

УДК 622.022
МРНТИ 87.01.21

DOI: [10.54859/kjogi108914](https://doi.org/10.54859/kjogi108914)

Получена: 03.09.2025.
Одобрена: 14.12.2025.
Опубликована: 31.12.2025.

Научный обзор

Способы утилизации буровых шламов. Приоритетные направления

Т.Н. Алексеева¹, Б.Ф. Сабиров², А.Ж. Шагилбаев², С.А. Губашев²,
Г.Х. Исмаганбетова²

¹Санкт-Петербургский государственный морской технический университет,
г. Санкт-Петербург, Россия

²Атырауский филиал КМГ Инжиниринг, г. Атырау, Казахстан

АННОТАЦИЯ

Предприятиями нефтегазовой промышленности в процессе разведки и добычи углеводородов создаётся и накапливается большое количество различных отходов, которые должны утилизироваться безопасным образом, с минимальным воздействием на окружающую среду и без влияния на здоровье человека. Большую часть этих отходов составляют буровые шламы и отработавшие буровые промывочные и технологические жидкости, а также сточные воды.

В качестве объекта исследований использовалась информация о практическом применении методов утилизации буровых шламов, а также о результатах научных экспериментов, опубликованная в научно-технических журналах в свободном доступе, в материалах научных конференций, научных отчётах, монографиях. По итогам выполненного обзора выделены основные применяемые на практике направления утилизации буровых шламов с получением полезной продукции. При этом технологии производства строительных материалов и грунтов для проведения технического этапа рекультивации и консервации нарушенных земель, безусловно, относятся к перспективным, наиболее технически подготовленным, экономически целесообразным и проходящим экспериментальную и промышленную апробацию. К потенциально пригодным и перспективным следует отнести и технологии подготовки, и закачки буровых шламов в подземные горизонты с целью обеспечения экологической безопасности производственных объектов разведки и разработки месторождений углеводородов в условиях суши и континентального шельфа.

Ключевые слова: буровые шламы, методы утилизации, шламонакопители, мелкодисперсная пыль, асфальтобетон, рекультивант, полиароматические углеводороды, термические десорбция и деструкция, геологические формации, аннулярная инъекция, капсуляции.

Как цитировать:

Алексеева Т.Н., Сабиров Б.Ф., Шагилбаев А.Ж., и др. Способы утилизации буровых шламов. Приоритетные направления // Вестник нефтегазовой отрасли Казахстана. 2025. Том 7, №4. С. 112–123.

DOI: [10.54859/kjogi108914](https://doi.org/10.54859/kjogi108914).

UDC 622.022
CSCSTI 87.01.21

DOI: [10.54859/kjogi108914](https://doi.org/10.54859/kjogi108914)

Received: 03.09.2025.

Accepted: 14.12.2025.

Published: 31.12.2025.

Review article

Methods of Disposal of Drilling Sludge. Priority Directions

Tatyana N. Alexeyeva¹, Bolatkhan F. Sabirov², Adil Zh. Shagilbayev²,
Sarsenbay A. Gubashev², Gulmira Kh. Ismaganbetova²

¹St. Petersburg State Marine Technical University, Saint Petersburg, Russia

²Atyrau Branch of KMG Engineering, Atyrau, Kazakhstan

ABSTRACT

In the process of hydrocarbon exploration and production, oil and gas industry enterprises generate and accumulate a large amount of various waste, which must be disposed of safely, with minimal impact on the environment and without affecting human health. A significant portion of this waste consists of drilling sludge, spent drilling and process fluids, as well as wastewater.

The study was based on information regarding the practical application of drilling sludge disposal methods, as well as the results of scientific experiments published in open-access scientific and technical journals, conference proceedings, research reports, and monographs. Based on the conducted review, the main directions of drilling sludge disposal currently applied in practice with the production of useful products have been identified.

In particular, technologies for the production of construction materials and soils for the technical stage of land reclamation and conservation of disturbed lands are considered promising, technically well-developed, economically feasible, and are currently undergoing experimental and industrial testing. Technologies for the treatment and injection of drilling sludge into underground formations should also be regarded as potentially applicable and promising, as they ensure the environmental safety of exploration and production facilities both onshore and on the continental shelf.

Keywords: *drilling sludge; disposal methods; sludge pits; fine particulate dust; asphalt concrete; soil reclamation agent; polycyclic aromatic hydrocarbons; thermal desorption and decomposition; geological formations; annular injection; encapsulation.*

To cite this article:

Alexeyeva TN, Sabirov BF, Shagilbayev AZ, et al. Methods of Disposal of Drilling Sludge. Priority Directions. *Kazakhstan journal for oil & gas industry*. 2025;7(4):112–123. DOI: [10.54859/kjogi108914](https://doi.org/10.54859/kjogi108914).

ӨОЖ 622.022
ГТАХР 87.01.21

DOI: [10.54859/kjogi108914](https://doi.org/10.54859/kjogi108914)

Қабылданды: 03.09.2025.

Мақұлданды: 14.12.2025.

Жарияланды: 31.12.2025.

Ғылыми шолу

Бұрғылау шламын кәдеге жарату тәсілдері. Басымдылық танытылған бағыттар

Т.Н. Алексеева¹, Б.Ф. Сабиров², Ә.Ж. Шагилбаев², С.Ә. Губашев²,
Г.Х. Исмаганбетова²

¹Санкт-Петербург мемлекеттік теңіз техникалық университеті, Санкт-Петербург қаласы, Ресей

