

Получена: 28.12.2023 Принята: 29.01.2024 Опубликовано online 29.02.2024
УДК 504.062.4:502.37
[DOI 10.53511/PHARMKAZ.2024.11.27.043](https://doi.org/10.53511/PHARMKAZ.2024.11.27.043)

А.А.Мамырбаев, К.К.Байтенов, А.Б.Кулбаева

НАО «Западно-Казакштанский медицинский университет имени Марата Оспанова» Актөбе, Казакштан

ТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА БУРОВОГО РАСТВОРА, БУРОВОГО ШЛАМА И КОМПОНЕНТОВ, ВХОДЯЩИХ В ИХ СОСТАВ

Резюме. В настоящем обзоре представлен анализ и обобщение литературных данных, касающихся токсичности и опасности широко используемых в нефтедобывающей промышленности буровых растворов, отработанного бурового раствора и бурового шлама. Токсиколого-гигиеническая оценка этих многокомпонентных смесей должна включать широкий спектр самых разнообразных методов биотестирования – микроорганизмы, гидробионты, высшие растения, млекопитающие, позволяющее дать более объективную оценку степени опасности и вредности указанных химических веществ. При этом класс опасности исходных буровых растворов и других отходов бурения во многом зависит и определяется не только многочисленными компонентами, входящими в их состав, но и физико-химическими характеристиками химических реагентов.

Как правило, буровые растворы на углеводородной основе и, соответственно, отработанный буровой раствор и буровой шлам обладают более высокой токсичностью и опасностью, нежели буровые растворы на водной основе. Включение в состав бурового раствора ингибиторов коррозии и гидратообразования, бихроматов калия, а также ряда химреагентов, содержащих тяжелые металлы и некоторые органические соединения сопровождается повышением опасности и токсичности этих многокомпонентных смесей. Отработанный буровой раствор и буровой шлам, химический состав которых зависит от горно-геологических условий пробуриваемых пород, обладает менее выраженными токсическими свойствами. Приведенные литературные данные доказывают тот факт, что буровой раствор и образующиеся при нефтедобыче отходы бурения представляют определенную опасность для окружающей среды и здоровья человека.

Ключевые слова: буровой раствор, буровой шлам, отходы бурения, токсичность, опасность, охрана окружающей среды, здоровье работающего контингента.

А.А.Мамырбаев, К.К.Байтенов, А.Б.Кулбаева

NJSC "Marat Ospanov West Kazakhstan Medical University"
Aktobe, Kazakhstan

TOXICOLOGICAL ASSESSMENT OF DRILLING FLUIDS, DRILLING CUTS AND COMPONENTS, INCLUDED IN THEIR COMPOSITION

Resume. This review presents an analysis and synthesis of literature data concerning the toxicity and hazards of drilling fluids, waste drilling fluid and drill cuttings widely used in the oil industry. The toxicological and hygienic assessment of these multicomponent mixtures should include a wide range of diverse biotesting methods - microorganisms, hydrobionts, higher plants, mammals, which allows for a more objective assessment of the degree of danger and harmfulness of these chemicals. At the same time, the hazard class of initial drilling fluids and other drilling wastes is largely dependent and is

А.А.Мамырбаев, Қ.Қ.Бәйтенов, А.Б.Құлбаева

«Марат Оспанов атындағы Батыс Қазақстан
медицина университеті» КЕАҚ, Ақтөбе, Қазақстан

БҰРҒЫРУ СҮЙІМДЕРІН, БҰРҒЫРУ ЖОЛДАРЫН ЖӘНЕ КОМПОНЕНТТЕРДІ ТОКСИКОЛОГИЯЛЫҚ БАҒАЛАУ, ОЛАРДЫҢ ҚҰРАМЫНА ЕНГІЗІЛГЕН

Түйін. Бұл шолуда мұнай өнеркәсібінде кеңінен қолданылатын бұрғылау ерітінділерінің, бұрғылау сұйықтығының және бұрғылау шламдарының уыттылығы мен қауіптілігіне қатысты әдебиет деректерінің талдауы мен синтезі берілген. Осы көпкомпонентті қоспалардың токсикологиялық және гигиеналық бағасы осы химиялық заттардың қауіптілік және зияндылық дәрежесін неғұрлым объективті бағалауға мүмкіндік беретін әртүрлі биотестілеу әдістерінің кең спектрін қамтуы керек - микроорганизмдер, гидробионттар, жоғары сатыдағы өсімдіктер, сүтқоректілер. Сонымен

determined not only by the numerous components included in their composition, but also by the physical and chemical characteristics of the chemical reagents.

As a rule, hydrocarbon-based drilling fluids and, accordingly, spent drilling fluid and drill cuttings are more toxic and dangerous than water-based drilling fluids. The inclusion of corrosion and hydrate formation inhibitors, potassium bichromates, as well as a number of chemicals containing heavy metals and some organic compounds in the drilling fluid is accompanied by an increase in the danger and toxicity of these multicomponent mixtures. Spent drilling fluid and drill cuttings, the chemical composition of which depends on the mining and geological conditions of the rocks being drilled, have less pronounced toxic properties. The presented literature data proves the fact that drilling fluid and drilling waste generated during oil production pose a certain danger to the environment and human health.

Key words: drilling fluid, drill cuttings, drilling waste, toxicity, danger, environmental protection, health of the working population.

қатар, бастапқы бұрғылау ерітінділерінің және басқа бұрғылау қалдықтарының қауіптілік класы айтарлықтай дәрежеде тәуелді және олардың құрамына кіретін көптеген компоненттермен ғана емес, сонымен қатар химиялық реагенттердің физикалық және химиялық сипаттамаларымен де анықталады.

Әдетте, көмірсутегі негізіндегі бұрғылау ерітінділері және сәйкесінше жұмсалған бұрғылау ерітіндісі және бұрғылау шламдары су негізіндегі бұрғылау ерітінділеріне қарағанда улы және қауіпті. Бұрғылау ерітіндісіне коррозия және гидрат түзілу тежегіштерін, калий бихроматтарын, сондай-ақ құрамында ауыр металдар мен кейбір органикалық қосылыстары бар бірқатар химиялық заттарды қосу осы көп компонентті қоспалардың қауіптілігі мен уыттылығының жоғарылауымен қатар жүреді. Химиялық құрамы бұрғыланатын тау жыныстарының тау-кен-геологиялық жағдайларына байланысты пайдаланылған бұрғылау ерітінділері мен бұрғылау кесінділерінің улы қасиеттері азырақ болады. Ұсынылған әдебиет деректері мұнай өндіру кезінде пайда болатын бұрғылау ерітіндісі мен бұрғылау қалдықтарының қоршаған орта мен адам денсаулығына белгілі бір қауіп төндіретінін дәлелдейді.

Түйінді сөздер: бұрғылау ерітіндісі, бұрғылау шламы, бұрғылау қалдықтары, уыттылық, қауіп, қоршаған ортаны қорғау, жұмыс істейтін халықтың денсаулығы.

Введение. В настоящее время в Западном Казахстане получило интенсивное развитие нефтегазодобывающее, нефтегазоперерабатывающее и нефтехимическое производство, где трудятся десятки тысяч рабочих. При освоении нефтяных месторождений, в процессе бурения скважин, используются самые разнообразные буровые растворы и образуется большое количество буровых отходов. Буровые растворы (БР) и буровой шлам (БШ), буровые сточные воды содержат в своем составе широкий спектр вредных для окружающей среды компонентов [1-3]. Вопрос о токсичности и опасности буровых растворов и буровых шламов до сих пор остается малоизученным и дискуссионным. В 70-80-е годы оценка качества химвеществ использовалась для бурения, их токсикологических свойств была достаточно проста, поскольку их выпускали в основном в СССР или закупали по госзаказу зарубежом. Естественно, бурение вели только отечественные предприятия. С переходом на рыночную экономику, вышеуказанная система организации нефтедобычи утратила своё существование [4]. В Казахстане значительные объемы бурения приходятся, как правило, на зарубежные компании, а большая часть химических реагентов и разнообразных материалов для буровых растворов завозится из дальнего зарубежья. Их токсикологические характеристики, степень опасности для окружающей среды и работающих в большинстве своем неизвестны и во многом засекречены производителями.

