вигляді гістограми на рис. 1.

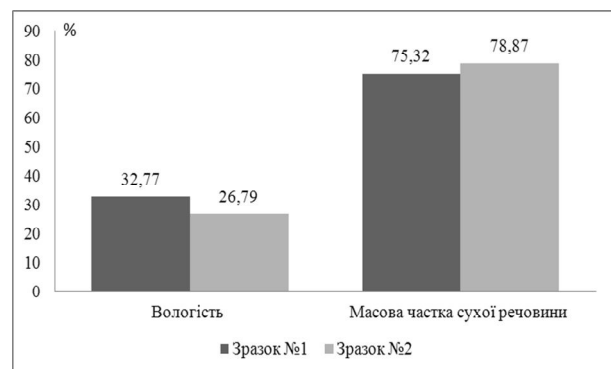


Рисунок 1 – Масове відношення води та масової частки сухої речовини у зразках № 1 і № 2

Шлам зразку № 1, який утворився ближче до поверхні, має більшу вологість порівняно з глибинним (зразок № 2). Відповідно, значення масової частки сухої речовини у шלאму зразка № 1 менше, ніж зразка № 2. Це пояснюється глибиною залягання порід, при руйнуванні та підйманні яких на поверхню, був отриманий шлам. Різниця значень кожного з аналі-

зованих вище фізичних параметрів для обох досліджуваних зразків є незначною, але все одно існує.

Щільністю ( $\rho$ ) називають масу одиниці об'єму матеріалу у природному непорушеному стані. Даний параметр бурового шламу визначали розрахунковим методом згідно зі стандартною методикою. Щільність аналізували за природної вологості бурового шламу. На основі розрахунків отримали наступні значення: зразок № 1  $\rho=2,02 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, зразок № 2  $\rho=1,8 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>. Якщо порівнювати ці дані зі щільністю ґрунтів, то вони перевищують оптимальне для родючості значення  $(1,0-1,2) \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup> у півтора-два рази. Що стосується мінералів, то за щільністю їх розподіляють на: легкі – із щільністю до  $2,0 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, середні –  $(2-4) \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, важкі – більше  $4 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>. Отже, зразки бурового шламу можна віднести до легких мінералів. За даною фізичною властивістю вони наближаються до алюмосилікатів, щільність котрих коливається у межах  $(2,5-3,5) \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, а також кварцу ( $2,65 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>) [11]. Отримані результати аналізу досліджуваних зразків дозволяють припустити наявність органічних речовин (у першу чергу нафтопродуктів) у їх складі, адже дані сполучення є досить легкими –  $\rho=(0,7-1,07) \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>.

Радіоактивність бурового шламу вимірювали за допомогою приладу дозиметр-радіометр МКС-05 «Терра-П» (ПП «НПЧП» Спаринг-Віст Центр», Львів). Даний аналіз проводився згідно з методикою, наведеною у керівництві щодо експлуатування ВІСТ. 412129.012 КЕ. Фоновий рівень потужності  $\gamma$ -випромінювання приймається за 0,1 мкЗв/год, а пороговий рівень – 0,3 мкЗв/год. На основі вимірювань отримали значення потужності еквівалентної дози випромінювання 0,1 і 0,13 мкЗв/год відповідно для бурового шламу зразка № 1 та № 2. Слід відмітити, що даний параметр знаходиться у межах нормативно встановленого – 0,3 мкЗв/год. Це свідчить про безпечний рівень радіоактивності бурового відходу, не зважаючи на глибину залягання порід, які ввійшли до складу шламу.

Гранулометричний склад досліджуваних зразків відходів буріння свердловини для видобутку нафти визначали «сухим» методом за методикою (ГОСТ 12536-79), пропускаючи їх через систему сит.

