

## СУЧАСНІ МЕТОДИ ПЕРЕРОБКИ ТА УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ БУРІННЯ НАФТОГАЗОВИХ СВЕРДЛОВИН

Рыкусова Н.І.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»  
вул. Кирпичова, 2, 61002, м. Харків  
n\_rykusova@ukr.net

Розглядаються методи переробки та утилізації таких відходів буріння, як нафтошлами. Визначено фактори впливу на навколишнє природне середовище під час проведення бурових робіт та експлуатації родовища. Проаналізовані сучасні технології розкладання бурового нафтового шламу на компоненти. Результати аналізу сучасних методів переробки та утилізації відходів буріння можуть використовуватися для підвищення екологічної безпеки нафтовидобувних районів. *Ключові слова:* нафтошлам, амбар, видобуток вуглеводнів, негативний вплив на навколишнє природне середовище.

**Современные методы переработки и утилизации отходов бурения нефтегазовых скважин. Рыкусова Н.И.** Рассматриваются методы переработки и утилизации таких отходов бурения, как нефтешламы. Определены факторы влияния на окружающую среду при проведении буровых работ и эксплуатации месторождения. Проанализированы современные технологии разложения бурового нефтяного шлама на компоненты. Результаты анализа современных методов переработки и утилизации отходов бурения могут использоваться для повышения экологической безопасности нефтедобывающих районов. *Ключевые слова:* нефтешлам, амбар, добыча углеводородов, негативное влияние на окружающую среду.

**Modern methods of processing and disposal of oil drilling waste. Rykusova N.** Methods of processing and disposal of drilling waste, such as oil sludge, are discussed. Factors of influence upon the environment during drilling and field development are determined. Modern technologies of decomposition of drilling oil sludge into components are analyzed. The results of analysis of modern methods of processing and disposal of drilling waste can be used to improve environmental safety of oil producing areas. *Key words:* oil sludge, waste pit, hydrocarbon production, negative environmental impact.

Нафтопродукти є основним джерелом енергії для промисловості та повсякденного життя. Витоки та випадкові розливи відбуваються регулярно під час розвідки, видобутку, транспортування та зберігання нафти та нафтопродуктів [1].

Вуглеводні, що потрапили в навколишнє середовище, випадково або через людську діяльність є однією з основних причин забруднення води та ґрунту [2].

Одним з основних аспектів проведення робіт із видобутку вуглеводнів є максимальне збереження стану навколишнього середовища.

Усі бурові майданчики можна вважати об'єктами підвищеної екологічної небезпеки. Отже, вплив на навколишнє природне середовище під час спорудження свердловин спостерігається не тільки в результаті аварійних ситуацій, а також і за нормальних умов проходження виробничого процесу [3].

Одним із найважливіших аспектів більш досконалої технології є інноваційне покращення процесів, що відбуваються на всіх стадіях вилучення вуглеводнів [4].

У разі буріння та випробування свердловин із вуглеводневою продукцією основними джерелами виділення забруднюючих речовин є: бурова установка (робота силових дизельних агрегатів, використання бурових розчинів, господарчі стоки, вуглеводні продуктивних горизонтів та ущільнювальні матеріали різьбових з'єднань обсадних колон тощо) і самі свердловини (викиди забруднюючих речовин

в атмосферу відбуваються при їх випробуванні та роботі) [5].

Буровий шлам – водна суспензія, тверда частина якого складається з продуктів руйнування гірських порід забою та стінок свердловини, продуктів стирання бурового снаряду та обсадних труб, глинистих мінералів (при промивці глинистим розчином) [6].

Відпрацьований буровий розчин – це розчин, який був виключений із технологічних процесів буріння свердловин та який підлягає утилізації або захороненню [7].

Бурові стічні води – це сукупність рідких відходів, що утворюються під час проведення різних технологічних операцій при бурінні свердловини:

- часткове скидання відпрацьованого бурового розчину;
- очистка сіток вібросит;
- охолодження штоків насосів;
- господарчі стоки.

БСВ є багатоконпонентною системою, основними складовими елементами забруднення БСВ є завислі речовини органічні речовини та нафтопродукти.

За зовнішнім виглядом бурові стічні води являють собою суміш коричневого чи темно-коричневого кольору, яка є практично непрозорою з легким запахом нафтопродуктів [8].