Из нормативных документов на данную продукцию

имеются лишь паспорта безопасности зарубежного образца (MSDS), в которых изредка приводятся лишь ПДК рабочей зоны. По сути дела, на всех этапах добычи и переработки нефти используется огромное количество химических реагентов и добавок. В формате данного обзора мы не имеем возможности останавливаться на реагентах для добычи нефти (их целый класс), а будет рассмотрен лишь краткий перечень реагентов для бурения, относящихся к теме настоящего обзора – это понизители водоотдачи буровых растворов на водной основе; ингибитор глин; сухая смазочная добавка; бактерицид многофункциональный; бентонит для бурения; диспергирующий реагент; гидрофобизирующая кремнеорганическая жидкость; регулятор фильтрационных и реологических свойств буровых растворов; ксантановый биополимер для бурения; стабилизатор структурно-механических свойств буровых растворов; понизитель фильтрации буровых растворов; пеногаситель; загуститель буровых растворов и инкапсулятор глин; смазывающая добавка для буровых растворов, барит и др. [5-7].

Как правило, буровые растворы имеют сложный, многокомпонентный состав. Указанные реагенты, буровой раствор и буровой шлам должны быть безопасны для здоровья человека и окружающей среды, иметь санитарно-эпидемиологическое и экспертное токсикологическое заключение, обосновывающее степень негативного воздействия на окружающую флору, фауну и здоровье работающего контингента. Имеющиеся отдельные публикации ученых ближнего и дальнего

зарубежья не охватывают всю полноту проблемы исследования в указанном направлении, зачастую носят поверхностный, описательный характер, отличающийся незаконченностью разработок.

Обобщение в данном обзоре основных результатов экотоксикологических и токсикологических исследований, касающихся бурового раствора, бурового шлама и некоторых компонентов, входящих в их состав, дают возможность исследователям получить необходимую информацию, которая даст возможность нефтяникам разработать необходимые мероприятия по безопасным условиям труда.

Материалы и методы. В настоящем обзоре представлены научные исследования на английском и русском языках, касающиеся токсичности и опасности бурового раствора, бурового шлама и отдельных компонентов, входящих в их состав. Для сбора и анализа необходимой информации использовались базы данных PubMed, e-library. Критериями включения являлись все оригинальные полнотекстовые публикации, описывающие особенности токсикологии бурового раствора, бурового шлама, отработанного бурового раствора, а также отдельных компонентов, входящих в их состав. Учитывая крайне незначительное количество научных публикаций по токсикологии и опасности бурового раствора, бурового шлама мы вынуждены были привести в литературном списке исследования за последние 20 лет. К критериям исключения относились аннотации, тезисы конференций, учебники и учебные пособия. Поиск публикаций в соответствующих базах данных был связан с использованием ряда ключевых слов: «toxicity, danger of drilling fluid and drill cuttings», «toxicity and danger of drilling waste and components included in the drilling fluid», «ихтиофауна», «токсичность и опасность бурового раствора, бурового шлама, химреагентов, входящих в их состав, а также их влияние на микроорганизмы, гидробионты, растения, теплокровных животных». В обзоре мы попытались отдельно структурировать токсичность и опасность бурового раствора и бурового шлама, отработанного бурового раствора, некоторых химических реагентов и веществ, входящих в состав бурового раствора. Результаты. По технологии бурения, при проходке скважин, используется целый ряд буровых растворов, которые различаются по составу, физико-химическим свойствам и экотоксикологическим показателям. Как правило, для бурения скважин применяются растворы на водной и углеводородной основах. Причем подавляющее большинство используемых при бурении растворов составляют растворы на водной основе и химически обработанные с добавками нефти. Инженеры-технологи, в зависимости от этапов бурения по глубине, проводят условное деление всех категорий буровых растворов на группы. Буровые растворы, используемые на первом этапе бурения, состоят в основном из глинисто-водяной смеси, иногда с некоторыми малоопасными добавками. По мере углубления

скважины применяются растворы с дополнительными добавками, призванными скорректировать свойства растворов в соответствии с плотностью и свойствами проходимых пород. Эти добавки (химреагенты) могут изменять класс опасности буровых растворов в сторону повышения токсичности. Однако каждая партия приготовленного бурового раствора неоднократно рециркулирует, разбавляется пластовыми водами, а компоненты бурового раствора диффундируют в пласты на глубине и смешиваются с выбуренной породой, что в конечном итоге может приводить к снижению токсичности бурового раствора, в то же время, отработанный буровой раствор зачастую имеет более низкие показатели токсичности, чем исходный буровой раствор [8].

Вышеприведенные данные указывают на то, что истинное значение степени опасности и токсичности буровых растворов возможно определить только экспериментальным методом, так как состав их меняется в зависимости от степени отработанности бурового раствора непостоянен. Токсикологическая оценка компонентов буровых растворов методами биотестирования [9] на таких тест-объектах, как светящиеся бактерии *Photobacterium fisher* и водоросль *Euglena gracilis*, показала, что токсичность применяемых буровых растворов определялась, прежде всего, степенью насыщенности их хлористым натрием, величиной pH и концентрацией реагентов на основе лигнина (последние являются остроотоксичными веществами). Острую токсичность имели лигнинсодержащие реагенты – щелочной шламлигнин и лингоцел, растворенные в соленосыщенной среде, но по мере снижения концентрации их токсичность резко падала. Присутствие таких полимеров, как полиакриламид (ПАА), карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ), гипан, некоторых водорастворимых солей, в том числе содержащихся в пластовых водах, с точки зрения токсичности имеет меньшее значение. Важны также сведения о том, что значения токсичности используемых соленасыщенных буровых растворов в условиях промышленной эксплуатации не являются постоянными: они максимальны для свежеприготовленных буровых растворов и снижаются затем во времени, в процессе его использования [9].

Результаты биотестирования буровых растворов и отходы на их основе, с использованием в качестве тест-культуры водорослей, подтверждают факт высокотоксичности многокомпонентных буровых растворов, особенно тех, которые содержат бихроматы калия и в больших концентрациях водорастворимые соли. В абсолютном большинстве проведенных экспериментов классы опасности различных растворов, определенные с использованием дафний и водорослей, совпадают или различаются не более чем на одну градацию классов опасности [10]. В глинистых солевых буровых растворах характер токсичности зависит в основном от концентрации воднорастворимых солей. При небольших концентрациях солей буровой раствор, отработанный

ный буровой раствор и буровой шлам принадлежит к V классу опасности (практически неопасные). С увеличением концентрации солей до 20% и выше, а также по мере усложнения состава раствора, токсичность исходного бурового раствора и отработанного бурового раствора возрастает, токсичность бурового шлама остается на уровне V класса опасности. Подобная закономерность сохраняется и для глинистых улучшенных буровых растворов. Растворы, включающие в себя глину бентонитовую, небольшие количества углещелочного реагента (УЩР), феррохромлигносульфоната (ФХЛС), как правило, не токсичны, не проявляется токсичность и в образующихся на их основе жидких и твердых отходах. Усложнение таких растворов введением в них, например, бихроматов калия даже в небольших количествах приводит к существенному увеличению токсичности. При этом токсичность отходов также увеличивается [10].

Глинистые ингибированные растворы с поликомпонентным составом, включающие хлористый кальций, известь, нефть, характеризуются достаточно высоким классом опасности (II класс опасности); отработанные буровые растворы и буровой шлам на основе этих растворов имеют III и IV класс опасности соответственно [10]. Глинистые утяжеленные буровые растворы, состоящие из глины, барита, мела, вследствие низкой способности к растворению утяжелителей, имеют V класс опасности. Неопасны также и отходы, образующиеся на их основе. Очень низкие показатели токсичности также у глинистых утяжеленных буровых растворов, в которых в качестве утяжелителя используются практически инертные к растворению вещества (например, железисто-титановая пыль (ИКИМСО-ТМ)).

