



## РАЗРАБОТКА ТЕХНОГЕННОГО ГРУНТА НА ОСНОВЕ БУРОВОГО ШЛАМА, ОБРАЗОВАННОГО В ПРОЦЕССЕ СТРОИТЕЛЬСТВА СКВАЖИН ВИННО-БАННОВСКОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

**А.С.Губа<sup>1</sup>, Р.Н.Бахтизин<sup>2</sup>, Р.И.Аблеев<sup>3</sup>,  
А.В.Фахреева<sup>4</sup>, Ф.Ф.Мусин<sup>4</sup>, В.А.Докичев<sup>\*4,5</sup>**

<sup>1</sup>ООО «СамараНИПИнефть», Самара, Россия; <sup>2</sup>Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия; <sup>3</sup>Академия наук Республики Башкортостан, Уфа, Россия; <sup>4</sup>Уфимский институт химии УФИЦ РАН, Уфа, Россия; <sup>5</sup>Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа, Россия

### Development of Technogenic Soil Based on Drill Sludge Formed in The Process of Well Construction in the Vinno-Bannovsky Oil Field of the Samara Region

*A.S.Guba<sup>1</sup>, R.N.Bakhtizin<sup>2</sup>, R.I.Ableev<sup>3</sup>, A.V.Fakhreeva<sup>4</sup>, F.F.Musin<sup>4</sup>, V.A.Dokichev<sup>\*4,5</sup>*

<sup>1</sup>LCC «SamaraNIPIneft», Samara, Russia; <sup>2</sup>Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia; <sup>3</sup>Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan, Ufa, Russia; <sup>4</sup>Ufa Institute of Chemistry UIRC RAS, Ufa, Russia; <sup>5</sup>Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russia

#### Abstract

The mineralogical, chemical and gravimetric composition of drill cuttings formed during the construction of wells in the Vinno-Bannovskoye oil field in the Samara region has been studied. It was found that the cuttings included in the drill cuttings consist of the following rock-forming minerals - calcite, quartz, dolomite, wollastonite, iron-bearing ankerite and ankerite. The excess of the gross content of the maximum permissible concentration (MPC) of heavy metals in drill cuttings is observed for lead, arsenic and mercury. The content of oil products is within  $0.64 \pm 0.27$  g/kg and does not exceed the MPC for oil. A method is proposed for producing environmentally safe permeable technogenic soil by mechanical mixing of drill cuttings with natural sand, phosphogypsum and sorbent in a ratio of 53: 40: 2: 1, leading to a decrease in the toxic effect of pollutants by reducing their concentration and sorption on the sorbent. According to its physical and chemical characteristics, the soil obtained during the disposal of drill cuttings is technogenic dispersed soil in accordance with GOST 25100 - 2020 «Soils. Classification» and can be used in the construction of soil foundations of production, auxiliary sites.

#### Keywords:

Ecology;  
Recycling;  
Drilling waste;  
Drill cuttings;  
Technogenic soil;  
Sorbent.

© 2021 «OilGasScientificResearchProject» Institute. All rights reserved.

#### Введение

В ходе проведения работ по строительству нефтегазовых скважин образуются отходы бурения - буровые шламы, отработанные буровые растворы и буровые сточные воды [1,2]. В соответствии с Приказом Федеральной службы по надзору в сфере природопользования от 22 мая 2017 г. N 242 «Об утверждении Федерального классификационного каталога отходов» (с изменениями и дополнениями на 28 ноября 2017 года)

отходы бурения имеют III-IV класс опасности для окружающей природной среды.

Основную массу отходов представляет буровой шлам (БШ), который является смесью выбуренной породы, пластовых флюидов и частично отработанного бурового раствора, удаляемой из циркуляционной системы буровой установки очистными устройствами. Необходимо отметить, что только при бурении одной скважины при длине ствола 3000 м образование шлама достигает ~450 м<sup>3</sup> или ~1035 т (при плотности в 2.3 т/м<sup>3</sup>). В соответствии с ФККО он отнесён к группе отходов «Шламы буровые при бурении, связанном с добычей

\*E-mail: dokichev\_vl@mail.ru  
<http://dx.doi.org/10.5510/OGP20210200500>

сырой нефти, природного (попутного) газа и газового конденсата» [2]. Буровые шламы относятся к классу почвоподобных объектов – высокодисперсных гетерогенных систем, физико-химические свойства которых определяют высокая поверхностная энергия, набухание, значительная водоудерживающая способность при низкой водопроницаемости и водоотдаче [3,4]. Поэтому спонтанное зарастание шламов растительностью и их использование в качестве почвообразующей породы исключается без предварительной рекультивации [4].

Основными факторами, которые определяют токсичность воздействия бурового шлама на компоненты биоценоза являются [5-7]:

- химический состав бурового раствора (утражители, эмульгаторы, пеногасители, бактерициды, полимеры, хлориды и др.),
- минералогический состав выбуренной породы (радионуклиды, тяжелые металлы, подвижные формы химических элементов, представляющих большую опасность для окружающей среды, чем валовые формы),
- нефть и нефтепродукты,
- высокие значения рН.