Характеристика бурового шламу, який виникає під час буріння нафтогазової свердловини, свідчить про наявність у ньому домішок (табл. 1).

Мірою заглиблення свердловини на її забої утворюється вибурена порода, яка піднімається на поверхню разом із циркулюючим буровим розчином (промивальною рідиною) [5]. Ці відходи буріння на поверхні проходять систему очистки і далі направляються у шламові амбари.

Таблиця 1

**Порівняльна характеристика бурового шламу, що виник на двох різних об'єктах нафтовидобутку**

Показники досліджування/ партія, вид відходу	БШ1	БШ2
Нафтопродукти, г/кг	0,3	0,4
Вологість, %	53	47
Сухий залишок, г/кг	63,8	56,6
pH	7,2-7,6	10,8-11,0
Cl <sup>-</sup> , г/кг	18,1	7,7
Ca <sup>+</sup> , Mg <sup>+</sup> , г-екв/л	0,025	0,07



Рис. 1. Компонентний склад відходів буріння [8]

*Характеристика основних методів переробки та утилізації твердих відходів нафтовидобувної промисловості*

*Термічний метод перероблення бурового шламу*

Цей метод доволі поширений, він зазвичай реалізується у відкритих амбрах, печах різних конструкцій (обертюваних барабанних печах, топках із барботажними пальниками, тощо). Також до цього методу належить сушка в сушарках, які мають різні конструкції, піроліз, термодесорбція, електровогнева обробка, термоліз, термообробка.

Під час спалювання бурового шламу у барабанній печі, яка обертається, тверда фаза змішується з суглинком (30–60% мас. і 40–70% мас. відповідно) та гранулюється. Рідка фаза застосовується вдало

для приготування бурового розчину. Недолік цього методу – висока собівартість [9].

Піроліз – це процес розкладання органічних сполук під дією високих температур за відсутності або нестачі кисню та з утворенням побічних продуктів знешкодження, як-от пірогаз і піролізна смола. Також виділяються тверда фаза та тепло відхідних газів, які підлягають утилізації [10].

Термодесорбція бурового шламу – термічне нагрівання відходів із подальшою конденсацією і вловлюванням вуглеводневої фази. Метод пов'язаний із великими енергетичними витратами і має малу економічну ефективність.

Електровогневе спалювання бурових шламів характеризується створенням практично ідеальних умов екологічно чистого горіння будь-яких токсичних відходів [9].

У разі термообробки бурових шламів практичне повне знешкодження бурових шламів відбувається при температурі 800–850 °С внаслідок хімічного перетворення сполук [11].

Недолік високотемпературного спалювання – дорогі спецобладнання та енергетичні ресурси.

Метод термічної обробки БШ є загалом дорогим процесом, за якого безповоротно знищується цінна вуглеводнева складова частина БШ [12].

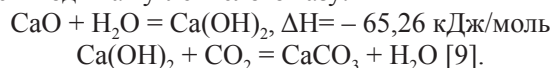
Під час термолізу бурових шламів утворюються такі речовини:

- вода (40% мас.);
- твердий вуглецевий залишок (21% мас.);
- вуглеводневий дистилат (30% мас.);
- вуглеводневий газ (9% мас.) [13].

Термічний метод перероблення бурових шламів універсальний, бурові шлами не вимагають попередньої підготовки (очистка від сміття, каменів, нафтопродуктів). При цьому об'єм переробленого продукту в десятки разів менший за початковий об'єм бурового шламу. Але під час спалювання в атмосферу виділяється велика кількість небезпечних і шкідливих газів. Щоб попередити цей негативний вплив, необхідно проводити очищення викидів. Це вимагає залучення додаткових матеріальних, фінансових, фінансових і енергетичних ресурсів. Економічну ефективність термічних методів зменшує необхідність осушки бурового шламу з високою вологістю [9].

*Хімічні методи утилізації відходів буріння*

Метод хімічної утилізації бурових відходів на основі реагентного капсулювання нині науковцями вважається ефективним напрямом перероблення відходів буріння [14; 15]. Під час його впровадження відбувається фізико-механічні перетворення БВ на нейтральний для навколишнього природного середовища матеріал. Кожна частинка цього матеріалу вкрита гідрофобною оболонкою з карбонату кальцію, яка утворюється під час гасіння вапна у присутності води та вуглекислого газу:



Під час гасіння вапна відбувається екзотермічна реакція (виділення теплової енергії), потім випаровування зайвої вологи і загибель мікроорганізмів. Гранули, які утворюються при цьому, після визрівання протягом 24 годин мають високу міцність, а швидкість виділення небезпечних речовин у навколишнє природне середовище знижується у сотні разів [16].