Глинистые эмульсионные буровые растворы, в состав которых входят нефть, дизтопливо, реагент эмульсионный, обладают достаточно высокими показателями токсичности, которая передается, также жидким и твердым отходам, образующимся на их основе. Полимерсодержащие глинистые и безглинистые буровые растворы, включающие глинистую суспензию, полимеры и небольшое количество щелочи (до 0,3%), характеризуются невысокими показателями токсичности. Усложнение полимерных растворов путем введения в их состав водного раствора гидрофобизирующей кремнийорганической жидкости (ГКЖ) повышает степень токсичности [10]. Частицы микропластика полистирола, фталата влияют на морфологические и функциональные показатели *Daphnia magna* [11, 12]. Определение классов опасности исходных буровых растворов ряд исследователей произвели расчетным путем при известном их составе и известных свойств составляющих их компонентов [8]. В связи с тем, что для большинства компонентов в буровых растворах неизвестны предельно-допустимые концентрации (ПДК), определение класса опасности расчетным путем проводится на основании эколого-гигиенических

параметров компонентов отхода по методу, изложенному в приказе Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации [13]. Модель, используемая для расчета классов опасности, выстроена таким образом, что позволяет максимально полно использовать имеющееся в научной литературе физико-химические характеристики этих химических реагентов, а также их токсико-гигиенические показатели. Кроме того, структура модели, в случае необходимости, позволяет вводить новые показатели (или критерии опасности), что придает ей значительную гибкость и дает возможность пересмотра и уточнения класса опасности после получения дополнительных токсико-гигиенических и физико-химических данных.

Суть данной методики состоит в отнесении компонентов бурового раствора к классу опасности для окружающей природной среды [13]. Используя показатели степени опасности компонента бурового раствора (K_i), рассчитываемого как соотношение концентраций компонентов отхода (C_i) с коэффициентом его степени опасности (W_i) для окружающей природной среды, был рассчитан индекс опасности бурового раствора и его группировка по классам опасности. В I группу вошли буровые растворы, содержащие глину ПБМА, ПБМБ, ПБМВ; КМЦ, УЩР, нефть, сульфанол и гематит, которые были отнесены к IV и V классу опасности. Во II группу вошли буровые растворы, содержащие глину бентонитовую ПБМА, ПБМБ, ПБМВ; известь, соду, лигносульфонаты (ЛСТ), хроматы, нефть, сульфанол, гематит. Эти буровые растворы отнесены к IV и V классу опасности. В III группу вошли буровые растворы, содержащие глину бентонитовую ПБМА, ПБМБ, ПБМВ; известь, соду, лигносульфонаты (ЛСТ), хроматы, нефть, сульфанол, гематит; конденсированную сульфит-спиртовую барду (КССБ), а также ФХЛС. Указанные буровые растворы содержат значительную часть компонентов, для которых не установлены величины ПДК – это КМЦ, УЩР, сульфанол, нефть, КССБ, ФХЛС, сода, хроматы. Ряд авторов высказывают точку зрения о возможности наличия синергетических эффектов в полимер-глинистых буровых растворах [14]. Образующиеся в огромном количестве буровые отходы являются активными источниками загрязнения окружающей природной среды. С точки зрения агрессивности и длительности воздействия на окружающую среду твердая фаза буровых отходов является наиболее опасной. К ней относятся выбуренный шлам, обезвоженный остаток сточных вод и взвешенные вещества бурового раствора [15, 16]. Буровые шламы обладают отрицательными физико-химическими, физическими, химическими свойствами [17-19]. При этом высокое содержание солей, повышенная щелочность, заплываемость, низкая аэрация, слабая фильтрационная способность могут определять особенности токсичности и опасности БШ. Попадающие из забойного пространства в буровой раствор (в последующем буровые отходы) нефтепродукты способны определять

основные токсикологические свойства бурового шлама [20-23]. С точки зрения агрессивности и длительности воздействия на окружающую среду твердая фаза – наиболее опасная часть буровых отходов.

При оценке БШ биологическими методами обычно тестируют водную вытяжку (элюатный метод), а в качестве тест-организмов используют различные гидробионты. Учитывая тот факт, что ни один вид не является универсальным индикатором, адекватно оценивающим токсичность БШ, представляется необходимым проводить биотестирование с использованием нескольких тест-организмов разного уровня организации – гидробионты, высшие растения, микроорганизмы, млекопитающие [24, 25]. Следует отметить, что адекватность оценки многокомпонентных плотных субстратов БШ, кроме элюатных методов, требует необходимости использования субстратного биотестирования, обеспечивающего непосредственный контакт тест-организма с исследуемым образцом, которое позволяет установить уровень воздействия загрязняющих веществ, содержащихся в твердой фазе БШ.

Объектами изучения служили 9 средневзвешенных проб буровых шламов. Для определения класса опасности БШ были проведены комплексные химико-аналитические и экспериментальные биологические исследования. Был составлен и апробирован комплекс тест-организмов, состоящий из микроорганизмов, высших растений (овес, пшеница мягкая), представителей гидробионтов (дафнии, аквариумные рыбки), а также млекопитающих (крысы). Оценка буровых шламов проводилась в соответствии с нормативными документами: СП2.1.7.1386-03, утвержденными главным государственным санитарным врачом РФ [26], а также «Критериями отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды» [13]. Проведенными исследованиями установлено, что 8 из 9 буровых шламов ни по своему химическому составу, ни по уровню токсичности не представляют реальной угрозы для окружающей среды, что позволяет отнести их к IV и V классам опасности.

Представляет интерес проведение исследований элементного химического состава БШ и их сравнение с разработанными и утвержденными значениями ПДК и ОДК валовых форм тяжелых металлов [27]. Определение подвижных тяжелых металлов в пробах шламов с повышенным содержанием валовых количеств не выявило превышение нормативных значений. Содержание подвижных форм меди изменялось от 1,9 мг/кг до 3,1 мг/кг; подвижного цинка от 12,0 мг/кг до 22 мг/кг; подвижного никеля от 1,1 мг/кг до 4,1 мг/кг; содержание подвижного кобальта составило 3 мг/кг. Нормативные значения подвижных форм меди, цинка, никеля и кобальта составляет соответственно 3,0; 23,0; 4,0; 5,0 мг/кг. Несмотря на незначительное превышение валового содержания ряда тяжелых металлов в пробах БШ, они находились в труднорастворимой (недоступной) форме, и, в таком виде, не обла-

дали токсичностью для живых организмов.

В другой серии работ было показано, что содержание тяжелых металлов в БШ зависит от свойств выбуренной горной породы и компонентов, входящих в состав БР. Тяжелые металлы, в образцах буровых шламов, находятся в труднорастворимой форме, поэтому не обладают токсичностью для гидробионтов. Максимальное содержание наблюдалось по марганцу и составило 619 мг/кг [28, 29]. Тестируемая водная вытяжка из техногенного грунта не оказывает острое токсическое действие на тест-объекты (ветвистоусые ракообразные *Daphnia magna* Straus и одноклеточную зеленую водоросль *Chlorella vulgaris* Beijer). Внесение торфа, доломитовой муки и песка способствовало снижению концентрации водорастворимых солей и нефтепродуктов в буровом шламе, что влияло на кратность разбавления до ликвидации токсического действия на тест-объекты. В другой серии исследований доказано техногенное загрязнение окружающей природной среды тяжелыми металлами и углеводородами, оказывающими токсическое влияние на растительное сообщество и здоровье населения [30].