Слід зазначити, що у геології при оцінці осадових гірських порід використовують наступну класифікацію:

- валуни великі (понад 500 мм),
- валуни середні (500–250 мм),
- валуни дрібні (250–100 мм), галька (100–10 мм),
- гравій грубий (10–5 мм),
- гравій дрібний (5–2 мм),
- пісок грубий (2–1 мм),
- пісок середній (0,5–0,25 мм),
- пісок дрібний (0,25–0,1 мм),
- алеврит (0,1–0,05 мм),
- порох (0,05–0,005 мм), глина (до 0,005 мм) [12, 13].

Зразок № 1 має більш дрібний гранулометричний склад, ніж зразок № 2, адже у першому переважаючою (69,03 %) є фракція з розміром частинок від 0,1 до 0,25 мм, а у другому – з розміром 3–1 мм, яка становить 45,69 % (рис. 2).

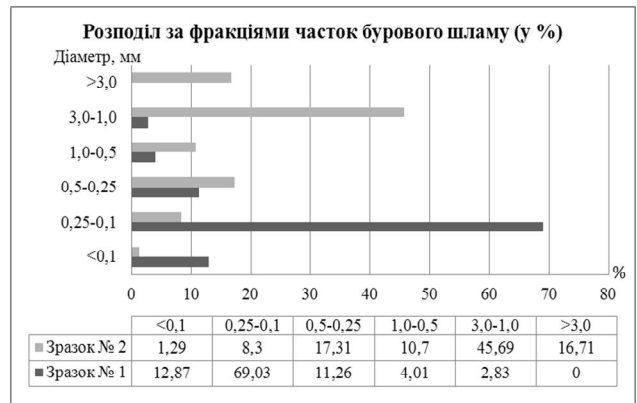


Рисунок 2 – Гранулометричний склад зразків бурового шламу

Спираючись на наведені вище дані можна говорити, що буровий шлам у зразку № 1 утворений осадовими породами типу пісок дрібний, а зразка № 2 – пісок грубий, чи, навіть, гравій дрібний.

Дані результати дозволяють припустити можливість використання бурового шламу у будівництві, промисловості будівельних матеріалів з метою його утилізації.

Був проведений мікроаналіз зразків шламу на растровому електронному мікроскопі (РЕМ), що полегшує подальше встановлення їх фазового складу. Аналіз виконувався на мікроскопі „РЭМ-106-И” згідно зі стандартною методикою. Результати дослідження відображаються у вигляді спектрограм, за допомогою яких роблять висновок про наявність тих чи інших хімічних елементів, а також їх концентрацію у зразку. Дані спектрограми з відомостями про елементний склад зразків № 1 і № 2 бурового шламу представлені на рис. 3 і 4 відповідно.

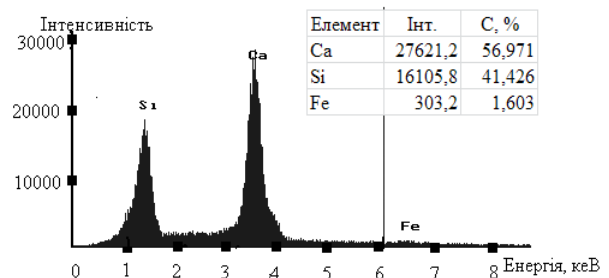


Рисунок 3 – Вид спектрограми частинки бурового шламу зразка № 1

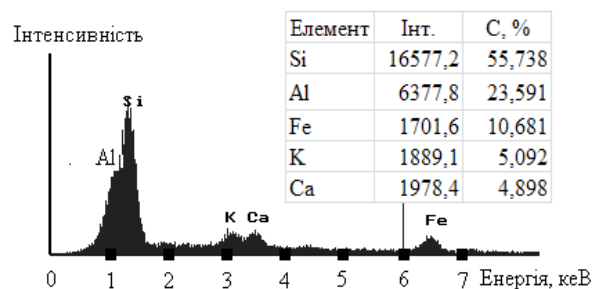


Рисунок 4 – Вид спектрограми частинки бурового шламу зразка № 2

Слід зазначити, що хімічні елементи, вміст яких у зразках не перевищує одного відсотка, на спектрограмах не зображені. Тому не можна робити висновок, що зразок № 1 має у своєму складі лише Кальцій (Ca), Силіцій (Si) і Ферум (Fe), а зразок № 2 – Силіцій (Si), Алюміній (Al), Ферум (Fe), Калій (K) і Кальцій (Ca). Перелічені елементи є переважаючими, концентрації яких становлять більше 1 % від маси проби відповідного зразка.