*Біохімічні (біологічні) методи перероблення бурових відходів*

Використовують біологічні речовини (бактерії, культури грибів, рослин). Метод ґрунтується на здатності мікроорганізмів переробляти вуглеводні [17]. При цьому проходять біохімічні реакції, під час яких відбуваються розщеплення, мінералізація і часткова гуміфікація забрудненого ґрунтового шару [9; 18].

Як мікроорганізми-деструктори використовують *Rhodococcus erythropolis* AC 1339D [19], адже у результаті випробувань він проявляє найбільшу деструктивну активність до нафти та нафтопродуктів порівняно з відомими нафтоокислюючими мікроміцетами, наприклад *Fusarium* sp. № 56.

Як біодобавки використовуються високомолекулярні кислоти (ВМК), отримані шляхом окислення керогена сланців у водно-лужному середовищі.

Для активації нафтоокислюючих мікроорганізмів досить 0,001–0,002% мас. ВМК, також як біодобавку використовують біотрин [20].

Можна використовувати біологічний препарат Деворойл, який призначений для біодеградації нафти та нафтопродуктів при забрудненні ґрунту, природних водойм, акваторій, стоків промислових підприємств та реабілітації забруднених територій. Препарат являє собою ретельно підібраний союз вуглецеволужних бактерій та дрозів, що успішно працюють у різних природних та антропогенних екосистемах. Ці мікроорганізми адаптовані до середовища з солоністю до 150 г/л, тобто однаково добре працюють як у прісній, так і в морській воді, а також здатні до комплексного розкладання як розчинних, так і нерозчинних у воді компонентів нафти (при впровадженні у товщину нафтової плівки) [21; 22].

Остання властивість препарату суттєво скорочує час, необхідний для нейтралізації забруднення, та запобігає вимиванню мікроорганізмів від вимивання їх із нафти паводковими водами та зливовими дощами.

Препарат простий у використанні. На забруднений ґрунт чи поверхню водойм та річок наносять робочу суспензію препарату (готують безпосередньо перед використанням) шляхом дощування чи розпилення за допомогою будь-яких призначених для цього машин та агрегатів (при температурі ґрунту чи води від +5°C до +45°C).

Розхід препарату залежить від ступеня забрудненості ґрунту, водної поверхні [23].

Недоліки біохімічного (біологічного) методу:

– довготривалий процес, потребує великої кількості коштів на придбання біопрепаратів;

– галузь застосування обмежена селективною дією бактерій, що використовуються;

– бактерії, як правило, мають високу чутливість до складу бурового розчину та зміни факторів середовища (температури, вологості, рН тощо), що перешкоджає отриманню бажаного результату.

Біологічний метод є оптимальним у комплексі з іншими способами утилізації БВ. Ступень очистки БШ при цьому підвищується до 91% після попередньої екстракції нафтопродуктів із шламу ксилолом і обробкою підібраного консорціуму необхідних мікроорганізмів [9; 24].

Утилізація нижнього (донного) шару шламових амбарів можуть здійснювати методом біодеструкції у польових умовах [25].

Успіх біологічного очищення нафти залежить від здатності встановлювати і підтримувати умови, які сприяють підвищенню рівня біодеградації нафти на забрудненій території [26–31].

Ґрунт, забруднений вуглеводнями, викликає великі пошкодження локальної навколишньої природної системи, оскільки накопичення забруднюючих речовин у тварин та тканинах рослин може спричинити смерть або мутації [32].

Таким чином, біологічні методи перероблення БВ застосовують в основному на одному з етапів комплексних заходів із поводження з БВ, які містять нафтопродукти. Оскільки зміст нафтопродуктів у БШ порівняно невеликий, цей спосіб не є виправданим у технічно-екологічному і економічному плані.

Буровий шлам доцільно використовувати як добавку для виробництва будівельних матеріалів, враховуючи відповідність складу шламу складу сировини для будівельних матеріалів [33; 34].

Утилізація попередньо знешкоджененого бурового шламу може використовуватися у виробництві таких будівельних матеріалів, як цегла, керамзит, малорозмірні будівельні вироби [7].