²ҚМГ Инжиниринг Атыраулық филиалы, Атырау қаласы, Қазақстан

АННОТАЦИЯ

Мұнай-газ өнеркәсібі кәсіпорындары көмірсутектерді барлау және өндіру процесінде әр түрлі қалдықтардың көп мөлшері жасалады және жинақталады, олар қауіпсіз түрде, қоршаған ортаға аз әсер етіп, адам денсаулығына әсер етпестен жойылуы керек. Бұл қалдықтардың көп бөлігі бұрғылау шламдарынан және пайдаланылған бұрғылау жуу және технологиялық сұйықтықтардан, сондай-ақ ағынды сулардан тұрады. Зерттеу объектісі ретінде бұрғылау шламдарын кәдеге жарату әдістерін практикалық қолдану туралы, сондай-ақ ғылыми-техникалық журналдарда, ғылыми конференциялар материалдарында, ғылыми есептерде, монографияларда жарияланған ғылыми эксперименттердің нәтижелері туралы ақпарат пайдаланылды. Жүргізілген шолу қорытындысы бойынша пайдалы өнім ала отырып, бұрғылау шламдарын кәдеге жаратудың тәжірибеде қолданылатын негізгі бағыттары бөлінді. Бұл ретте бұзылған жерлерді қалпына келтіру мен консервациялаудың техникалық кезеңін жүргізу үшін құрылыс материалдары мен топырақты өндіру технологиялары, әрине, перспективалы, неғұрлым техникалық дайындалған, экономикалық тұрғыдан орынды және эксперименттік және өнеркәсіптік сынақтан өтуге жатады. Құрлық пен континенттік қайраң жағдайында көмірсутектер кен орындарын барлау және игеру өндірістік объектілерінің экологиялық қауіпсіздігін қамтамасыз ету мақсатында бұрғылау шламдарын дайындау және жерасты горизонттарына айдау технологиялары әлеуетті жарамды және перспективалы болып табылады.

Негізгі сөздер: бұрғылау шламы, қайта өңдеу әдістері, шлам жинағыштар, тозаң сияқты майда шаң, асфальтбетон, рекультивант, полиароматикалық көмірсутектер, термиялық десорбция және деструкция, геологиялық құрылымдар, аннулярлық инъекция, капсуляция.

Дәйексөз келтіру үшін:

Алексеева Т.Н., Сабиров Б.Ф., Шагилбаев Ә.Ж., және б. Бұрғылау шламын кәдеге жарату тәсілдері. Басымдылық танытылған бағыттар // Қазақстанның мұнай-газ саласының хабаршысы. 2025. 7 том, №4. 112–123 б. DOI: [10.54859/kjogi108914](https://doi.org/10.54859/kjogi108914).

Введение

Непрерывное увеличение потребления энергоносителей, в основном нефти и газа, приводит к интенсификации добычи углеводородов (далее – УВ) с последующим исчерпанием запасов эксплуатируемых месторождений. Это приводит к необходимости разведки и освоения всё новых и новых месторождений. Так постепенно происходит расширение объектов добычи с перемещением на не освоенные ранее территории суши и акватории морей с применением современных технологий строительства нефтяных и газовых скважин. Резкое увеличение скорости проходки бурением толщ горных пород с целью увеличения прироста запасов и объёмов добычи УВ приводит к закономерному увеличению образования объёмов отходов производства, в т.ч. буровых шламов.

Состав и свойства буровых шламов

Буровые шламы являются многотоннажными отходами с разнородными химическими и физическими составами, представляя собой обводнённый продукт измельчения выбуренной горной породы на забое и по стволу скважины в смеси с твёрдой фазой буровой промывочной жидкости, обработанной химическими реагентами, загрязнённой тяжёлыми металлами и флюидами, фильтрующимися из горизонтов с высоким пластovým давлением [1, 2].

Гранулометрический, минералогический и химический составы буровых шламов непостоянны, зависят от геолого-технических условий разрабатываемого месторождения, а именно: вида горных пород, режима бурения, состава буровой промывочной жидкости, применяемых технологий и оборудования для выделения шлама в процессе очистки буровой промывочной жидкости. Гранулометрический состав шлама изменяется в широких пределах – от +5 до -1 мм и менее, при этом около 40% общей массы представлено классом крупности менее 44 мкм.

Шлам обладает сложным минералогическим составом. Основную его массу составляют полиминеральные гетерозернистые частицы кварцсодержащих горных пород, в меньших количествах – карбонаты в виде кальцита, доломита, магнезита, в незначительных количествах – барит, гипс, глинистые компоненты в виде каолинита и монтмориллонита [1, 2].

Воздействие буровых шламов на окружающую среду

Воздействие буровых шламов на элементы окружающей природной среды – атмосферу, гидросферу, литосферу и почвенно-растительный слой – обусловлено их обводнением, загрязнением нефтью, химическими реагентами, тяжёлыми металлами, пластowymi флюидами [3, 4].

Воздействие на атмосферу. В процессе хранения шлама длительное время в открытых

шламовых амбарах происходит испарение с поверхности жидкой фракции, опасное для биосферы и человека, – «мелкодисперсное пыление» обезвоженной поверхности [5–7].

Воздействие на водоносные горизонты.

Фильтрация при разгерметизации изолирующих экранов, мембран, слоёв подстилающего глинистого изоляционного слоя приводит к:

- изменению химико-биологических свойств экосистемы;
- увеличению содержания взвешенных веществ;
- изменению теплового режима водной среды;
- увеличению содержания ионов металлов в воде;
- изменению показателя pH (кислотности) и уровня солёности в водных экосистемах.

Все эти изменения как по отдельности, так и совместно, влияют на жизнедеятельность организмов, видовой состав и продуктивность экосистемы в целом.

Воздействие на почвенно-растительный слой.

С изменением физико-механических свойств почвы происходит [3, 4]:

- ее комкование с повышением вязкости и липкости при уменьшении плодородия;
- засоление и усиление фитотоксичности;
- миграция минеральных солей с нарушением химического баланса ионов магния, натрия и кальция, а также агрохимических свойств с ухудшением процессов питания растений.

Установлено, что даже после 10–15 лет растительный покров на загрязнённых буровыми шламами территориях восстанавливается только наполовину, что приводит к деструкции рельефа и заболачиванию территории [3]. При этом сокращается биологическое разнообразие и нарушаются трофические цепи.

Краткий обзор методов утилизации буровых шламов

На стадии разработки проектных технико-технологических решений в области утилизации буровых шламов с целью ликвидации или минимизации воздействия на окружающую среду предлагается систематизация отходов по агрегатному состоянию или компонентному составу с разделением способов и технологий на группы по классификационным признакам [7, 8] (табл. 1).

Термические методы обезвреживания и утилизации буровых шламов.

Применимы для термической нейтрализации органических включений с целью получения гранулята грунта и прочих вторичных ресурсов для производства строительной продукции. Позволяют обеспечить уменьшение токсичности за счёт высоких температур и избавить шламы от патогенных микробов, вирусов и спор.