Для порівняння наведемо хімічний склад земної кори із зазначенням елементів, кларки (відсотковий вміст елемента від загальної маси) котрих перевищують 1% (табл. 1).

Таблиця 1 – Склад земної кори в мас. % [14]

Хімічні елементи	Вміст елементів, %
Оксиген, O	47,90
Силіцій, Si	29,50
Алюміній, Al	8,14
Ферум, Fe	4,37
Кальцій, Ca	2,71
Калій, K	2,40
Натрій, Na	2,01
Магній, Mg	1,79

Порівнюючи наведені у табл. 1 значення, видно, що земна кора більше ніж на 98 % складена з O, Si, Al, Fe, Mg, Ca, Na, K, при цьому понад 80 % складають кисень, кремній і алюміній. Таким чином, спорідненість бурового шламу з породами літосфери є очевидною, що підтверджується результатами мікроаналізу його зразків. Вибурена порода є основним формуючим матеріалом даного виду бурових відходів. Для наочності відобразимо кількісне порівняння елементного складу зразку № 2 бурового шламу та земної кори. Воно виконувалося за умови ідентичного якісного складу. Для цього з усього переліку хімічних елементів, що входять до складу земної кори, вибрали лише п'ять (Si, Al, Fe, K, Ca), котрі попередньо виявили у зразку № 2 за допомогою мікроаналізу. Прийняли, що їх вміст у літосфері становить 100 %. Відповідно перерахували відсоткове співвідношення між цими елементами. Результати відображені у вигляді циліндричної гістограми на рис. 5.

Аналіз даної гістограми показує, що різниця у відсотковому вмісті конкретного хімічного елемента у складі бурового шламу зразка № 2 і земної кори коливається у межах від 0,38 % (для K) до 7,6 % (для Al).

Спираючись на отримані дані про якісний та кількісний склад бурового шламу, можна прогнозувати можливий мінеральний склад досліджуваного матеріалу. Зразок № 1 може містити оксиди кальцію, кремнію, заліза, силікати заліза, карбонати кальцію. Передбачуваний якісний склад зразка № 2 розширюється порівняно з першим внаслідок збільшення вмісту кількості хімічних елементів. У ньому можуть бути оксиди металів (Si, Al, Fe, K, Ca), алю-

мосилікати калію, кальцію (мінерали ортоклаз та анортит відповідно), мусковіт, каолініт тощо.

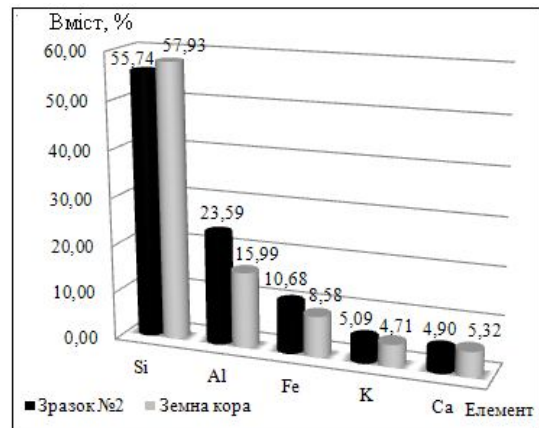


Рисунок 5 – Гістограма елементного складу бурового шламу (зразок № 2) та земної кори

Очевидно, існує характерна відмінність між зразками бурового шламу за фазовим складом, що обумовлюється наявністю різних мінералів. Для визначення мінерального складу бурового шламу використовували фазовий рентгеноструктурний аналіз. Рентгендифракційне дослідження структури матеріалу було виконане на автоматизованому дифрактометрі ДРОН-4-07 (НВП «Буревісник», Росія) за стандартною методикою, наведеною у Керівництві з експлуатації. Результати даного аналізу були відображені на дифрактограмах, котрі дозволили визначити фазовий склад зразків бурового шламу.