Токсичность большинства буровых шламов предопределяется главным образом содержащейся в них нефтью, при отсутствии которой буровой шлам имеет, как правило, четвертый или пятый класс опасности.

В последние годы проблема утилизации бурового шлама приобрела особую актуальность и важность в виду возросшего государственного внимания к вопросам предупреждения и устранения негативного воздействия на окружающую среду при разработке и эксплуатации нефтегазовых месторождений.

Нефтедобывающими предприятиями применяются различные технологии [5,8-28], которые по способам утилизации буровых шламов можно разделить на следующие виды:

- термические – обработка шлама при температурах до 850 °С, удаление влаги в испарителях с последующей сепарацией нефти и др.;
- физические – закачка в скважины, разделение в центробежном поле, вакуумное фильтрование и фильтрование под давлением;
- химические - промывка растворителями, отверждение с применением цемента, органических и неорганических добавок;
- биологические - биодеструкция нефтешламовых компонентов с использованием нефтеокисляющих микроорганизмов;
- использование в качестве сырья.

Одним из современных экологических направлений по созданию новых методов и технологий в области утилизации буровых шламов является рекультивация только с целью снижения экологической нагрузки на природу, а рекультивация с целью рационального использования бурового шлама в качестве доступного сырья для полу-

чения практически важных продуктов [8-28], что позволяет получать не только экологический, но и экономический эффект. Развитие инновационных технологий утилизации бурового шлама в качестве сырьевой базы является приоритетным направлением в рамках государственной политики в области рационального природопользования и экологической безопасности. В работе [14] разработана методика оценки эколого-экономического потенциала технологий утилизации отходов по стохастически-критериальной модели ранжирования отходов по полезным (потребительским) свойствам, которая позволяет предотвратить отнесение полезных компонентов и материальных ресурсов к отходам и упростить процесс их вовлечения во вторичный хозяйственный оборот, а, следовательно, уменьшить количество отходов.

Например, предложен способ получения аморфного стекла сплавлением бурового шлама с нефтегазовых месторождений в Северном море, который был смешан с оксидами натрия и кальция для минимизации температуры плавления в массовом соотношении 8 : 1 : 1 [19]. Одной из распространенных технологий переработки бурового шлама в продукцию является солидификация [20,21]. Результаты применения портландцемента, извести и доменного шлака в технологии солидификации бурового шлама, содержащего хлориды (2.13%) и углеводороды (10.95%) показали, что образующийся продукт соответствует критериям приемлемости Великобритании для захоронения на свалке или использования в качестве строительной продукции [21].

Основные технологические решения переработки бурового шлама направлены на получение продукции, используемой в качестве строительного материала при строительстве дорог, площадок скважин, для рекультивации нарушенных земель временного и постоянного отвода месторождений нефтедобычи, укрепления откосов внутрипромысловых дорог и кустовых площадок [20,21,26]. Для получения техногенных грунтов из бурового шлама главным образом применяется природный песок, механическое смешивание с которым приводит к улучшению физико-химических свойств и структурообразованию, в том числе обеспечивая снижение содержания поллютантов - солей различных металлов за счет разбавления их концентрации до принятых нормативов.

В работе [27] рассмотрены результаты геоэкологической оценки технологии использования бурового шлама в составе асфальтобетона и его влияние на физико-механические характеристики асфальтобетона. Исследование по получению дорожно-строительных материалов на основе бурового шлама, отобранного на месторождениях Западной Сибири, показало, что превышения нормативов по содержанию тяжелых металлов в подвижных формах в образцах бурового шлама не наблюдается, а цементогрунт на основе бурового шлама относится к марке М20 [28].

В настоящее время в производство внедряются различные методы превращения бурового шлама в техногенные грунты с использованием торфа, природного песка, различных сорбентов, гуминовых кислот и т.д., однако, унифицированного способа не существует. Все это обусловлено многообразием применяемых реагентов для буровых растворов и разнообразными минералогическими составами выбуренных пород и, как следствие, различающимся качественным и количественным содержанием поллютантов в буровых шламах нефтегазовых месторождений.

В связи с этим, как правило, всегда возникает необходимость проведения исследований при создании техногенных грунтов на основе буровых шламов нефтегазовых месторождений регионов, имеющих различное геологическое строение, с учетом применяемых буровых растворов [7]. В настоящей работе с целью утилизации бурового шлама Винно-Банновского нефтяного месторождения в Кинель-Черкасском районе Самарской области и разработки техногенного дисперсного грунта изучен состав бурового шлама и влияние на его свойства экологически безопасных материалов для улучшения физико-химических характеристик бурового шлама.

### Материалы и методы исследования

При разработке состава техногенного грунта использовали буровой шлам, отобранный на Винно-Банновском нефтяном месторождении в Кинель-Черкасском районе Самарской области, песок природный (ГОСТ 8736), фосфогипс и сорбент СД. В качестве коагулянтов использовали железо сернокислое ( $\text{FeSO}_4$ ), бурый уголь, торф, активированный уголь, оксид кальция ( $\text{CaO}$ ), фосфогипс ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ).