*Фізичний метод утилізації бурових відходів*

Такий метод оснований на зміні фізичних властивостей бурового шламу під впливом різних силових факторів.

Фізичний метод перероблення БШ умовно поділяють на:

- гравітаційне відстоювання;
- розділення у відцентровому полі;
- розділення фільтруванням;
- заморожування [35].

Найпоширеніші апарати для розділення та подальшої переробки нафтових відходів – це центрифуги, фільтри, гідроциклони та сепаратори [36].

Для зневоднення таких бурових відходів, як нафтошлами, використовують фільтри – відстійники [37; 38].

Перевагою гравітаційного відстоювання є відсутність великих капітальних та експлуатаційних витрат, а до недоліків можна віднести довготривалість процесу відстоювання та мала ефек-

тивність розділення нафтових залишків та інших домішок [39].

Розділення у відцентровому полі бурових шлаків відбувається у декантері. Принцип його дії заснований на дії відцентрованих сил. У декантері нафтошлами в суміші з підігрітою свіжою нафтою подаються на трифазні декандри, де відбувається поділ на три фази: вуглеводневу, водну і механічні домішки. Виділені вуглеводні направляють на вторинну переробку, воду – на очищення, механічні ж домішки, які збагачені вуглеводнями і містять воду, є новим відходом, кількість якого значно менша порівняно з кількістю первинного нафтошламу, але все ще значна [40].

До переваг цього різновиду перероблення БШ належать можливість зменшення кількості відходів, а також повторне використання частини води, яка відокремлюється від нафтопродуктів.

До недоліків належить необхідне спеціальне устаткування, як-от гідроциклони, сепаратори, центрифуги [40; 41].

Спосіб фільтрування через прес тільки відділяє водну частину відходів від важких домішок, цей процес характеризується досить низькою пропускною здатністю. При цьому фільтруванні залишається невирішеною проблема утилізації відфільтрованого матеріалу і відділення води. Цей метод не вирішує питання повної утилізації нафтових відходів [42; 43].

Визначено вплив заморожування і відтавання на зневоднення шламової емульсії, її структуру, чисельність і дихальну активність мікрофлори шламу, токсикологічні характеристики водної фази шламу. Виявлено, що заморожування і відтавання викликає дестабілізацію структури шламу, яка проявляється у прискоренні його зневоднення під час центрифугування [44].

За 20 хвилин центрифугування від вихідного шламу відділяється вода у кількості 28% по масі, тоді як від шламу після заморожування та відтавання – понад 39%. Таким чином, заморожування та відтавання дестабілізують структуру шламу та сприяють збільшенню ефективності його зневоднення у модельних умовах центрифугування. Цей метод більшою мірою підходить до сумішей, які складаються з синтетичних органічних речовин [44; 45].

*Фізико-хімічні методи перероблення відходів буріння*

Основою цього методу є застосування спеціальних поверхнево-активних речовин (ПАР), що змінюють фізико-хімічні властивості, з подальшою обробкою на спеціальному обладнанні.

Як ПАР використовують змочувачі, диспергатори, деемульгатори та розчинники. Також у фізико-хімічному методі перероблення БШ використовуються допоміжні речовини, такі як коагулянти та флокулянти, які впливають на розмір і структуру зв'язаних часточок у нафтовій і водній фазах.

Коагуляція – це процес злипання частинок колоїдної системи при їх зіткненнях у процесі теплового (броунівського) руху, перемішування або спрямованого переміщення у зовнішньому силовому полі.

Первинні частки в таких скупченнях з'єднані силами міжмолекулярної взаємодії безпосередньо або через прошарок навколишнього (дисперсійного) середовища. Коагуляція супроводжується прогресуючим укрупненням частинок (збільшенням розміру і маси агрегатів) і зменшенням їх числа в обсязі дисперсійного середовища – рідини.

Флокуляція – вид коагуляції, за якої дрібні частки, які у зваженому стані в рідкому середовищі утворюють пухкі скупчення, тобто флокули. Флокуляція в рідких дисперсних системах відбувається під впливом спеціально речовин, що додаються, – флокулянтів [46; 47].

Загальним недоліком усіх відомих коагулянтів є неможливість їх регенерації та повернення товарного продукту. Також до недоліків методу належить те, що під час зміни хімічного складу бурового шламу процес осадження часточок може стати нерегульованим.