Таким чином, зразок № 1 містить наступні фази (мінерали): кварц –  $\text{SiO}_2$ , карбонат кальцію магнію (кальцит магнію) –  $(\text{Mg}_{0.064}\text{Ca}_{0.936})(\text{CO}_3)$ , силікат заліза магнію –  $(\text{Fe}_{0.119}\text{Mg}_{0.881})(\text{Fe}_{0.379}\text{Mg}_{0.621})\text{Si}_2\text{O}_6$ .

Фазовий склад зразку № 2 відрізняється від першого і є таким: кварц –  $\text{SiO}_2$ , магнетит (магнітний залізняк) –  $\text{FeO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ , гідроксид алюмосилікату (каолініт) –  $\text{Al}_2[\text{Si}_2\text{O}_5](\text{OH})_4$ , селеніт міді –  $\text{CuSe}$ .

Як бачимо, для обох зразків спільною фазою є лише кварц, тобто пісок. Кількісне співвідношення між різними фазами у зразку № 1 і зразку № 2 для більшої наочності відображене у вигляді кругових діаграм (рис. 6 і 7 відповідно). Діаграми містять інформацію про відсотковий вміст кожної фази (мінералу) у зразках.

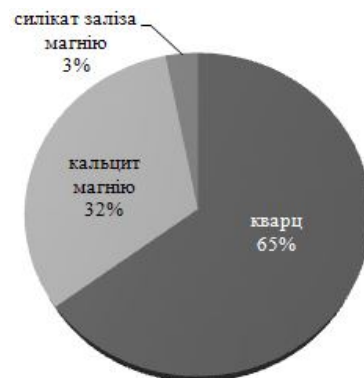


Рисунок 6 – Мінеральний склад бурового шламу (зразок № 1)

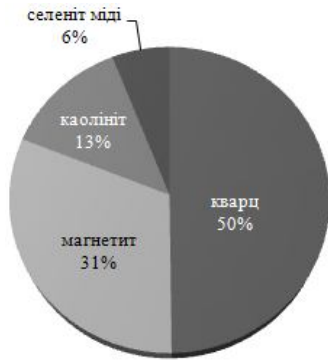


Рисунок 7 – Мінеральний склад бурового шламу (зразок № 2)

Фазовий склад зразків бурового шламу свідчить про переважаючий вміст у ньому кварцу. Даний факт зрозумілий, адже масова частка Силіцію та Оксигену у земній корі становить близько 75 % [15].

З метою дослідження особливостей та характеру вимивання хімічних сполук із бурового шламу проводили аналіз водної витяжки. Остання була приготована за стандартною методикою, наведеною у ГОСТ 26423–85. Для визначення якісного елементного складу витяжки використовували рентгенофлуоресцентний аналіз (РФА чи XRF). Дослідження проводилось на приладі ElvaX Light SDD (ТОВ "ЕЛВАТЕХ", Київ), який є модифікацією спектрометра ElvaX з розширеним діапазоном у бік легких елементів. Результати аналізу були відображені на спектрограмах, розшифрування котрих дозволило встановити якісний елементний склад водної витяжки бурового шламу. Він наведений у табл. 2.