Для утилизации буровых шламов используются более сложные технологии [3, 4, 6, 7]:

- термическая десорбция и деструкция;
- экстракция и промывание растворителями;
- биоремедиация;
- микроволновая обработка.

Физические методы утилизации. На ряде объектов пока ещё используется устаревший способ утилизации буровых шламов – захоронение в буровых амбарах непосред-

ственно на рабочей площади буровой установки. После завершения бурения и испытания скважин буровые амбары начинают использоваться в качестве шламохранилищ. В отличие от недалекого прошлого, современные амбары строятся с мембранной изоляцией, а при необходимости оборудуются и изолирующими экранами, и изолирующим укрытием. Такая операция позволяет проводить консервацию захоронения шламов на длительный срок.

Таблица 1. Разделение основных методов утилизации буровых шламов по классификационным признакам [6–10]
Table 1. Classification of the main drilling sludge disposal methods according to classification criteria [6–10]

Основной классификационный признак Main Classification Criterion	Методы утилизации и переработки Disposal and Processing Methods	Разновидность метода Method Type
Термический Thermal	Сжигание Combustion	Сжигание в печах различной конструкции Combustion in furnaces of various designs
	Сушка, прогрев Drying, heating	Сушка, прогрев в печах различной конструкции Drying or heating in furnaces of various designs
	Высокотемпературный обжиг High-temperature firing	Высокотемпературный обжиг в печах различной конструкции High-temperature firing in furnaces of various designs
Физические Physical	Захоронение Landfilling	Захоронение в специально отведённых местах, в глубоководолагающие подземные горизонты, в земляные амбары, шламохранилища и т.д. Disposal in designated sites, deep underground formations, earth pits, sludge pits, etc.
	Закачка Injection	Закачка в пласт-коллектор глубокозалегающего подземного горизонта, в поровое пространство или в образованные гидроразрывом пласта трещины Injection into deep underground reservoir formations, into pore spaces, or into fractures created by hydraulic fracturing
Химические и физико-химические Chemical and Physico-Chemical	Отверждение Solidification	Отверждение с применением неорганических вяжущих (цемент, жидкое стекло, окись алюминия и др.) и органических (фенолформальдегидные смолы и др.) добавок с получением отвержденной смеси Solidification using inorganic binders (cement, water glass, alumina, etc.) and organic binders (phenol-formaldehyde resins, etc.) to obtain a hardened mixture
	Гидрофобизация Hydrophobization	Гидрофобизация поверхности шлама с помощью органических или растворимых высокомолекулярных соединений с последующей обработкой электролитами Hydrophobization of sludge surface with organic or water-soluble high-molecular compounds, followed by treatment with electrolytes
	Реагентное капсулирование Reagent encapsulation	Обработка бурового шлама капсулирующими полимерами с последующей грануляцией Treatment of drilling sludge with encapsulating polymers followed by granulation
	Модифицирующая (специальная) обработка Modifying (special) treatment	Агломерация бурового шлама в смеси с органическими составляющими, неорганическим вяжущим и структурообразующими полимерами Agglomeration of drilling sludge with organic components, inorganic binders, and structure-forming polymers
Биологические Biological	Микробиологическое разложение в почве, рекультивация Microbiological decomposition in soil, reclamation	Биоремедиация буровых шламов Bioremediation of drilling sludge
		Технический этап рекультивации или консервации нарушенных земель Technical stage of land reclamation or conservation of disturbed lands
Комплексные Complex		Смешение бурового шлама с гумино-минеральными концентратами Mixing of drilling sludge with humic-mineral concentrates
	Безамбарное бурение Pitless drilling	Переработка буровых шламов с максимальным учётом химических, физико-механических свойств и использованием всех составляющих, в результате которой отходы становятся сырьём, реагентами или наполнителями в процессе производства продукции и не оказывают отрицательного воздействия на окружающую природную среду Processing of drilling sludge with maximum consideration of chemical, physico-mechanical properties, and using all components so that the waste becomes raw material, reagents, or fillers in production without negatively impacting the environment

Более приемлемым способом захоронения буровых шламов в пласт-коллектор или пласт-трещину является инъецирование в подземные горизонты по технологии RECLAIM компании MI-SWACO [6, 7, 11–15].

Особый интерес захоронение буровых шламов инъецированием в подземные горизонты представляет при бурении геологоразведочных скважин на осваиваемых новых территориях, например, Средней Сибири. Огромнейший район

Сибири не имеет необходимого уровня промышленной, транспортной и гражданской инфраструктуры лицензионных участков и прилегающих территорий [10–17]. Это делает сложным обеспечение экологически безопасной и эффективной утилизации шламов.

Ещё более привлекательным и приемлемым способом представляется захоронение буровых шламов в подземные горизонты при бурении, особенно на арктическом континентальном шельфе, где действует принцип запрета «нулевой сброс» (zero discharge principle) [16].

Однако при всей своей привлекательности способ захоронения инъецированием буровых шламов в подземные горизонты не получил широкого распространения, хотя в СНГ и в западных странах имеется опыт его использования в течение последних десятилетий прошлого столетия. Причина заключается в сложности технологии процесса, применении дорогостоящего оборудования и недостаточной изученности подходящих для инъецирования шламов геологических формаций. Таким образом, для более эффективных и экологически безопасных операций необходимо стабильное решение трёх основных инженерных целей в проекте инъециции отходов [17, 18]:

- обеспечить удержание инъециционных отходов в заданной геологической формации (управление окружающей средой);

- сохранить максимальную инъециционную способность с минимальным вмешательством в работу скважины (управление затратами);

- максимизировать ёмкость хранения в геологической формации и срок службы скважины (управление активами).

Выбор подходящего метода инъециции отходов. С точки зрения выбора инъециционной скважины как средства безопасной транспортировки жидких отходов в выбранную подземную формацию в мире приняты два основных метода инъециции отходов в процессе добычи: трубная и аннулярная (кольцевидная) (рис. 1) [15, 17, 18].

Трубная инъециция – это инъециция в специальную или заброшенную скважину. В аннулярном (кольцевидном) вводе отходов обычно жидкая фаза бурового отхода вводится в аннулярное пространство между технической и эксплуатационной обсадной колоннами, в то время как одновременно техническая и эксплуатационная обсадные колонны могут использоваться для других целей, например, для добычи УВ.