Интересные данные были получены некоторыми исследователями [31], в работах которых токсичность выбуренной породы была обусловлена прежде всего неорганическими соединениями, входящими в состав разбуриваемых пластов. Было показано наличие в исследуемых образцах бурового шлама высокого содержания элементов I и II классов опасности, таких как свинец, кадмий, мышьяк, цинк, хром и марганец, а концентрации данных элементов во много раз превышали допустимые количества в почве. Их присутствие в буровом шламе обусловлено поступлением из выбуренной породы, что подтверждалось химическими анализами водного и кислотного экстрактов. В водном экстракте установлено превышение ПДК по хрому в 71 раз, марганца в 33, кобальта в 3, магния в 11, меди в 14, свинца в 22 раза. В кислотном экстракте превышение гигиенических нормативов составляло по меди в 72 раза, мышьяку в 53 раза, свинца в 83 раза, кобальта в 26 раз. Оценка фитотоксического действия в выбуренной породе проводилась экспресс-методом при проращивании семян овса с использованием водного, кислотного и буферного экстрактов. Установлено, что степень опасности выбуренной породы, по показателям фитотоксичности, соответствовала следующим уровням класса опасности: водный экстракт – V, буферный экстракт – III, кислотный экстракт – II классы опасности.

Тяжелые металлы, образующиеся в почве при добыче углеводородного сырья вызывают изменения в соотношении резистентных и чувствительных видов грибов, механизмы взаимодействия между которыми недостаточно изучены. Устойчивость грибов оценивали по накоплению биомассы, диаметру колоний и интенсивности спороношения. Антагонистическую активность грибов оценивали методом встречных культур. Рассчи-

танные эффективные концентрации меди и свинца и индексы толерантности грибов, позволили заключить, что и *A.alternata*, и *T.viride* являются высоко устойчивыми к Cu и Pb. Обнаружены видовые различия в тест-реакциях: развитие колоний *A.alternata* подавляется в большей степени, чем *T.viride*, однако стимуляция спороношения под воздействием ТМ у альтернэрии выражена сильнее по сравнению с быстрорастущей триходермой. Исследуемый штамм *T.viride* оказался конкурентоспособным по отношению к фитопатогенному грибу *A.alternata* как в среде без ТМ, так и в их присутствии. Полученные данные могут быть полезны для прогноза фитопатогенной активности микромицетов на фоне химического загрязнения и динамики накопления того или иного вида грибов в неблагоприятных экологических условиях [32-34].

Несколько иная динамика, сопряженная с более высокой токсичностью на тест-объекты, выявлена в исследованиях по токсиколого-гигиенической оценке БШ на углеводородной основе [35]. При изучении отработанного бурового раствора обнаружено, что содержание нефтепродуктов составляет 9 000 мг/кг. По результатам испытаний выявлено, что отходы бурения оказывают острое токсическое воздействие на окружающую среду, что показано на тест-объектах *Daphnia magna* Straus и *Chlorella vulgaris* Beijer. В другой серии экспериментов было также доказано, что одним из основных компонентов, обуславливающих токсичность буровых шламов, является нефть и ее фракция [36], поэтому определение общего содержания нефтепродуктов при эколого-токсикологической оценке буровых шламов является обязательным при их медико-экологическом анализе. Установлено, что содержание нефтепродуктов в исследуемых пробах БШ составило 4277 мг/кг.

Буровые растворы на углеводородной основе, и, соответственно, отработанный буровой раствор и буровой шлам, обладают более высокой токсичностью и опасностью, нежели буровые растворы на водной основе. Как известно фракционный состав нефти и нефтепродуктов отличается высоким содержанием ароматических углеводородов, полициклических ароматических углеводородов. В нефти распространены и гетероциклические аналоги полициклических ароматических углеводородов, что вызывает синергетический эффект [37]. В многочисленных исследованиях убедительно доказано неблагоприятное токсическое действие нефти и ее компонентов на ихтиофауну и ихтиофлору, экспериментальных животных и человека [5, 38]. Причем для этих веществ характерно местное, кожно-раздражающее, кожно-резорбтивное и ингаляционное воздействие.

В условиях сочетанного воздействия производственных и непроизводственных факторов у работников нефтедобывающих предприятий формируется коморбидная патология при стаже работы до 10 лет. В ходе развития коморбидной патологии формируются как вну-

трисистемные, так и межсистемные нарушения, что существенно ухудшает трудовой прогноз [39]. Техногенное воздействие при производстве нефти, других углеводородов и продуктов их переработки может оказывать кожно-раздражающее действие и приводить к заболеваниям сальных желёз. Комедогенные факторы запускают общие звенья патогенеза вульгарных и масляных угрей, которыми являются воспаление, увеличение продукции кожного сала, избыточный фолликулярный гиперкератоз [40].

Свойства образующегося бурового шлама обусловлены не только минералогическим составом выбуренной породы, пластовых флюидов, но и остатками бурового раствора. Химические реагенты адсорбирующиеся на поверхности частиц шлама, используемые для обработки буровых растворов, зачастую проявляют ярко выраженные загрязняющие свойства. Негативное влияние отходов бурения на природные объекты необязательно может обуславливаться токсическим эффектом на биосферу, но и способна приводить к нарушению экологического равновесия биотопов различных трофических уровней при их взаимодействии с абиотической средой, носящей механизм функциональных повреждений экосистемы [41, 42].

Химические реагенты и добавки, используемые для добычи нефти и непосредственно при бурении скважин, достаточно разнообразны по физико-химическим свойствам, токсичности и опасности. Учитывая жесткость требований к подготавливаемым научным статьям, будь то обзорная или оригинальная статья, а также их объему, мы вынуждены остановиться лишь на некоторых широко используемых химреагентах. В указанном аспекте первоочередной интерес представляет деэмульгаторы – специализированные реагенты, необходимые для устойчивого разрушения эмульсий, сформированные водой и нефтью, которые делятся на 2 группы – ионогенные и неионогенные. В деэмульгаторе содержится 50-80% основного вещества и 20-50% растворителя. В качестве растворителя используются различные спирты, ароматические и алкилароматические углеводороды, а также их смеси. Деэмульгаторы нефти вызывают гибель большинства рыб и беспозвоночных в концентрациях 0,5-1 мг/л; для дафний губительны концентрации выше 0,1 мг/л [43]. Деэмульгаторы очень токсичны при вдыхании их паров, попадании вовнутрь и при контакте с кожным покровом. Наиболее токсичным являются деэмульгаторы, составным компонентом которого является метанол – сильный яд, действующий на нервную и сосудистую системы [44-46].

В указанном аспекте определенный интерес представляет натрия лаурилсульфат – наиболее распространенное поверхностно активное вещество, широко используемое в нефтедобыче и нефтехимии. Натрия лаурилсульфат относится к умеренно опасным веществам при введении в желудок (DL50 для белых мышей и крыс находится в диапазоне 2086-2700 мг/

кг), оказывает выраженное местное раздражающее действие на кожу и слизистые оболочки глаз, обладает кожно-резорбтивным, сенсибилизирующим и выраженным кумулятивным действием. Порог острого ингаляционного действия установлен на уровне 15,3 мг/м³ по изменению показателей функции нервной системы и раздражающему действию на слизистые оболочки верхних дыхательных путей (увеличение общего количества клеток в смывах из носоглотки). Рекомендован к утверждению ОБУВ натрия лаурилсульфата в воздухе рабочей зоны – 0,2+ мг/м³ (аэрозоль) [47]. Доказано также, что диэтилдисульфид относится к веществам, представляющим умеренную опасность при однократном внутрижелудочном, ингаляционном и нажном путях поступления в организм, обладает умеренной способностью к кумуляции. На основании анализа литературных данных, результатов экспериментальных исследований и математического прогнозирования в качестве ориентировочного безопасного уровня воздействия в воздухе рабочей зоны рекомендовано значение 4,0 мг/м³, в атмосферном воздухе городских и сельских поселений — 0,04 мг/м³ [48]. В ряде работ обобщены литературные данные о действии детергентов на рост, физиологические, биохимические показатели одноклеточных водорослей, растения и гидробионты, рыб, а также их воздействие на экспериментальных животных [50-53]. Имеются также работы, указывающие на токсическое действие детергентов на человека, при их поступлении внутрь и нажно. Наибольшая опасность детергентов для работающего контингента заключается в том, что они обладают сенсибилизирующими свойствами и могут вызывать аллергические заболевания.