Таблиця 2 – Хімічний склад водної витяжки бурового шламу досліджуваних зразків

Хімічний елемент			Інтенсивність	
Порядковий номер	Назва	Символ	Зразок № 1	Зразок № 2
12	Магній	Mg	3358	3269
13	Алюміній	Al	4272	6779
14	Силіцій	Si	42825	36745
16	Сульфур	S	25073	30450
17	Хлор	Cl	116684	260273
19	Калій	K	21361	90648
20	Кальцій	Ca	108414	12136
22	Титан	Ti	755	520
24	Хром	Cr	829	1828
26	Ферум	Fe	19939	24752
28	Нікол	Ni	7494	11666
29	Купрум	Cu	1834	4817
35	Бром	Br	1423	5829
56	Барій	Ba	12847	14538

Як видно з табл. 2, водні витяжки бурового шламу зразків № 1 і № 2 мають однаковий якісний, але різний кількісний елементний склад. Це свідчить про те, що визначені елементи у певних кількостях здатні переходити з твердої до водної фази та вимиватися. У такий спосіб забруднюються ґрунти та підземні води. Особливо небезпечним є надходжен-

ня важких металів до живих організмів. Серед елементів, виявлених у витяжках зразків, дану групу утворюють титан, хром, залізо, нікель та мідь [16]. Приміром, мідь і хром відносять до другого класу небезпеки для ґрунтів, а нікель – до першого. За наявності у підземних водах вони становлять третій клас небезпеки. Хром і нікель є канцерогенними речовинами, які різною мірою володіють наступними властивостями: мутагенний ефект, хромосомні пошкодження, зміни репарації ДНК тощо. Відомо, що хром викликає рак легень та органів шлунково-кишкового тракту; нікель – рак носової порожнини і легень [17]. За рахунок утворення комплексних сполук вони довгий час можуть перебувати у доступній для живих систем формі. Тому з метою забезпечення екологічної безпеки та підвищення стійкості екосистем першочерговим завданням є зв'язування даних елементів та переведення їх у недоступні для організмів форми.

Показник активності іонів водню рН водної витяжки зразків бурового шламу визначали на рН-метрї рН–150МІ. За результатами аналізу отримали на ступні значення: зразок № 1 рН=8,51, зразок № 2 рН=9,21. Як бачимо, середовище є слабо лужним для зразку № 1 і лужним – для № 2.

Проведене дослідження складу та структури бурового шламу дає змогу здійснити вибір оптимального методу його утилізації. Основною задачею, визначеною вище, є фіксування важких металів та інших елементів з метою запобігання вимиванню та переведенню їх у водний розчин. Реалізувати її можна за допомогою застосування хімічного реагентного способу переробки відходів [18]. Оскільки інші групи методів, наведені на початку роботи, є не досить вдалим для конкретного виду бурових відходів із дослідженим складом і структурою. Адже термічні способи (сушка, спалювання) є енерговитратними та екологічно небезпечними [19]. Фізичні методи (центрифугування, відстоювання, фільтрування) не дозволяють здійснити утилізацію (з утворенням вторинної сировини) відходів буріння. Застосування фізико-хімічних способів (коагуляція, флокуляція) є оптимальним для очищення шламових амбарів з високим вмістом нафти на поверхні амбару, але не для досліджуваних зразків. Біохімічні (з використанням мікроорганізмів) є більш доцільними для переробки нафтових шламів [20], котрі мають значно більший вміст органічних сполук порівняно з буровим шламом.

За результатами аналізів було встановлено, що основними мінералами, з яких утворені бурові відходи, є кварц, кальцит, магнетит та алюмосилікати. Відомо, що пісок широко застосовується у будівництві в якості дрібного заповнювача. Його використовують для виробництва різних будівельних матеріалів. Приміром, на основі гіпсового в'язучого та наповнювачів (щебінь, пісок тощо) виготовляють гіпсобетон, який швидко твердіє. Тому було здійснене припущення, що зв'язування небезпечних елементів бурового шламу можна проводити за допомогою відходу хімічної промисловості – фосфогіпсу. Він утворюється при сірчанокислотній переробці

апатитів або фосфоритів у фосфорну кислоту (екстракційну) чи концентровані фосфорні добрива. Фосфогіпс володіє необхідними властивостями для використання його у якості гіпсового в'язучого. На основі проведеного мінерального аналізу шламу можна передбачити, що матеріал після змішування відходу буріння та фосфогіпсу буде мати міцну структуру. Тому припускається можливість застосування продукту утилізації бурового шламу у будівництві.