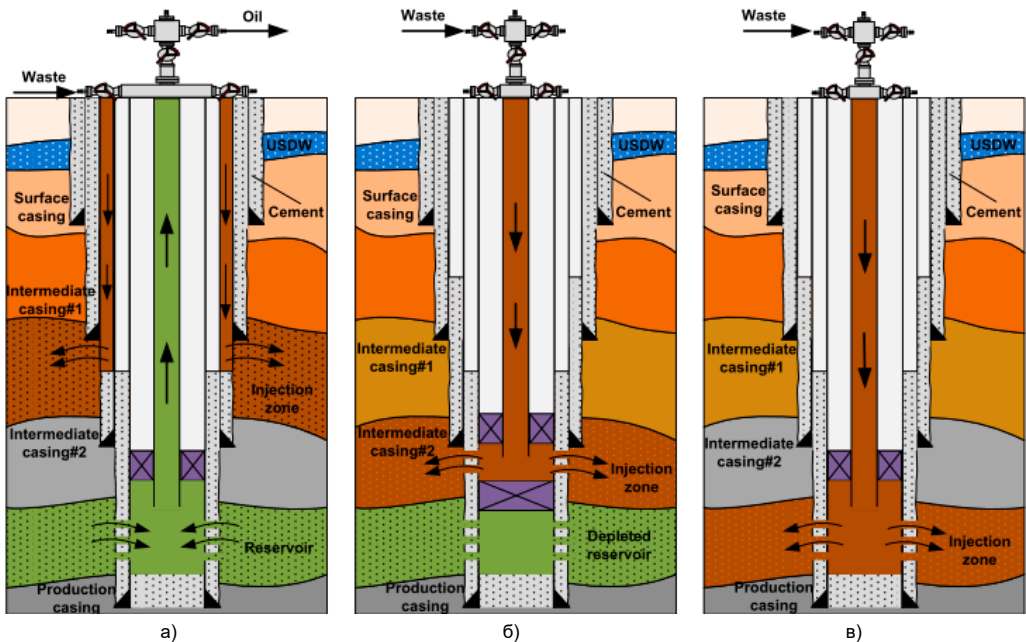


Рисунок 1. Аннулярная инъециция отходов (а) и трубные инъециции (б и в) [15]

Figure 1. Annular injection of waste (a) and tubing injections (b and v) [15]

а) аннулярная инъециция с одновременным производством (добычей) / annular injection with simultaneous production; б) трубопроводная инъециция в заброшенную скважину / tubing injection into an abandoned well; в) трубная инъециция в специальную инъециционную скважину / tubing injection into a dedicated injection well

Наиболее важные параметры для определения подходящего места для инъециции суспензий в трещины – это проницаемость, пористость, толщина пласта, глубина и струк-

турно-геологические характеристики района: толщина резервуара – более 2 м; толщина изолирующих пластов – в 4 раза больше толщины резервуара; проницаемость – от 10×10^{-3} мкм²

до 1000×10^{-3} мкм²; пористость – более 15%; глубина залегания пласта-коллектора – от 200 до 3000 м; структурная конфигурация – промежуточная или простая последовательность «песок – глина» нескольких слоёв.

Утилизация буровых шламов путём инъекции суспензии в заданную геологическую формацию напоминает использование гидравлического разрыва как метода стимуляции резервуара, а также указывает на проблему потерянной циркуляции, распространённой при бурении скважин [17, 18]. Вне зависимости от того, используется ли в качестве зоны утилизации поровое пространство пласта-коллектора или трещины пласта-разрыва, одними из самых важных задач остаются удержание инъецируемых отходов внутри геологической формации и предотвращение нежелательного движения отходов обратно к поверхности или к подземным источникам питьевой воды. Основным методом достижения – получение достоверной информации о состоянии принимающего и изолирующих пластов с оценкой пригодности для накопления и удержания инъецируемых буровых шламов в границах заданной геологической формации ещё на стадии проведения сейсморазведки или других видов геофизических исследований.

Однако несмотря на то, что инъекция отходов в подземные горизонты является экологически приемлемым вариантом утилизации буровых шламов, особенно при разведке и разработке месторождений УВ на не освоенных ранее территориях, а также на континентальном шельфе, возможность серьёзного воздействия на окружающую среду все ещё существует [17, 18].

Это подтверждается фактами из отчёта для Министерства энергетики США [17]. По состоянию на май 2003 г. база данных инъекций шлама содержит полную или частичную информацию о 334 инъекциях во всемирном масштабе. Три ведущих региона, представленные в базе данных по инъекциям шлама, – это Аляска (129 записей), Мексиканский залив (66 записей) и Северное море (35 записей) [17]. Фиксировались операционные проблемы при использовании шламов с неподходящей вязкостью, работой на слишком низкой скорости инъекции, недостаточной промывкой скважины чистой водой и падением давления в конце инъекционного цикла, что позволяло твёрдым частицам возвращаться в скважину из пласта-коллектора. Ещё одна операционная проблема возникла из-за чрезмерного износа рабочей поверхности труб и других компонентов системы, вызванного абразивной природой шлама. В некоторых случаях инъекция не соответствовала скорости бурения, и извлечённые в процессе очистки буровых растворов шламы приходилось обезвреживать и складировать на рабочей площадке с целью последующей утилизации. Эта ситуация неэффективна и на суше, но на шельфе может

стать причиной остановки бурения из-за недостатка места хранения на буровой платформе. В некоторых случаях персоналом в состав отходов добавлялись неподготовленные к инъекции материалы, что либо приводило к повреждению оборудования для обработки шламов, либо нарушало бесперебойность в работе.

Несмотря на неудобства, создаваемые при возникновении операционных затруднений, экологические проблемы вызывают гораздо большую озабоченность. Так, непредвиденная утечка в окружающую среду не только создаёт ответственность для оператора, но также, как правило, приводит к временной или постоянной остановке инъекций на этом участке.

Таким образом, инъекция пульпы бурового шлама успешно применялась во многих местах по всему миру, хотя в некоторых из них безуспешно. Причины этих проблем объяснимы и могут быть устранены при правильной оценке и выборе местоположения, проектировании и эксплуатации. Когда инъекция пульпы шлама осуществляется в местах с приемлемыми геологическими условиями и должным образом контролируется технологический процесс, данный способ может быть наиболее безопасным методом утилизации. Поскольку отходы инъецируются на большую глубину в землю ниже зон питьевой воды, правильно управляемые операции по инъекции пульпы должны представлять меньшие экологические риски, чем более традиционные методы наземной утилизации. Стоимость такой инъекции конкурентоспособна и более привлекательна, чем стоимость других методов утилизации [9].