Действие детергентов и поверхностно-активных веществ на рост, физиологические и биохимические показатели одноклеточных водорослей широко представлены в статье, в которой обобщены литературные данные об их влиянии на микроводоросли (*Chlorophyta*, *Euglenophyta*, *Cyanophyta*, *Dinophyta*, *Bacillariophyta*, *Cryptophyta*). При этом, основываясь на чувствительности тех или иных тест-систем к загрязняющим агентам, исследуемые виды водорослей были расположены в следующей порядке: зеленые и эвгленовые < синезеленые < диатомовые < динофитовые < криптофитовые [50]. Знание о действии этих химреагентов на водоросли приобретают особое значение при прогнозной оценке изменений в экосистемах в условиях антропогенного загрязнения.

Помимо деэмульгаторов, в поликомпонентных смесях (БР, БШ), очень широко используются самые разнообразные ингибиторы коррозии, ингибиторы солеотложения, ингибиторы гидратообразования, депрессорные присадки, полиакриламиды, полимеры, водный раствор ацетата хрома, ингибиторы глин, полиакрилат натрия и калия, ксантиновый биополимер и др. Акриламид, в нефтедобывающей промышленности, как компонент БР и БШ, оказывает токсическое дей-

ствие на нервную, репродуктивную и другие системы организма, обладает канцерогенными и генотоксичными свойствами. В результате проведенных исследований установлено, что воздействие акриламида в дозе 20 мг/кг массы тела в течение 28 дней вызывает незначительные морфологические изменения в структуре печени экспериментальных крыс: обнаруживались фокальные клеточные инфильтраты в центроlobулярных зонах [54].

Клиническими признаками отравления у животных, при воздействии ингибиторов коррозии, могут быть слабость, угнетенное состояние, дрожь, судороги, рвота, диарея, слюнотечение. На практике наблюдается учащение или снижение сердцебиения, сужение или расширение зрачков, угнетенное или возбужденное состояние, поверхностное дыхание и др. Тяжесть состояния зависит от возраста животного. Ингибиторы гидратообразования, подразделяющиеся на 3 класса, в своем составе содержат алифатические спирты, гликоли, метанол. Токсическое действие этого класса химреагентов определяется прежде всего опасностью метанола [54-58].

Проведена оценка токсичности ингибиторов коррозии «Азол 5030», «Азол 5031» и деэмульгатора «Азол 6001» для гидробионтов: фитопланктонных организмов – *Scenedesmus quadricauda* (Turp) Breb; зоопланктонных организмов – *Daphnia magna* Straus и рыб, односуточных мальков – *Poecilia reticulata* Peters. Для оценки токсического эффекта на тест-объекты использовали показатели медианных летальных концентраций (ЭК50 и ЛК50), характеризующие изменение параметров жизнедеятельности фитопланктонных организмов (изменение численности клеток, изменение флуоресценции хлорофилла клеток и др.) на 50% за определенное время (ЭК50/72 ч) и изменение выживаемости (гибель) зоопланктонных организмов и рыб на 50% за определенное время (ЛК50/96 ч). По результатам оценки токсичности установлено, что ингибитор коррозии «Азол 5030» характеризуется как малотоксичный (2-я группа); ингибитор коррозии «Азол 5031» - среднетоксичный (3-я группа) и деэмульгатор «Азол 6001» - очень слаботоксичный (1-я группа) [59]. Была проведена оценка токсичности BARAKOR 100 для стандартных тест-объектов: фитопланктонных организмов *Phaeodactylum tricorutum* Bohin; зоопланктонных организмов – *Artemia salina* и рыб, односуточных организмов (мальков) – *Poecilia reticulata* Peters. Для оценки токсического эффекта BARAKOR для гидробионтов использовали показатели медианных летальных концентраций (ЛК50), характеризующие изменение выживаемости (гибель) организмов на 50% за определенное время 24, 48 и 96 часов (ЛК50/24; 48; 96 ч). По результатам оценки токсичности препарата установлено: препарат BARAKOR 100 относится к очень слаботоксичным веществам [60]. В аналогичных условиях опыта, с использованием тех же тест-систем, исследована токсичность препарата BARAKLEAN GOLD,

в которых установлено, что данный химреагент относится к среднетоксичным веществам [61].

Исследована токсичность разжижителей буровых шламов «Литопласт М» тип 3 и «Литопласт М» тип 5, проведенная на стандартных тест-объектах: рыбах - односуточных мальков гуппи (*Poecilia reticulata* Peters) и сеголетков карпа (*Cyprinus carpio* L.). Для оценки токсического эффекта для рыб использовали показатели медианных летальных концентраций (ЛК50), характеризующие изменение выживаемости (гибель) рыб на 50% за определенное время – 96 часов (ЛК50/96 ч). По результатам оценки токсичности препаратов установлено, что разжижители буровых шламов «Литопласт М» тип 3 и «Литопласт М» тип 5 относятся к малотоксичным веществам [62].

Для приготовления бурового раствора достаточно широко используются также синтетические водорастворимые полимеры. Гидролизированный полиакрилонитрил с различной степенью гидролиза (гипан), при внутрижелудочном введении (DL50=5000 мг/кг, крысы-самцы), на кожном воздействии (DL50>2500 мг/кг, кролики) может быть отнесен к малоопасным веществам, IV класс опасности [63-65]. Данный препарат обладает достаточно выраженным кожно-раздражающим и кожно-резорбтивным действием. Результаты острого опыта показали, что полиакрилат (поликарбоксилат) натрия является малоопасным соединением: пороговая концентрация по общесанитарному признаку вредности больше 10 мг/л и относится к IV классу токсичности по смертельным эффектам (DL50>8250 мг/кг) [65]. Разработка новых и совершенствование существующих технологий по восстановлению нефтезагрязнённых земель, обезвреживание и утилизация нефтебуровых отходов – важные меры по решению экологических проблем. Биотестирование успешно применяется для определения опасности загрязнения объектов окружающей среды нефтью и отходами нефтяной промышленности. Определение степени обезвреживания загрязнённых объектов заключается в поэтапном переводе уровня опасности из более высокого класса в более низкий. Биотестирование, в данном случае, остаётся обязательным методом определе-

ния суммарной токсичности [66-68].

В ходе пробоподготовки образца для биотестирования целесообразно рассмотреть возможность увеличения биодоступности углеводородных компонентов. Основными методами, которые могут входить в сокращённую схему определения эффективности рекультивации нефтезагрязнённых объектов, можно считать метод биотестирования с использованием гидробионтов в элюате (водная вытяжка) и фитотестирование, выполненное с применением контактного и элюатного подходов. Использование других тест-систем, входящих в расширенную схему, должно быть разработано с учётом конкретного случая, учитывая специфику токсичности и опасности компонентов БР и БШ, загрязняющих экосистемы и почвенно-климатических условий. Стратегия развития биотестирования теснейшим образом связана с решением вопросов по оценке реальной опасности нефтяных загрязнений и обезвреживанию нефтебуровых отходов [66, 67].