**Головні висновки.** Серед наявних методів утилізації БШ більш перспективним є комбінований метод, тобто центрифугування із застосуванням флокулянтів і коагулянтів [48; 49]. При цьому методі вилучення нафтопродуктів із БШ сягає 85%, а механічних домішок – 95%. Щоб прискорити процес осадження частинок, використовують коагулянт  $Al_2(SO_4)_3$  (сульфат алюмінію), а для покращення процесу хімічного осадження – флокулянт поліакриламід (ПАА), який сприяє збільшенню розмірів пластівців при коагуляції [9; 50].

У сучасній літературі недостатньо описані фактори, які впливають на вибір того чи іншого методу переробки та утилізації відходів буріння нафтогазових свердловин. Залежно від складу відходів буріння та визначених експериментальним методом оптимальних технологічних параметрів їх переробки та утилізації, здійснюється вибір того чи іншого способу переробки та утилізації відходів буріння нафтогазових свердловин.

Цим питанням будуть присвячені подальші дослідження.

### Література

1. Kvenvolden K.A. Natural seepage of crude oil into the marine environment / K.A. Kvenvolden, C.K. Cooper. *Geo-Marine Letters*. 2003. Vol. 23, no. 3-4. Pp. 140–146.
2. Holliger C. Contaminated environments in the subsurface and bioremediation: organic contaminants / C. Holliger, S. Gaspard, G. Glod. *FEMS Microbiology Reviews*. 1997. Vol. 20, no. 3-4. Pp. 517–523.
3. Мельник О.Д. Дослідження процесу коагуляції в технології очищення бурових стічних вод. / О.Д. Мельник, А.В. Пукіш. *Всеукраїнський науково-технічний журнал «Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ»*. 2010. № 2 (35). С. 125–128.