Химические и физико-химические способы. Способы активно применяются на практике при утилизации буровых шламов, образованных при бурении с полимер-глинистыми буровыми промывочными жидкостями. Используются в основном методы стабилизации с химической фиксацией и капсуляцией загрязняющих веществ (табл. 1) и получением относительно безопасных отходов для размещения на полигонах и отвалах или вторичного ресурса в виде инертного материала для рекультивации горных выработок, а также техногрунта для строительных работ.

Метод не всегда эффективен в виду высоких затрат, нестабильных характеристик получаемого техногрунта, экологических рисков загрязнения гидросферы и литосферы химическими компонентами буровых шламов [3, 4].

Комплексный подход к утилизации буровых шламов при использовании технологии безамбарного бурения. Используется при переработке с максимальным учётом химических, физико-механических свойств, в результате которой отходы становятся сырьём, например, для изготовления дорожно-строительных материалов, рекультивантов или наполнителей в процессе производства продукции, например, строитель-

ных материалов. К последним относятся кирпичи, блоки, керамические изделия.

Такой подход является прогрессивным и целесообразным. Относится к наиболее технически и технологически подготовленным, экономически обоснованным и не оказывающим негативного воздействия на окружающую природную среду [6–9, 20].

Производство строительных материалов. В зарубежной практике также известны решения по получению вторичных материалов для производства кирпича. На крупнейшем газовом месторождении в Китае в районе горы Даба при бурении добычных скважин в шламонакопи-

тели на дневной поверхности в амбары объёмом около 3×10^3 м³ поступало до 1000 м³ буровых шламов. Буровые шламы и выбуренные горные породы представляли основной вид твёрдых отходов центрального месторождения. В процессе исследования состояния объекта захоронения твердых буровых отходов, образцы предварительно разрыхленных отложений для представительности и достоверности отбирались методом конверта. При лабораторных исследованиях было установлено, что плотность уплотнённых отходов тёмно-серого цвета составила 1,75 г/см³, влажность – 24%. Элементный состав шлама представлен в табл. 2 [20].

Таблица 2. Состав затвердевших буровых шламов газового месторождения Даба [20]
Table 2. Composition of solidified drilling sludge from the Daba gas field [20]

Items	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Na	Fe	Ca	Mg	Si	Al	CO ₃ ²⁻	Petroleum	Other
Content, %	0,1	5,6	1,0	9,0	12,4	6,8	15,8	22,8	10,2	0,4	15,9

Содержание тяжёлых металлов и радиоактивных элементов соответствовало национальным стандартам строительных материалов или материалов для облицовки, поэтому буровые твёрдые отходы были признаны безопасными для производства кирпича. Технологическая схема кирпичного завода представлена на рис. 2.

На территории России экспериментальные исследования проводились с буровыми шламами, выделяемыми при обработке буровых промывочных жидкостей [1, 2]. В качестве примера предлагаются результаты экспериментальных исследований шламов самоподъёмной плавучей буровой установки «Арктическая» на участке российского сектора Балтийского моря.

Оптимальная ситовая характеристика шихты определена методом классификационного подбора на виброситах в соответствии с рекомендациями по уплотнению для формования и термообработки [18, 19]. В представленных образцах прослеживается следствие эффекта гравитационной сегрегации, наблюдаемой при перемещении шихты (рис. 3), что делает обязательным её усреднение перед формованием.

Среднее значение плотности брикетов после термической стабилизации – 2,06 г/см³, прочность на сжатие – 247–282 кг/см², что соответствует марке прочности кирпича М 250 [1, 2]. Текстура материала брикета (бурового шлама) позволяет изготовить изделие с «лицевой стороной» с использованием материалов и/или красок любого состава и цвета (рис. 4).

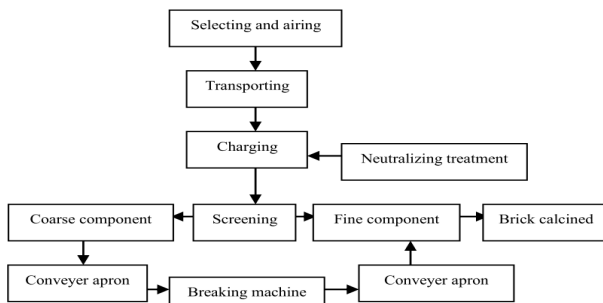


Рисунок 2. Технологическая схема заводского производства кирпича [20]
Figure 2. Technological scheme of factory brick production [20]

Selecting and airing – отбор и вентиляция; transporting – транспортировка; charging – зарядка; neutralizing treatment – нейтрализующее обработка; coarse component – крупная фракция; screening – сортировка; fine component – мелкая фракция; brick calcined – обожжённый кирпич; conveyer apron – конвейерный лоток; breaking machine – машина (пресс) для формования; conveyer apron – конвейерный лоток.



Рисунок 3. Эффект гравитационной сегрегации, наблюдаемой при перемещении шихты
Figure 3. Effect of gravitational segregation observed during batch movement



Рисунок 4. Особенности текстуры материала брикета (бурового шлама)
Figure 4. Features of the briquette material texture (drilling sludge)

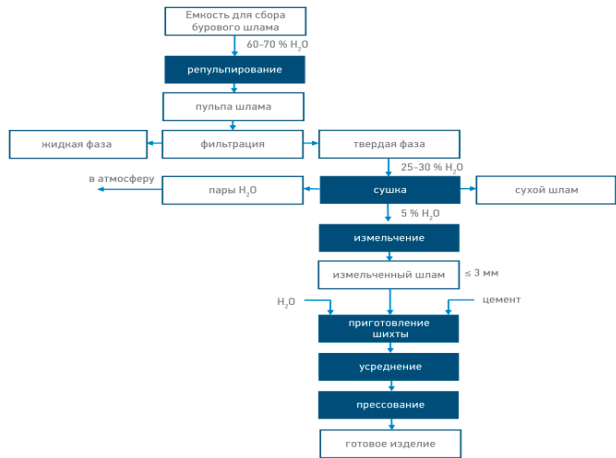


Рисунок 5. Принципиальная технологическая схема переработки буровых шламов [2]
Figure 5. Principal technological scheme for drilling sludge processing [2]

Вне зависимости от местоположения буровой установки на суше или морской буровой платформы первичную подготовку сырья предлагается проводить сразу после выделения шламов на стадии очистки буровой промывочной жидкости с последовательной проработкой на грохотах, батареях гидроциклонов, при необходимости – на центрифуге. Полученный таким образом продукт – обводнённая шламовая пульпа – проходит термическую подготовку с целью обезвоживания: рекульпирование, фильтрация, выделение твёрдой фазы с последующей сушкой.