Заключение. Представленные в настоящем обзоре литературные данные указывают на то обстоятельство, что буровые растворы, отработанные буровые растворы, буровой шлам обладают определенной токсичностью и опасностью, которая во многом зависит от их химического состава. Зачастую токсический эффект исследуемых многокомпонентных смесей обусловлен совместным действием химических реагентов, входящих в их состав. Более высокой токсичностью обладают буровые растворы и буровой шлам, в которых использовались нефтепродукты. Учитывая крайне разнообразный состав бурового раствора и бурового шлама необходимо принимать во внимание то обстоятельство, что отдельные компоненты, входящие в их состав, могут отличаться высокой токсичностью и опасностью. Поэтому исследования целесообразно проводить в полном объеме, включая их влияние ихтиофауну, млекопитающих и человека. Представленная информация будет весьма полезна при прогнозировании медико-экологических ситуаций в районах нефтедобычи и организации комплексных мероприятий по охране здоровья работающего контингента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- 1 Baloyan B.M., Chudnova T.A., Shapovalov D.A. Environmental justification of the use of drill cuttings in the soil. *International agricultural journal* №1/2019. P.50-55. DOI: 10.24411/2588-0209-2019-10044.
- 2 Dzhanzakov I.I., Medetov Sh.M., Imangalieva G.E., Bashirov V.D., Sagitov R.F. Analysis of the environmental status and measures for safety and environmental protection in oil and gas producing areas. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 560 (2019) 012089. doi:10.1088/1757-899X/560/1/012089.
- 3 Abo Taleb T. Al-Hameedi, Husam H. Alkinani, Mohammed M. Alkhamis, Shari Dunn-Norman. Utilizing a new eco-friendly drilling mud additive generated from wastes to minimize the use of the conventional chemical additives. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology* (2020) 10:3467–3481. <https://doi.org/10.1007/s13202-020-00974-6>.
- 4 Samutin N.M., Vorob'ev V.O., Butorina N.N. Vliyanie neftegazovoj promyshlennosti na jekologicheskiju bezopasnost' i zdorov'e naselenija v HMAO-JuGRE. *Gigijena i sanitarija*. 2013. № 5. S.34-36.
- 5 Mamyrbaev A.A. Vrednye himicheskie veshhestva na predpriyatijah po dobyche i pererabotke uglevodorodnogo syr'ja. *Spravochnik*. Aktobe. 2021. 351 s.
- 6 Jaber Al Jaber, Badr Bageri, Salaheldin Elkhatatny, Shirish Patil. Primary Investigation of Barite-Weighted Water-Based Drilling Fluid Properties. *ACS Omega* 2023, 8, 2155–2163. <https://doi.org/10.1021/acsomega.2c06264>.
- 7 Negi G.S., Sircar Anirbid, Sivakumar P. Applications of silica and titanium dioxide nanoparticles in enhanced oil recovery: Promises and challenges. *Petroleum Research* 6 (2021) 224-246. <https://doi.org/10.1016/j.ptlrs.2021.03.001>.
- 8 Gadzhiev A.A., Mungiev A.A., Alieva Z.M., Mungieva M.A. Opredelenie klassov opasnosti burovyh othodov, obrazujushihhsja pri razvedke i jekspluatácii neftegazovyh mestorozhdenij v bassejne Kaspijskogo morja raschetnym putem. *Methods of ecological researches. The South of Russia: ecology, development.*

№ 4. 2007. S.40-43.

9 Saksonov M.N., Balajan A.Je., Barhatova O.A. Toksikologičeskaja ocenka komponentov burovych rastvorov metodami biotestirovanija. Vestnik Burjatskogo gosudarstvennogo universiteta. 2008. № 4. S.80-84.

10 Prokopenko P.A., Tenišheva V.E. Opredelenie toksichnosti i klassa opasnosti burovych rastvorov i othodov burenija jeksperimental'nym metodom. Materialy XI regional'noj nauchno-tehnicheskoy konferencii «VUZovskaja nauka – Severo-Kavkazskomu regionu». Tom 1. Estestvennye i tochnye nauki. Tehnicheskie i prikladnye nauki. Stavropol': SevKavGTU, 2007. S.278-280.

11 Nikitin O.V., Nasyrova Je.I., Kuz'min R.S., Minnegulova L.M., Latypova V.Z., Ashihmina T.Ja. Vlijanie chastic mikroplastika polistirola na morfologičeskije i funkcional'nye pokazateli Daphnia magna. Teoreticheskaja i prikladnaja jekologija. 2022. № 4. S. 96-203. doi: 10.25750/1995-4301-2022-4-196-203.

12 Shkaeva I.E., Solnceva S.A., Nikulina O.S., Nikolaev A.I., Dulov S.A., Zemljanoj A.V. TOKSICHNOST' I OPASNOST' FTALATOV. Toksikologičeskij vestnik. 2019. № 6 (159). S.3-9.

13 Prikaz MPR i Je RF ot 15.06.2001, № 511 «Kriterii otnesenija opasnyh othodov k klassu opasnosti dlja okruzhajushhej prirodnoj sredy».

14 Lushpekaeva O.A., Koshelev V.N., Vahrushev L.P., Belenko E.V. O prirode sinergeticheskikh jeffektov v polimer-glinistyh burovych rastvorah. Neftjanoe hozjajstvo. 2001. № 4. S.22-24.

15 Semenov V.V. Jekologičeskaja identifikacija istochnikov zagraznenija nefljanymi uglevodorodami. M. Nedra. 2005. S.57-61.

16 Klimova A.A., Jazikov E.G., Shajhiev I.R. Mineralogo-geohimicheskaja specifikaja burovych shlamov nefljanym mestorozhdenij na primere ob#ektov Tomskoj oblasti. Izvestija Tomskogo politehnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov. 2020. T. 331. № 2. 102–114.

17 Skipin L.N., Skipin D.L., Petuhova V.S., Kustysheva I.N. Jekektivnost' vlijanija koagulantov na fiziko-himicheskije svojstva burovych shlamov. Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta. 2015. № 4-3 (64). S.88-92.

18 Mikos-Szymańska M., Rusek P., Borowik K., Rolewicz M., Bogusz P. Characterization of drilling waste from shale gas exploration in Central and Eastern Poland / Environmental Science and Pollution Research. – 2018. – V. 25. – Iss. 36. – P. 35990–36001.

19 Kujawska J., Cel W. Mobility of metals from drill cuttings // International Journal of Waste Resources. – 2017. – V. 7. – P. 1–3.

20 Ishakova D.R., Alakaeva R.A., Gabdulvaleeva Je.F., Shajhislamova Je.Je. Neft' i zdorov'e: sbornik nauchnyh trudov Vserossijskoj nauchno-praktičeskoj konferencii, posvjashhennoj 75-letiju bashkirskoj nefti. Pod redakcij G.G.Onishhenko. Ufa. 2007. S.271-273.

21 Chatrabegon O., Mehregan N., Daneshkhah A., Ahmadi A. Reviews of Dutch Disease and the Effects of Oil Shocks on the Economy of Iran // Collected papers of the First International Conference on Econometrics (ICEKU2012), Iran, 2012. C. 46-59.

22 Zhang D., Broadstock D.C., Cao H. International Oil Shocks and Household Consumption in China // Energy Policy. 2014, no. 75, p. 146-156.

23 Valeev T.K., Sulejmanov R.A., Rahmanin Ju.A., Malysheva A.G., Rahmatullina L.R. Metodicheskie podhody k gigeničeskoj ocenke ob#ektov okruzhajushhej sredy i obosnovaniju profilaktičeskikh meroprijatij na territorijah razmeshhenija predpriyatij neftehimii i neftepererabotki. Gigijena i sanitarija. 2019;98(9):923-929. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2019-98-9-923-929>

24 Selivanovskaja S.Ju., Gumerova R.H., Stepanova N.Ju., Galickaja P.Ju. Jekologičeskaja toksichnost' othodov nefte dobyvajushhego kompleksa. Toksikologičeskij vestnik. 2012. 6. S.49-53.

25 Saksonov M.N., Balajan A.Je., Barhatova O.A. Opredelenie klassa opasnosti othodov metodami biotestirovanija. V kn.: Materialy Vserossijskoj nauchno-praktičeskoj konferencii: «Strategičeskie napravlenija ustojchivogo razvitiya bajkalskogo regiona». Irkutsk. 20-22 aprelya 2010. 3. S. 229-233.

26 SP2.1.7.1386-03 Sanitarnye pravila po opredeleniju klassa opasnosti toksichnyh othodov proizvodstva i potreblenija. MZ RF.

27 Kapel'kina L.P., Chugunova M.V., Bardina T.V., Malyschkina L.A., Gerasimov A.O. Ocenka toksichnosti burovych shlamov. Toksikologičeskij vestnik. 2013. № 6 (123). S.46-51.

28 Tarasova S.S., Gaevaja E.V. Issledovanija toksichnosti burovych shlamov i vozmožnosti ih utilizacii. Problemy regional'noj jekologii. 2021. № 3. S.75-79. DOI: 10.24412/1728-323X-2021-3-75-79.