4. Kanwalroop K.D. Environmental / K.D. Kanwalroop, A. Nagurney, P. Ramanuam. Networks, University of Massachusetts at Amherst, US. 1999. p. 432.
5. Чернова А.О. Оцінка впливу бурового шлама на навколишнє середовище / А.О. Чернова, О.В. Шестопапов. Х Міжнародна науково-практична студентська конференція магістрантів Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Харків: НТУ «ХПІ», 2016. С. 66–67.
6. Миронов Н.А. Использование бурового шлама при строительстве дорог / Н.А. Миронов, И.Р. Усманов. Электронный журнал Cloud of Science. 2013. № 2. С. 33–36. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-burovogo-shlama-pri-stroitelstve-dorog>.
7. Будьоний О.П. Рекультивация шламовых амбаров при бурении нефтяных и газовых скважин / О.П. Будьоний, І.Ю. Матюшенко. Кременчугський національний університет імені Михайла Остроградського Науковий журнал «Екологічна безпека». 2011. С. 67–69.
8. Пукіш А.В. Дослідження хімічного складу та фізико-хімічних властивостей бурових стічних вод / А.В. Пукіш, Я.М. Семчук. Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. 2007. С. 141–144.
9. Аблесва І.Ю. Підвищення рівня екологічної безпеки при утилізації відходів нафтогазового видобутку: 21.06.01. Суми, 2016. 194 с.
10. Гречко О.В. Сучасні методи термічної переробки твердих побутових відходів. Промислова енергетика. 2006. № 9. С. 25–29.
11. Кушнірчук В.В. Напрямки поводження з буровими шламами / В.В. Кушнірчук, М.М. Орфанова. Майбутній науковець – 2017: матеріали всеукр. наук.-практ. конф. 1 груд. 2017 р. С. 117–120.
12. Okpokwasili G.C. Effects of drilling fluids on marine bacteria from a Nigerian offshore oilfield / G.C. Okpokwasili, C. Nnubia. Environ. Intern. 1995. Vol. 19, N 6. P. 923–929.
13. Пат. 2389564 Российская Федерация, МПК (2006.01) B09B3/00, (2006.01) C04B33/132, (2006.01) C04B33/32. Способ обезвреживания бурового шлама с получением из него строительного материала / В.М. Горин, М.К. Кабанова, И.К. Казмалы, А.А. Карташов, С.А. Токарева, В.Л. Уксюзюв; владелец патента Закрытое акционерное общество «НИИ Керамзит». № 2009122101/03; заявл. 10.06.2009; опубл. 20.05.2010.
14. Литвинова Т.А. Реагентный способ обезвреживания нефтешламов / Т.А. Литвинова, Т.В. Винникова, Т.П. Косулина. Экология и промышленность России. 2009. № 10. С. 40–43.
15. Гержберг Ю.М. Реагентное обезвреживание отходов нефтегазовой промышленности / Ю.М. Гержберг, Н.Д. Цхадая, А.Н. Попов, З.Н. Овчар. Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2003. № 3 (50). С. 30–31.
16. Воробьева С.Ю. Переработка нефтешламов, буровых шламов, нефтезагрязненных земель методом реагентного капсулирования / С.Ю. Воробьева, М.С. Шпинькова, И.А. Мерициди. Территория Нефтегаз. Экология. 2011. № 2. С. 68–71.
17. Мікроорганізми як деструктори та індикатори токсичності гетероциклічних сполук / А.Р. Сушко, О.М. Дуган, Л.Р. Журахівська, Н.Г. Марінцова. Журнал Національного університету «Львівська політехніка». Серія хімії, технології матеріалів та їх застосування. 2016. Вип. 841. С. 249–257.
18. Парамонова И.Е. Деструкция нефтяных углеводородов биопрепаратами в зависимости от типа почв и различного уровня загрязнения нефтью / И.Е. Парамонова, Н.Л. Кравченко, А.Б. Суянова и др. Биотехнология. Теория и практика. 2010. № 4. С. 54–63.
19. Патент РФ №2257409. Штамм rhodococcus erythropolis для разложения нефти и нефтепродуктов / Патент России № 2257409 / Власов С.А., Сафаров А.М., Краснопецева Н.В., Сафарова В.И., Крашенинникова Т.К.
20. Патент РФ №2160718, 20.12.2000. Способ очистки почвы и воды от нефти и нефтепродуктов / Патент России № 2160718 / Ягафарова Г.Г., Сухаревич М.Э., Барахнина В.Б., Ильина Е.Г., Ягафаров И.Р., Яковлев В.И.
21. Сравнительная эффективность деструкции нефтепродуктов различными биопрепаратами при разных уровнях загрязнения торфогрунтов / В.Г. Алехин, А.И. Фахрутдинов, Л.А. Малышкина та ін. Биологические ресурсы и природопользование. Нижневартовск. 1999. С. 96–105.
22. Stewart R.S. Distribution of multiple oil tolerant and oil degrading bacteria around a site of natural crude oil seepage. Tex. J.Sci. 1997. pp. 49.
23. Биологический препарат Деворойл. URL: <http://www.sitistroi.ru/devoroil> (дата обращения: 27.03.2018/)
24. Деструкция нефтяных углеводородов биопрепаратами в зависимости от типа почв и различного уровня загрязнения нефтью / И.Е. Парамонова, Н.Л. Кравченко, А.Б. Суянова та ін. Биотехнология. Теория и практика. 2010. № 4. С. 54–63.
25. Ермаков В.В. Классификация нефтешламоаккумуляторов и прогнозирование процесса биодеструкции отходов при их ликвидации: автореф. дис. ... канд. техн. наук, спец.: 03.00.16 – экология. Пермь, 2010. 132 с.
26. Leahy J.G. Microbial degradation of hydrocarbons in the environment / J.G. Leahy, R.R. Colwell. Microbiological Reviews. 1990. Vol. 54, no. 3. Pp. 305–315.
27. Zobell C.E. Action of microorganisms on hydrocarbons. Bacteriological Reviews. 1946. Vol. 10. Pp. 1–49.
28. Atlas R.M. Microbial degradation of petroleum hydrocarbons: an environmental perspective. Microbiological Reviews. 1981. Vol. 45, no. 1. Pp. 180–209.
29. Atlas R.M. Petroleum Microbiology. Macmillan Publishing Co, New York, NY, USA. 1984. С. 61–98.
30. Atlas R. Hydrocarbon biodegradation and oil spill bioremediation / R. Atlas, R. Bartha. Advances in Microbial Ecology. 1992. Vol. 12. С. 287–338.
31. Foght J.M. Biodegradation of hydrocarbons in freshwater. Oil in Freshwater: Chemistry, Biology, Countermeasure Technology / J.M. Foght, D.W. Westlake. Pergamon Press, New York, NY, USA. 1987. Pp. 217–230.
32. Alvarez P.J. Substrate interactions of benzene, toluene, and para-xylene during microbial degradation by pure cultures and mixed culture aquifer slurries / P.J. Alvarez, T.M. Vogel. Applied and Environmental Microbiology. 1991. vol. 57, no. 10. Pp. 2981–2985.
33. Гурьева В.А. Целесообразность использования местного вторичного сырья в производстве строительных материалов / В.А. Гурьева, А.В. Дорошин, Н.В. Бутримова. Университетский комплекс как региональный центр образования, науки