Оставшаяся часть операций (рис. 4) может быть выполнена на специализированном объекте. Эффект от проведения подготовительных операций заключается в сокращении расходов на транспортирование после удаления влаги. Предложенная принципиальная технологическая схема производства по переработке буровых шламов представлена на рис. 5 [2].

Заключение

Рассматриваемые в данном обзоре способы утилизации буровых шламов относятся к наиболее перспективным, при этом наибольший интерес представляют способы получения вторичных материальных ресурсов для производства строительных материалов разной степени сложности как наиболее технически подготовленные и экономически целесообразные и проходящие в настоящее время активную экспериментальную и промышленную апробацию. Такая утилизация буровых шламов с положительным техническим, экологическим и экономическим

эффектом может достигаться при наличии следующих признаков:

- экономическая целесообразность;
- техническая подготовленность;
- обеспеченность гарантией экологической безопасности;
- рациональное использование природных ресурсов.

Утилизация буровых шламов посредством их переработки и уплотнения, а также использования в качестве вторичного материального ресурса в производстве строительных материалов позволяет обеспечить:

- совершенствование процессов обращения с производственными отходами за счёт сокращения площадей земельных участков, занятых под их размещение;
- существенное снижение стоимости транспортирования, платы за их размещение;
- вовлечение во вторичный цикл производства;
- получение прибыли;
- снижение техногенной нагрузки на окружающую среду, в особенности в регионах интенсивной добычи нефти и газа;
- рациональное использование природных ресурсов, применяемых при производстве строительных материалов, восполнение потребности строительной отрасли ресурсами вторичного сырья;
- переработку образующихся и накопленных буровых шламов, создание условий для последующей рекультивации загрязнённых нефтяными отходами земель, ликвидацию заброшенных шламовых амбаров.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределён следующим образом: Алексеева Т.Н. – генерация идеи исследования, постановка задач, подготовка рабочей версии статьи и финальное редактирование рукописи; Сабилов Б.Ф. – детальный анализ обзорных материалов, проведение исследований в области инъецирования буровых шламов в глубокозалегающие подземные горизонты с последующим написанием соответствующей части рукописи; Шагилбаев А.Ж. – анализ и проверка результатов обзора профильных публикаций, интерпретация и систематизация результатов исследований; Губашев С.А. – обзор текстовых материалов в научно-технических изданиях дальнего зарубежья, технический перевод на казахский и русский языки, написание соответствующего раздела статьи; Исмаганбетова Г.Х. – оценка обоснования обеспеченности экологической безопасности, рассматриваемых в статье методов утилизации шламов.

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. The greatest contribution is distributed as follows: Tatyana A. Alexeyeva – generation of the research idea, formulation of objectives, preparation of the working draft of the manuscript, and final editing; Bolatkhan F. Sabirov – detailed analysis of review materials, conducting research on injection of drilling sludge into deep underground formations, followed by writing the corresponding section of the manuscript; Adil Zh. Shagilbayev – analysis and verification of the review results of specialized publications, interpretation and systematization of research findings; Sarsenbay A. Gubashev – review of textual materials in foreign scientific and technical publications, technical translation into Kazakh and Russian, writing the corresponding section of the article; Gulmira Kh. Ismaganbetova – evaluation of the justification for the environmental safety of the drilling sludge disposal methods considered in the article.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пискунова С.В., Нифонтов Ю.А. Разработка технико-технологических решений по вторичному использованию буровых шламов на морских платформах арктического региона // Морские интеллектуальные технологии. 2020. Т. 2, №2. С. 65–70. doi: [10.37220/MIT.2020.48.2.047](https://doi.org/10.37220/MIT.2020.48.2.047).
2. Пискунова С.В., Нифонтов Ю.А. Предлагаемые концептуальные организационно-технические решения в части утилизации буровых шламов при строительстве скважин на морских территориях // ПРОНЕФТЬ. Профессионально о нефти. 2025. Т. 10, №1. С. 76–82. doi: [10.51890/2587-7399-2025-10-1-76-82](https://doi.org/10.51890/2587-7399-2025-10-1-76-82).
3. Власов А.С. Геоэкологическое обоснование использования бурового шлама в производстве асфальтобетона : дисс. канд. техн. наук. Пермь, 2022. Режим доступа: dissercat.com/content/geoekologicheskoe-obosnovanie-ispolzovaniya-burovogo-shlama-v-proizvodstve-asfaltobeta. Дата обращения: 19.05.2025.
4. Гаевая Е.В., Тарасова С.С., Рудакова Л.В. Экологическая оценка буровых шламов и разработка способа биоремедиации. Тюмень : ГАУ Северного Зауралья, 2024. 96 с.
5. Пичугин Е.А. Закономерности получения стабилизированных геоэкологически устойчивых грунтовых смесей на основе буровых шламов : дисс. канд. техн. наук. Пермь, 2019. Режим доступа: pstu.ru/files/2/file/adm/dissertacij/pichugin/Avioreferat.pdf?ysclid=meocypjzy11113103. Дата обращения: 10.06.2025.
6. Булатов А.И., Макаренко П.П., Шеметов В.Ю. Охрана окружающей среды в нефтегазовой промышленности. Москва : Недра, 1997. 483 с.
7. Шенфельд Б.Е., Шапкин В.Е., Костылева Н.В., и др. Оценка воздействия на компоненты окружающей среды буровых шламов, накопленных на нефтегазовых месторождениях, и прогноз изменения качества окружающей среды при их утилизации. Пермь, 2014.
8. Пичугин Е., Шенфельд Б. К вопросу различия буровых и нефтяных шламов // Экология и промышленность России. 2017. Т. 21, №7. С. 14–19. doi: [10.18412/1816-0395-2017-7-14-19](https://doi.org/10.18412/1816-0395-2017-7-14-19).
9. Лебедев А.Н., Арустамов Э.А. Экологическое состояние нефтегазодобывающей промышленности Западной Сибири // Отходы и ресурсы. 2018. Т. 5, №2. doi: [10.15862/07NZOR218](https://doi.org/10.15862/07NZOR218).
10. Патент РФ на изобретение №2422347/ 27.06.11. Бюл. №18. Гафаров Н.А., Рябконов А.А., Савич О.И., и др. Способ подземного захоронения буровых отходов в многолетнемерзлых породах. Режим доступа: patents.google.com/patent/RU2422347C1/ru. Дата обращения: 12.06.2025.