29 Babken M.B., Chudnova T.A., Shapovalov D.A. Environmental justification of the use of drill cuttings in the soil // International agricultural journal. – 2019. – № 1. – P. 50–55.

30 Merinov A.V., Alekseenko A.N., Shayakhmetov S.F., Zhurba O.M. Assessment of the content of heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons in the soil of the city of Svirsk, Irkutsk region. Hygiene and Sanitation. 2022;101(9):1018-1022. (In Russ.) <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-9-1018-1022>

31 Haustov A.P. Ohrana okruzhajushhej sredy pri dobyche nefti / A. P. Haustov, M. M. Redina; Akad. nar. hoz-va pri Pravitel'stve Ros. Federacii. - Moskva: Delo, 2006. - 551 s.

32 Plijsnina T.Ju., Chervicov R.N., Hrushhev S.S., Kiseleva D.G., Drozdenko T.V., Tihomirova E.I., Riznichenko G.Ju., Antal T.K. Vyjavlenie toksičeskogo vozdejstvija tjazhjolym metallov na fitoplankton s pomoshh'ju analiza indukcionnyh krivyh fluorescencii hlorofilla metodami mashinnogo obuchenija. Teoreticheskaja i prikladnaja jekologija. 2023. № 2. S.126-134. doi: 10.25750/1995-4301-2023-2-126-134.

33 Fedoseeva E.V., Kirjushina A.P., Stom D.I., Terehova V.A. Ustojchivost' pochvennyh mikromicetov Trichoderma viride i Alternaria alternata k tjazhjolym metallam Cu i Pb. Teoreticheskaja i prikladnaja jekologija. 2022. № 3. S.118-127. doi: 10.25750/1995-4301-2022-3-118-127.

34 Hrushhev S.S., Drozdenko T.V., Plijsnina T.Ju., Timofeev I.B., Todorenko D.A., Tihomirova E.I., Antal T.K. Vyjavlenie toksičeskogo vozdejstvija tjazhjolym metallov na fitoplankton s pomoshh'ju nejrosetovogo analiza indukcionnyh krivyh fluorescencii hlorofilla. Teoreticheskaja i prikladnaja jekologija. 2021. № 2. S.134-141. doi: 10.25750/1995-4301-2021-2-134-141.

35 Tarasova S.S., Gaevaja E.V. Jekologičeskoe vozdejstvie burovych shlamov na uglevodorodnoj osnove i sposoby ih utilizacii. Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. 2019. № 3 (73). S.48-55.

36 Krysa V.V., Malyschkina M.N. Metodika opredelenija klassa opasnosti solenyh burovych shlamov. Zapiski gornogo instituta. 2013. T.203. S.50-54.

37 Majstrenko V.N., Kijuev N.A. Jekologo-analitičeskij monitoring stojkih organičeskikh zagraznitelej. M.: BINOM. Laboratorija znanij, 2004. 323 s.

38 Wiczeorec D. Phytotests as tools for monitoring the bioremediation process of soil contaminated with diesel oil. / D.Wiczeorec, O.Marchut-Mikolajczyk, S.Bielecki // Biotechnol. Lett. 2012. Vol.93. N.4. P.431-439.

39 Ustinova O.Y., Zaitseva N.V., Kostarev V.G., Vlasova E.M., Vorobyova A.A., Nosov A.E. Analysis of comorbid pathology in oil producers. Hygiene and Sanitation. 2021;100(5):464-470. (In Russ.) <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-5-464-470>.

40 Karpova O.A., Filimonov S.N., Semenikhin V.A. Industrial ecology and skin diseases. Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology. 2022;62(11):781-784. (In Russ.) <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-11-781-784>.

41 Jagafarova G.G., Barahinna V.B. Utilizacija jekologičeskij opasnyh burovych othodov. Neftegazovoe delo. 2006. S.1-17.

42 Authigenic and detrital minerals in peat environment of Vasyugan swamp, Western Siberia / M. Rudmin, A. Ruban, O. Savichev, A. Mazurov, A. Dauletova, O. Savinova // Minerals. – 2018. – № 8. – 13 p.

43 Gamal M. E., Mohamed A.-M.O., Zekri A.Y. Effect of asphaltene, carbonate, and clay mineral contents on water cut determination in water – oil emulsions // J. Petrol. Sci. Eng. 2005. P. 109–224.

44 Peclclova D et. al. Methanol outbreak in the Czech Republic in 2012[^] epidemiology and clinical features. Clin Tox. 2013; 51(4): 252-253.

45 The Methanol Poisoning Out-breaks in Libya 2013 and Kenya 2014. PLoS ONE. 2016. 11 (3):e0152676.

46 Sarmanaeв S.H., Ivanov V.B., Ahmetov I.R. Toksicheskoe dejstvie metilovogo spirta: jekstrennaja medicinskaja pomoshh'. Vestnik kliničeskoj bol'nicy. 2017. № 51. S.24-29.

47 Bidevkina M. V., Golubeva M. I., Limancev A. V., Razumnaja I. N., Potapova T. N., Fedorova Je. A. Izuchenie toksichnosti i opasnosti natrija laurilsul'fata pri razlichnyh putjah vozdejstvija. Toksikologičeskij vestnik. 2020. № 4 (163). S.56-59. <https://doi.org/10.36946/0869-7922-2020-4-56-59/>

48 Kucherskoj S.A., Ailkaeva L.A., Karmanov E.Ju., Ermakova I.B., Os'kina D.G., Radilov A.S. Jeksperimental'noe obosnovanie orientirovanno bezopasnogo urovnja dijetilidisu'fida v vozduhe rabochej zony i atmosfernom vozduhe naseljennyh mest. Toksikologičeskij vestnik. 2022;30(3):177-181. <https://doi.org/10.47470/0869-7922-2022-30-3-177-181>.

49 Markina Zh.V. Dejstvie detergentov i poverhnostno-aktivnyh veshhestv na rost, fiziologičeskije i biohimicheskije pokazateli odnokletochnykh vodoroslej.