- и культуры материалы Всероссийской научно-методической конференции. Оренбургский государственный университет. 2017. С. 679–683.
34. Исмаков Р.А. О возможности применения отходов бурения в составе тампонажных смесей при строительстве нефтяных и газовых скважин / Р.А. Исмаков, Рахматуллин, И.А. Зарипов. Электронный журнал «Нефтегазовое дело». 2013. № 6. С. 25–36.
  35. Баширов В.В. Техника и технология поэтапного удаления и переработки амбарных шламов. М.: Наука, 1992. 256 с.
  36. Кобзарь И.Г. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Ч. 3. Защита П84 литосферы: текст лекций по дисциплине «Процессы и аппараты защиты окружающей среды» / И.Г. Кобзарь, В.В. Козлова., 2008. 100 с.
  37. Десяткин А.А. Разработка технологии утилизации нефтяных шламов: спец. 05.17.07 «Химия и технология топлив и специальных продуктов». УФА, 2004. 24 с.
  38. Патент РФ № 2333896. Способ обезвоживания нефтесодержащих отходов. Патент России № 2333896 / Клыков М.В., Тимергазина Т.М.
  39. Коваленко І.В. Основні процеси, машини та апарати хімічних виробництв: Підручник / І.В. Коваленко, В.В. Малиновський. Київ, 2005. 264 с.
  40. Охрана навколишнього середовища від забруднення нафтопродуктами: навч. посіб. / Шестопалов О.В., Бахарєва Г.Ю., Мамедова О.О. та ін. Х.: НТУ «ХП», 2015. 116 с.
  41. Обезвоживание осадков сточных вод на очистных сооружениях Санкт-Петербурга / А.К. Кинебас, Б.В. Васильев, Ж.Л. Григорьева та ін. Водоснабжение и санитарная техника. 2010. № 9. С. 54–59.
  42. Любин В.С. Аналіз методів та обладнання для фільтрування та очистки вологих дисперсних матеріалів / В.С. Любин, Р.Д. Іскович-Лотоцький. Всеукраїнський науково-технічний журнал «Вібрації в техніці та технологіях». 2013. № 2 (70). С. 185–189.
  43. Екологічні проблеми в енергетиці / С.В. Бойченко, О.Г. Пузік, П.І. Топільницький та ін. НТУУ «КПІ» Науковий журнал «Енергетика: економіка, технології, екологія». 2016. № 4. С. 109–121.
  44. Ермеев А.М. Обезвоживание нефтешлама методом воздействия низких температур / А.М. Ермеев, А.А. Елпидинский. Вестник Казанского технологического университета. 2013. № 10. С. 266–268.
  45. Несмелов А.А. Подготовка содержащего углеводороды шлама к биологическому обезвреживанию / А.А. Несмелов, Т.В. Григорьева, Р.Х. Хузаянов и др. Вестник Казанского технологического университета. 2012. № 14. С. 177–181.
  46. Гандурина Л.В. Практический опыт применения флокулянтов в водоочистке. Вода и экология. 2001. № 3. С. 48–61.
  47. Настенко А.О. Современные коагулянты и флокулянты в очистке природных и сточных вод / А.О. Настенко, О.И. Зосуль. Международный студенческий научный вестник. 2015. № 3 (часть 4). С. 531–537. URL: <https://www.eduherald.ru/ru/article/view?id=14176>
  48. Проблема создания промышленных агрегатов для утилизации твердых углеродистых отходов / А.С. Парфенюк, С.П. Веретельник, И.В. Кутняшенко та ін. Научный журнал «Кокс и химия». 1999. № 3. С. 40–44.
  49. Сметанин В.Л., Казначеева З.В. Обработка нефтешламов: тез. докл. 27 науч. техн. конф. Пермского политехнического института. Ч. 2. Пермь, 1991.
  50. Орфанова М.М. Удосконалення засобів і методів зменшення відходів нафтогазового виробництва: дис. ... канд. техн. наук: 21.06.01. Івано-Франківськ, 2008. 215 с.