11. Ушаков К.В., Зиновьев Н.В., Ткачев В.В., Романов Г.П. Внутривластовая закачка буровых отходов в тектонически экранированные ловушки // Науки о Земле и недрапользование. 2024. Т. 47, №2. С. 158–169. doi: [10.21285/2686-9993-2024-47-2-158-169](https://doi.org/10.21285/2686-9993-2024-47-2-158-169).
12. groteck.ru [интернет]. Groteck Business Media. Технология обратной закачки отходов бурения проект «САХАЛИН-2» [дата обращения: 22.06.2025]. Доступ по ссылке: new.groteck.ru/images/catalog/32772/d859c3328796c9f4ad644d02c6c514c8.pdf.
13. sakhalinwatch.ru [интернет]. Экологическая вахта Сахалина. Буровые отходы. Исследование буровых растворов, используемых на морских месторождениях нефти, и технологий их удаления, снижающих воздействие на морскую среду сбросов в море, Джонатан Уиллис, 2000 [дата обращения: 22.06.2025]. Доступ по ссылке: sakhalinwatch.ru/2000/05/01/doklad-burovyeh-othody-issledovanie-burovyh-rastvorov-ispolzuemyh-na-morskih-mestorozhdeniyah-nefti-i-tehnologii-ih-udaleniya-snizhajushhih-vozdeystvie-na-morskiju-sredu-sbrosov-v-more-dzhonatan-uills/.
14. Снакин В.В., Власова И.В., Коновалова О.В., и др. Внедрение приница «нулевых сбросов» при освоении шельфовых месторождений // Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства. 2015. № 40/41. С. 8–11.
15. Gaurina-Medimurec N., Pašić B., Mijić P., Medved I. Deep Underground Injection of Waste from Drilling Activities – An Overview // Minerals. 2020. Vol. 10, N 4. doi: [10.3390/min10040303](https://doi.org/10.3390/min10040303).
16. Моисеенков А.В., Гафаров Т.Н., Облеков Р.Г., и др. Геомеханические аспекты вопроса обратной закачки бурового шлама в пласт // Геофизические исследования. 2024. Т. 25, № 4. С. 63–80. doi: [10.21455/gr2024.4-3](https://doi.org/10.21455/gr2024.4-3).
17. Veil J.A., Dusseault M.B. (Argonne National Laboratory). Evaluation of Slurry Injection Technology for Management of Drilling Wastes. Report. U.S. Department of Energy National Petroleum Technology Office; 2003 May. Contract No. W-31-109-Eng-38.
18. Нифонтов Ю.А. Рациональное использование отходов обогащения угля и снижение экологической напряженности при разработке месторождений Севера России. Санкт-Петербург : СПбГГИ им. Г.В. Плеханова, 2000. 138 с.
19. Нифонтов, Ю.А. Механизм структурообразования при брикетировании влажной угольной мелочи с активным связующим // Обогащение руд. 2020. №6. С. 41–46. doi: [10.17580/or.2020.06.07](https://doi.org/10.17580/or.2020.06.07).
20. Zhang A., Li M., Lv P., et al. Disposal and Reuse of Drilling Solid Waste from a Massive Gas Field // Procedia Environmental Sciences. 2016. Vol. 31. P. 577–581. doi: [10.1016/j.proenv.2016.02.089](https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.02.089).