**ВИСНОВКИ.** Необхідність переробки бурових відходів є очевидною, адже вони спричиняють техногенне навантаження на ґрунти, підземні та поверхневі води, атмосферу, екосистеми. Більш того, безпечні умови зберігання бурових шламів не завжди дотримуються, що призводить до додаткового негативного впливу. Тому необхідною та важливою залишається проблема переробки відходів буріння. Описані особливості утворення бурового шламу. Доведена відмінність у його складі залежно від структури порід, що руйнуються під час буріння свердловини, та рецептури бурового розчину.

У зв'язку з цим були проаналізовані досліджувані зразки шламу. Охарактеризовані органічолептичні властивості вказують на наявність органічних речовин у зразку № 2. Дослідження потужності дози  $\gamma$ -випромінювання дозволяє стверджувати про безпечний рівень даного параметру. Виявлено, що за гранулометричним складом їх можна класифікувати як пісок дрібний (зразок № 1), пісок грубий чи гравій дрібний (зразок № 2). За мінеральним складом вони схожі на земну кору. Переважаючим мінералом для обох зразків є кварц. Елементний склад зразків дещо відрізняється між собою, адже глибина утворення бурового шламу відмінна для них. Аналіз хімічного складу водної витяжки вказує на вимивання важких металів та інших елементів з даного відходу буріння.

Проаналізовані характеристики складу та структури відходу дозволили визначити хімічний метод утилізації з використанням фосфогіпсу, як найбільш оптимальний та ефективний. Структура утвореного матеріалу повинна сприяти зв'язуванню важких металів.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Базанов В.А., Савичев О.Г., Волостнов Д.В. и др. Влияние шламовых амбаров на геохимическое состояние болотных экосистем в бассейне реки Васюган // Известия Томского политехнического университета. – 2004. – Вып. 2 (т. 307). – С. 72–75.
2. Балаба В.И. Обеспечение экологической безопасности строительства скважин на море // Бурение и нефть. – 2004. – № 1. – С. 18–21.
3. Пукіш А.В., Кедик М.В. До питання оцінки токсичності відходів буріння // Проблеми нафтогазової промисловості. – 2008. – № 6.
4. Рязанцев Н.Ф., Карнаухов М.Л., Белов А.Е. Испытание скважин в процессе бурения. – М.: Недра, 1982. – 310 с.

5. Классификатор буровых растворов / Перев. с англ.; под ред. Г. Баранаева // Нефтегазовые технологии. – 2009. – № 10. – С. 24–26.

6. Оценка экотоксического действия зарубежных и отечественных буровых реагентов /В.Б. Баракшина, А.Х. Сафаров, Г.Г. Ягафарова и др. // Башкирский экологический вестник. – 2000. – № 2(9). – С. 18–22.

7. Баракшина В.Б. Комплексный подход в обезвреживании отходов бурения // Экологический вестник России. – 2011. – № 8. – С. 24–29.

8. Пичугин Е. А. Оценка объемов отходов бурения в Западной Сибири и подходы к их утилизации // Молодой ученый. – 2012. – № 8. – С. 58–61.

9. Ишбаев Т.Г. Рассмотрение различных путей утилизации отходов бурения нефтяных скважин // «Экологические проблемы нефтедобычи–2012»: сбор. докл. научно-технической конференции. – Уфа: Изд-во «Нефтегазовое дело», 2012. – С. 11–13.

10. 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: спец. 21.06.01. – Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2002. – 23 с.