- Izvestija TINRO, 2009. T.156. S.125-134.
- 50 Belanger S.E., Bowling J.W., Lee D.M. et al. Integration of aquatic fate and ecological responses to linear alkyl benzene sulfonate (LAS) in model stream ecosystems // *Ecotox. Envir. Safety.* – 2002. – Vol. 52. – P.150-171.
- 51 Blasco J., Hampel M., Moreno-Garrido I. Toxicity of surfactants aquatic life // *Analysis and Fate of Surfactants in the Aquatic Environments.* – Amsterdam, The Netherlands: Elsevier, 2003. – P.827-867.
- 52 Diego Ramirez, Liz J. Shaw, Chris D. Collins. Ecotoxicity of oil sludges and residuals from their washing with surfactants: soil dehydrogenase and ryegrass germination tests. *Environmental Science and Pollution Research* (2021) 28:13312–13322. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11300-2>.
- 53 Baygildin S.S., Repina E.F., Karimov D.O., Bakirov A.B., Gimadieva A.R., Khusnutdinova N.Yu., Timasheva G.V., Akhmadeev A.R., Smolyankin D.A. Morphological changes in the liver parenchyma in rats under subacute acrylamide intoxication and the possibility of their preventive treatment. *Hygiene and Sanitation.* 2023;102(6):597-600. (In Russ.) <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-6-597-600>.
- 54 Semihina L.P., Moskvina E.N., Andreev O.V. Razrabotka reagenta kompleksnogo dejstvija na osnove tehnologicheski sovместimyh dejemul'gatora i ingibitora korrozii. *Neff' i gaz.* 2015. № 6. S.69-74.
- 55 Pandian Bothi Raja, Matural Gopalakrishnan Sethuraman. Natural products as corrosion inhibitor for metals in corrosive media - A review // *Materials Letters.* 2008. Vol. 62. № 1. P. 113-116.
- 56 Kurbanova L.M., Jeshmamatova N.B., Akbarov H.I., Holikova Z.Z. Dvuhkomponentnye ingibitory na osnove organicheskikh aminov i hromsoderzhajushhih soedinenij. *Periodica Journal of Modern Philosophy, Social Sciences and Humanities* Volume 14, January, 2023. R.5-13.
- 57 Bojko V.I., Docenko Ju.I., Ahmineeva A.H., Bojko O.V. Gigiena truda i sostojanie zdorov'ja rabochih, zanjatyh pererabotkoj prirodnoho gaza. *Hygiene & Sanitation (Russian Journal).* 2017; 96(6) DOI: <http://dx.doi.org/10.1882/0016-9900-2017-96-6-541-548>. S.541-548.
- 58 Ladygin K.V., Cukerman M.Ja., Stoppel' S.I. Metanol v gazodobyche: snizhenie jekologicheskikh riskov // *Jekologija proizvodstva.* 2014. № 4. S. 47-49.
- 59 Fedotov A.S. Ocenka toksichnosti ingibitorov korrozii «Azol 5030», «Azol 5031» i dejemul'gatora «Azol 6001» dlja gidrobiontov. *Toksikologicheskij vestnik.* 2013. № 6 (123). S.39-45.
- 60 Fedotov A.S. Ocenka toksichnosti preparata BARAKOR 100 dlja gidrobiontov. *Toksikologicheskij vestnik.* 2015. № 2 (131). S.45-49.
- 61 Fedotov A.S. Ocenka toksichnosti preparata BARAKLEAN GOLD dlja gidrobiontov. *Toksikologicheskij vestnik.* 2015. № 3 (132). S.54-58.
- 62 Fedotov A.S. Ocenka toksichnosti razzhizhitelej syr'evyh shlamov i intensivifikatorov pomola «Litoplast M.» tip 3 i «Litoplast M» tip 5 dlja ryb. *Toksikologicheskij vestnik.* 2012. № 5 (116). S.40-45.
- 63 Brockij Ju., Fajnshtejn A. Burovye rastvory na uglevodородnoy osnove. *Zhurnal «Burenie i neft'».* M. 2006. № 78. S.24-26.
- 64 Sinicyna O.O., Krasovskij G.N., Zholdakova Z.I. Kriterii porogovogo dejstvija himicheskikh veshhestv, zagraznjajushhih razlichnye ob#ekty okruzhajushhej sredy // *Vestnik RAMN.* 2003. № 3. S. 17-23.
- 65 Zholdakova Z.I., Sinicyna O.O., Karamzin K.B., Tul'skaja E.A. Obosnovanie predel'no-dopustimoj koncentracii poliakrilatnogo dispergatora s molekuljarnoj massoj 2200 v vode. *Toksikologicheskij vestnik.* 2006. № 6. S.19-24.
- 66 Morachevskaja E.V., Voronina L.P. Biotestirovanie kak sposob integral'noj ocenki prijomov rekultivacii zagraznjajushhih neft'ju jekosistem. Teoreticheskaja i prikladnaja jekologija. 2022. № 1. S. 34-43. doi: 10.25750/1995-4301-2022-1-034-043.
- 67 Shilov V.V., Markova O.L., Kuznecov A.V. Biomonitoring vozdeystvija vrednyh himicheskikh veshhestv na osnove sovremennyh biomarkerov. *Obzor literatury. Gigiena i sanitarija.* 2019; 98(6):591-596. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2019-98-6-591-596>.
- 68 Gaivoronskij V.G., Kuzina A.A., Kolesnikov S.I., Minnikova T.V., Nevedomaya E.N., Kazeev K.S. A method for determining the environmentally safe residual content of oil and petroleum products in soils. *Hygiene and Sanitation.* 2023;102(9):987-992. (In Russ.) <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-9-987-992>.

Вклад авторов. Все авторы принимали равносильное участие при написании данной статьи.

Конфликт интересов – не заявлен.

Данный материал не был заявлен ранее, для публикации в других изданиях и не находится на рассмотрении другими издательскими организациями. При проведении данной работы не было финансирования сторонними организациями и медицинскими представительствами. Финансирование – не проводилось.

Авторлардың үлесі. Барлық авторлар осы мақаланы жазуға тең дәрежеде қатысты.

Мүдделер қақтығысы – мәлімделген жоқ.

Бұл материал басқа басылымдарда жариялау үшін бұрын мәлімделмеген және басқа басылымдардың қарауына ұсынылмаған. Осы жұмысты жүргізу кезінде сыртқы ұйымдар мен медициналық өкілдіктердің қаржыландыруы жасалған жоқ. Қаржыландыру жүргізілмеді.

Authors' Contributions. All authors participated equally in the writing of this article.

No conflicts of interest have been declared.

This material has not been previously submitted for publication in other publications and is not under consideration by other publishers. There was no third-party funding or medical representation in the conduct of this work. Funding - no funding was provided.

Сведения об авторах:

- 1) **Мамырбаев А.А.**, доктор медицинских наук, профессор; профессор кафедры гигиенических дисциплин и профболезней НАО «Западно-Казахстанский медицинский университет имени Марата Оспанова»; e-mail: arstan.mamyrbayev@mail.ru, город Актөбе, Казахстан, тел.: 8-701-566-58-14; ORCID <https://orcid.org/0000-0001-5802-9349>.
- 2) **Байтенов К.К.**, преподаватель кафедры гистологии НАО «Западно-Казахстанский медицинский университет имени Марата Оспанова»; e-mail: kuanish-1996kz@mail.ru, город Актөбе, Казахстан, тел.: 8-771-108-83-96; ORCID <https://orcid.org/0009-0007-1911-4779>.
- 3) **Кулбаева А.Б.**, магистрант НАО «Западно-Казахстанский медицинский университет имени Марата Оспанова»; e-mail: anon_88@mail.ru, город Актөбе, Казахстан, тел.: 8-700-953-59-41; ORCID <https://orcid.org/0009-0001-3314-1999>.

Авторлар туралы мәліметтер:

- 1) **Мамырбаев А.А.**, медицина ғылымдарының докторы, профессор; «Марат Оспанов атындағы Батыс Қазақстан медицина университеті» КЕАҚ гигиеналық пәндер және кәсіптік аурулар кафедрасының профессоры; e-mail: arstan.mamyrbayev@mail.ru, Ақтөбе қаласы, Қазақстан, тел.: 8-701-566-58-14; ORCID <https://orcid.org/0000-0001-5802-9349>.
- 2) «Марат Оспанов атындағы Батыс Қазақстан медицина университеті» КЕАҚ гистология кафедрасының оқытушысы **Байтенов К.К.**; e-mail: kuanish-1996kz@mail.ru, Ақтөбе қаласы, Қазақстан, тел.: 8-771-108-83-96; ORCID <https://orcid.org/0009-0007-1911-4779>.
- 3) **Кулбаева А.Б.**, «Марат Оспанов атындағы Батыс Қазақстан медицина университеті» КЕАҚ магистранты; e-mail: anon_88@mail.ru, Ақтөбе қаласы, Қазақстан, телефон: 8-700-953-59-41; ORCID <https://orcid.org/0009-0001-3314-1999>.

Authors' information:

- 1) **Mamyrbaev A.A.**, Doctor of Medical Sciences, Professor; Professor of the Department of Hygienic Disciplines and Occupational Diseases of the NJSC "West Kazakhstan Medical University named after Marat Ospanov"; e-mail: arstan.mamyrbayev@mail.ru, Aktobe city, Kazakhstan, tel.: 8-701-566-58-14; ORCID <https://orcid.org/0000-0001-5802-9349>.
- 2) **Baytenov K.K.**, teacher of the Department of Histology of the NJSC "West Kazakhstan Medical University named after Marat Ospanov"; e-mail: kuanish-1996kz@mail.ru, Aktobe city, Kazakhstan, tel.: 8-771-108-83-96; ORCID <https://orcid.org/0009-0007-1911-4779>.
- 3) **Kulbaeva A.B.**, master's student of the NJSC "West Kazakhstan Medical University named after Marat Ospanov"; e-mail: anon_88@mail.ru, Aktobe city, Kazakhstan, phone: 8-700-953-59-41; ORCID <https://orcid.org/0009-0001-3314-1999>.