REFERENCES

1. Piskunova SV, Nifontov YA. Development of the technical and process design details on secondary use of drilling cuttings on marine platforms of the arctic region. *Marine intellectual technologies*. 2020;2(2):65–70. doi: [10.37220/MIT2020.48.2.047](https://doi.org/10.37220/MIT2020.48.2.047). (In Russ).
2. Piskunova SV, Nifontov YA. Conceptual, organizational and technical solutions proposed concerning drilling cuttings disposal during the well construction in offshore territories. *PROneft. Professionally about Oil*. 2025;10(1):76–82. doi: [10.51890/2587-7399-2025-10-1-76-82](https://doi.org/10.51890/2587-7399-2025-10-1-76-82). (In Russ).
3. Vlasov AS. *Geologicheskoye obosnovaniye ispol'zovaniya buruvogo shama v proizvodstve asfal'tobetona* [dissertation]. Perm; 2022. Available from: dissercat.com/content/geoekologicheskoe-obosnovanie-ispolzovaniya-burovogo-shlama-v-proizvodstve-asfal'tobetona. (In Russ).
4. Gaevaya EV, Tarasova SS, Rudakova LV. *Ekologicheskaya otsenka burovyykh shlamov I razrabotka sposoba ikh bioremediatsii*. Tyumen: Northern Urals Agrarian State University; 2024. 96 p. (In Russ).
5. Pichugin EA. *Zakonomernosti polucheniya stabilizirovannykh geoekologicheskii ustoychivyykh smesey na osnove burovyykh shlamov* [dissertation]. Perm; 2019. Available from: pstu.ru/files/2/file/adm/dissertacii/pichugin/Avtoferat.pdf?vsclid=meocypijzy11113103. (In Russ).
6. Bulatov AI, Makarenko PP, Shemetov VY. *Okhrana okruzhayushchey sredy v neftegazovoy promyshlennosti*. Moscow: Nedra; 1997. 483 p. (In Russ).
7. Shenfeld BE, Shapkin VE, Kostyleva NV, et al. Otsenka vozdeystviya na komponenty okruzhayushchey sredy burovyykh shlamov, nakoplennykh na neftegazovyykh mestorozhdeniyakh, I prognoz izmeneniya kachestva okruzhayushchey sredy pri ikh utilizatsii. Perm, 2014.
8. Pichugin E, Shenfeld B. To the Issue of Differences of Drilling Sludge and Oil Sludge. *Ecology and Industry of Russia*. 2017;21(7):14–19. doi: [10.18412/1816-0395-2017-7-14-19](https://doi.org/10.18412/1816-0395-2017-7-14-19). (In Russ).
9. Lebedev AN, Arustamov EA. Ecological condition of the oil and gas industry of Western Siberia. *Russian journal of resources, conservation and recycling*. 2018;5(2). doi: [10.15862/07NZOR218](https://doi.org/10.15862/07NZOR218). (In Russ).
10. Patent RUS №2422347/ 27.06.11. Byul. №18. Gaфарov NA, Rjabokon' AA, Savich OI, et al. *Method of underground disposal of drilling waste in permafrost formations*. Available from: patents.google.com/patent/RU2422347C1/ru. (In Russ).
11. Ushakov KV, Zinoviev NV, Tkachev VV, Romanov GR. In-situ injection of drilling waste into tectonically screened traps. *Earth sciences and subsurface use*. 2024;47(2):158–169. doi: [10.21285/2686-9993-2024-47-2-158-169](https://doi.org/10.21285/2686-9993-2024-47-2-158-169). (In Russ).
12. groteck.ru [Internet]. Groteck Business Media. *Технология обратной закачки отходов бурения проекта Сахалин-2* [cited 2025 Jun 22]. Available from: new.groteck.ru/images/catalog/32772/d859c3328796c9f4ad644d02c6c514c8.pdf. (In Russ).
13. sakhalinwatch.ru [Internet]. Sakhalin Environment Watch. Muddied Waters A Survey of Offshore Oilfield Drilling Wastes and Disposal Techniques to Reduce the Ecological Impact of Sea Dumping [cited 2025 Jun 22]. Available from: sakhalinwatch.ru/2000/05/01/doklad-burovyeh-othody-issledovanie-burovyh-rastvorov-ispolzuemyh-na-morskih-mestorozhdeniyah-nefti-i-tehnologii-ih-udaleniya-snizhajushhih-vozdeystvie-na-morskiju-sredu-sbrosov-v-more-dzhonatan-uills/. (In Russ).
14. Snakin VV, Vlasova IV, Konovalova OV, et al. Vnedreniye printsipa "nulevykh sbrosov" pri osvoyoanii shel'fovyykh mestorozhdeniy. *Research Bulletin by Russian Maritime Register of Shipping*. 2015;40/41:8–11. (In Russ).
15. Gaurina-Medimurec N, Pašić B, Mijić P, Medved I. Deep Underground Injection of Waste from Drilling Activities – An Overview. *Minerals*. 2020;10(4):303. doi: [10.3390/min10040303](https://doi.org/10.3390/min10040303).
16. Moiseenkov AV, Gaфарov TN, Oblekov RG, et al. Geomechanical aspects of drilling cuttings reinjection issue. *Geophysical research*. 2024;25(4):63–80. doi: [10.21455/gr2024.4-3](https://doi.org/10.21455/gr2024.4-3). (In Russ).
17. Veil JA, Dusseault MB. (Argonne National Laboratory). Evaluation of Slurry Injection Technology for Management of Drilling Wastes. Report. U.S. Department of Energy National Petroleum Technology Office; 2003 May. Contract No. W-31-109-Eng-38.

18. Nifontov YA. *Ratsional'noye ispol'zovaniye otkhodov obogashcheniya uglya I snizheniye ekologicheskoy napryazhenosti pri razrabotke mestorozhdeniy Severa Rossii*. Saint Petersburg: SPMI; 2000. 138 p. (In Russ).
19. Nifontov YA. The structure formation mechanism in wet coal fines briquetting with an active binder. *Obogashchenie Rud*. 2020;6:41–46. doi: [10.17580/or.2020.06.07](https://doi.org/10.17580/or.2020.06.07). (In Russ).
20. Zhang A, Li M, Lv P, et al. Disposal and Reuse of Drilling Solid Waste from a Massive Gas Field. *Procedia Environmental Sciences*. 2016;31:577–581. doi: [10.1016/j.proenv.2016.02.089](https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.02.089).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ**Алексеева Татьяна Николаевна**ORCID [0009-0005-4456-5913](https://orcid.org/0009-0005-4456-5913)e-mail: t05052002@yandex.ru.***Сабиров Болатхан Файзуллаевич**ORCID [0009-0006-2206-8542](https://orcid.org/0009-0006-2206-8542)e-mail: b.sabirov@kmge.kz.**Шагилбаев Адил Жолдасович**ORCID [0009-0009-3653-7882](https://orcid.org/0009-0009-3653-7882)e-mail: a.shagilbayev@kmge.kz.**Губашев Сарсенбай Абилович**ORCID [0009-0009-7261-9324](https://orcid.org/0009-0009-7261-9324)e-mail: s.gubashev@kmge.kz.**Исмаганбетова Гульмира Хамидуллаевна**ORCID [0009-0005-2293-6269](https://orcid.org/0009-0005-2293-6269)e-mail: g.ismaganbetova@kmge.kz.**AUTHORS' INFO****Tatyana N. Alexeyeva**ORCID [0009-0005-4456-5913](https://orcid.org/0009-0005-4456-5913)e-mail: t05052002@yandex.ru.***Bolatkhan F. Sabirov**ORCID [0009-0006-2206-8542](https://orcid.org/0009-0006-2206-8542)e-mail: b.sabirov@kmge.kz.**Adil Zh. Shagilbayev**ORCID [0009-0009-3653-7882](https://orcid.org/0009-0009-3653-7882)e-mail: a.shagilbayev@kmge.kz.**Sarsenbay A. Gubashev**ORCID [0009-0009-7261-9324](https://orcid.org/0009-0009-7261-9324)e-mail: s.gubashev@kmge.kz.**Gulmira Kh. Ismaganbetova**ORCID [0009-0005-2293-6269](https://orcid.org/0009-0005-2293-6269)e-mail: g.ismaganbetova@kmge.kz.

*Автор, ответственный за переписку / Corresponding Author