11. Электронная библиотека "Нефть-Газ" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.oglib.ru/tab1/table11.html>

12. Гірничий енциклопедичний словник: в 3 т., т. 1 / За ред. В.С. Білецького. – Донецьк: Східний видавничий дім, 2001. – 512 с.

13. Мала гірнича енциклопедія. В 3-х т. / За ред. В.С. Білецького. – Донецьк: Донбас, 2004. – 640 с.

14. Ярошевский А.А. Химический состав земной коры // Природа. – 1997. – № 6. – С. 58–66.

15. Ярошевский, А.А. Минералогия земной коры // Природа. – 2005. – № 1. – С. 35–44.

16. Курганский В.М., Тишаев І.В. До питання забруднення оточуючого середовища в процесі буріння нафтових та газових свердловин // Вісник Київського національного університету ім. Т. Шевченка. Геологія. – 2006. – Вып. 38–39. – С. 7–9.

17. Mishra, S., Dwivedi, S.P., Singh, R.B. (2010), "A Review on Epigenetic Effect of Heavy Metal Carcinogens on Human Health", *The Open Nutraceuticals Journal*, vol. 3, pp. 188–193.

18. Воробьева С.Ю., Шпилькова М.С., Мерициди И.А. Переработка нефтешламов, буровых шламов, нефтезагрязненных земель методом реагентного капсулирования // Территория Нефтегаз. Экология. – 2011. – № 2. – С. 68–71.

19. Утилизация отходов бурения / М.В. Жуковская, А.В. Львов, Т.В. Маджар // Весник СевНТУ: сбор. науч. трудов. Серия: Механика, энергетика, экология. – Севастополь, 2010. – Вып. 106. – С. 193–196.

20. Хохлов А.В. Розробка технології ліквідації нафтового забруднення доквілля застосуванням біоактивного вуглецевого сорбенту комплексної дії: автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 21.06.01. – КПІ, Київ, 2006. – 22 с.

STUDY OF COMPOSITION AND STRUCTURE OF DRILL CUTTINGS TO JUSTIFY  
THE METHOD CHOSEN FOR THEIR FURTHER RECYCLING

I. Ableyeva, L. Plyatsuk, O. Budyonnyy

Sumy State University

vul. Rymyskiy-Korsakov 2, Sumy, 40007, Ukraine. E-mail: i-ableeva@mail.ua

The problem of drilling waste disposal is the urgent one, as it affects negatively on the whole earth shell. The need for recycling of drilling waste is obvious – to reduce its technogenic load on soil, groundwater and surface water, atmosphere, and ecosystems. Moreover, the conditions drill for cuttings safe storage are not always adhered, which results in additional negative impact. In the paper, the authors have characterized the principle of drill cuttings formation as a sum-total of drilled solids and waste drilling mud. The basic groups of the drilling waste utilizing methods widely practiced all over the world are characterized with such parameters of drill cuttings analyzed as physical characteristics (organoleptic properties, moisture, dry matter mass fraction, density, radioactivity); mechanical structure; mineral composition; elemental chemical composition of the aqueous extract. Phase composition of samples of drill cuttings indicates the predominant quartz content in it, therefore, it can be used in the construction works. Study of dose rate of gamma radiation verifies safe level of this parameter. The prospects of different methods of drilling waste utilization were evaluated with their characteristics and pros and cons factored in. The chemical method of drill cuttings recycling using phosphogypsum is proposed as the best one under these conditions, as it provides the binding of heavy metals and their leaching protection. Appropriateness of the chosen method is justified.

**Key words:** drill cuttings, physical properties, mineral and elemental composition, reagent disposal methods, phosphogypsum.

REFERENCES

1. Bazanov, V.A., Savitchev, O.G., Volostnov, D.V., Egorov, B.A., Krutovsky, A.O., Yazikov, E.G. (2004), "Influence of sludge pits on geochemical condition of wetland ecosystems in the basin of the Vasyugan River", *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*, vol. 307, no. 2, pp. 72–75.
2. Balaba, V.I. (2004), "Ensuring environmental safety of well construction on the sea", *Drilling and oil*, no. 1, pp. 18–21.
3. Pukish, A.V., Kedik, M.V. (2008), "On the assessment of the waste drilling toxicity", *Problems of oil and gas industry*, vol. 6.
4. Ryazancev, N.F., Karnaukhov, M.L., Belov, A.E. (1982), *Ispytaniye skvazhyn v protsesse buryeniya* [Wells tests during drilling], Nedra, Moscow, Russia.
5. Baranaev, G. (2009), "Qualifier muds", *Oil and Gas Technologies*, vol. 10, pp. 24–26.
6. Barakhnin, V.B., Safarov, A.K., Yagafarova, G.G., Gataullina, E.M., Ilina, E.G. (2000), "Ecotoxic impact assessment of foreign and domestic drilling reagents", *Bashkir Environment Bulletin*, vol. 2, no. 9, pp. 18–22.
7. Barakhnin, V.B. (2011), "Integrated approach to the drilling waste removal", *Ecological Bulletin of Russia*, vol. 8, pp. 24–29.
8. Pichugin, E.A. (2012), "Assessment of the volume of drilling waste in Western Siberia and approaches to its recycling", *Young scientist*, vol. 8, pp. 58–61.
9. Ishbaev, T.G. (2012), "Various pathways to utilize oil drilling waste", *Ecological problems of oil production - 2012. Collection of reports of scientific and technical conference*, Ufa, Oil and Gas Business, pp. 11–13.
10. Fesenko, I.M. (2002), "Quality assessment of drilling waste and soils monitoring in the areas where oil and gas wells are constructed (for example, PPD)", Thesis abstract for Cand. Sc. (Engineering.), 21.06.01, Kharkiv Vasyl Karazin National University, Kharkiv, Ukraine.
11. Electronic library "Oil – Gas", available at: <http://www.oglib.ru/tab1/table11.html>
12. Bielecki, V.S. (2001), *Hirnychi entsyklopedychnyi slovnyk* [Mountain Collegiate Dictionary], West Publishing House, Donetsk, Ukraine.
13. Bielecki, V.S. (2004), *Mala hirnycha entsyklopediya* [Small mining Encyclopedia], Donbass, Donetsk, Ukraine.
14. Yaroshevskii, A.A. (1997), "The chemical composition of the Earth's crust", *Nature*, no. 6, pp. 58–66.
15. Yaroshevskii, A.A. (2005), "Mineralogy of the Earth's crust", *Nature*, no. 1, pp. 35–44.
16. Kurgansky, V.M., Tishaev, I.V. (2006), "On the issue of environmental pollution in the process of drilling oil and gas wells", *Bulletin of Kyiv Taras Shevchenko National University. Geology*, vol. 38–39, pp. 7–9.
17. Mishra, S., Dwivedi, S.P., Singh, R.B. (2010), "A review on epigenetic effect of heavy metal carcinogens on human health", *The Open Nutraceuticals Journal*, vol. 3, pp. 188–193.
18. Vorobyov, S.Y., Shpinkova, M.S., Meritsidi, I.A. (2011), "Recycling sludge, drill cuttings, contaminated lands encapsulation method reagent", *Territory Naftogaz. Ecology*, vol. 2, pp. 68–71.
19. Zhukovsky, M.V., Lions, A.V., Majar, T.V. (2010), "Disposal of waste drilling", *Mechanika, energetika, ekologiya*. [Mechanics, Energy, Environment.], Sevastopol, SevNTU, 2010, pp. 193–196.
20. Khokhlov, A.V. (2006), "Development of technology for oil pollution elimination using bioactive carbon sorbent complex action", Thesis abstract for Cand. Sc. (Engineering), 21.06.01, Kyiv Polytechnic Institute, Kyiv, Ukraine.

Стаття надійшла 19.03.2014.