Удельную поверхность образца  $S_{\text{уд}}$  сорбента СД определяли методом БЭТ, основанным на измерении равновесной адсорбции азота при 77 К. Расчет  $S_{\text{БЭТ}}$  проводили в интервале равновесных относительных давлений паров азота  $P/P_0=0.05-0.33$  по изотерме адсорбции с использованием объемной вакуумной статической автоматизированной установки Fisons Sorptomatic-1900.

Сорбционную емкость сорбента СД по нефти определяли по ГОСТ 33627-2015 «Стандартный метод определения сорбционных характеристик адсорбентов».

Содержание поллютантов, влажность и рН определяли в филиале ФГБУ «ЦЛАТИ по ПФО» - ЦЛАТИ по Самарской области (г. Самара) по методикам:

1. ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:3.64-10. Методика измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв, грунтов, донных отложений, илов, осадков сточных вод, отходов производства и потребления гравиметрическим методом.

2. ПНД Ф 16.2:2.3:3.28-02. Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений содержания хлоридов в твердых и жидких отходах производства и потребления,

осадках, шламах, активном иле, донных отложениях меркурометрическим методом

3. М-МВИ-80-2008 п.4. Методика выполнения измерений массовой доли элементов в пробах почв, грунтов и донных отложениях методами атомно-эмиссионной и атомно-абсорбционной спектроскопии.

4. ПНД В МСУ С 5-006-04. Методика выполнения измерений массовой концентрации мышьяка в пробах почв спектрофотометрическим методом с диэтилдитиокарбаматом серебра.

5. МИ2878-2004. Рекомендация. Государственная система обеспечения измерений. Массовая концентрация общей ртути в почве. Методика выполнения измерений атомно-абсорбционным методом.

6. ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:3.58-08. Методика выполнения измерений массовой доли влаги в твердых и жидких отходах производства и потребления, почвах, осадках, шламах, активном иле, донных отложениях гравиметрическим методом.

7. ГОСТ 26423-85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки.

8. СП 2.6.1.2612-10. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010)

Элементный состав бурового шлама определяли рентгенофлуоресцентным методом на спектрометре ARL OptimX. Съемка проводилась при напряжении на трубке 25 кВ с силой тока 2 мА в вакууме. Последовательно снимались три скана на кристаллах  $\text{LiF}$  200, PET, AX 06 при помощи сцинтилляционного и проточно-пропорционального детектора.

Морфологический состав бурового шлама изучали на рентгеновском дифрактометре Rigaku Ultima IV с фокусировкой гониометра по методу Брэгга-Брентано. Анализ проводили в  $\text{Cu-K}\alpha$  излучении при напряжении 20 кВ и токе 2 мА с длиной волны  $\lambda = 1.5405 \text{ \AA}$ . Съемку осуществляли в диапазоне углов  $2\theta = 15-115^\circ$  с шагом сканирования  $0.02^\circ$ . Обработку дифрактограмм и фазовый анализ осуществляли в программе Whole Powder Pattern Modelling (WPPM).

Размеры частиц бурового шлама регистрировали на лазерном дифракционном анализаторе размера частиц Analysette 22 NanoTecplus. Ситовый метод определения гранулометрического состава применяли для определения размера частиц техногенного грунта.

Седиментационные исследования проводили на инструментальном комплексе Turbiscan Tower (Formulation SA). Технология Turbiscan основана на многократном оптическом сканировании виалы с образцом по высоте с регистрацией двух профилей: пропускания и обратного рассеивания лазерного излучения ( $\lambda = 880 \text{ нм}$ ) и позволяет измерять статическую стабильность гетерогенных образцов, без вмешательства субъективных факторов и получить количественные характеристики.

Водопроницаемость определяли по ГОСТ

**Таблица 1**  
**Фазовый (минералогический) состав бурового шлама**

Минералы	Содержание, %
CaCO <sub>3</sub> (Кальцит)	39.5
SiO <sub>2</sub> (Кварц)	21.6
CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (Доломит)	21.4
CaSiO <sub>3</sub> (Волластонит)	5.1
Ca <sub>2</sub> Fe <sub>0.45</sub> Mg <sub>0.55</sub> O <sub>7</sub> Si <sub>2</sub> (Анкерманит Fe-содержащий)	8.3
Ca(Mg, Fe) [CO <sub>3</sub> ] <sub>2</sub> (Анкерит)	4.1

25584-2016 «Грунты. Методы лабораторного определения коэффициента фильтрации».

### Результаты и их обсуждение

При разработке техногенного грунта использовали буровой шлам, отобранный на Винно-Банновском нефтяном месторождении в Кинель-Черкасском районе Самарской области. С целью возможности использования его в качестве почвообразующей породы и/или техногенного грунта, относящегося к техногенным дисперсным грунтам по ГОСТ 25100 – 2020 «Грунты. Классификация», был изучен минералогический, химический и гравиметрический состав шлама.

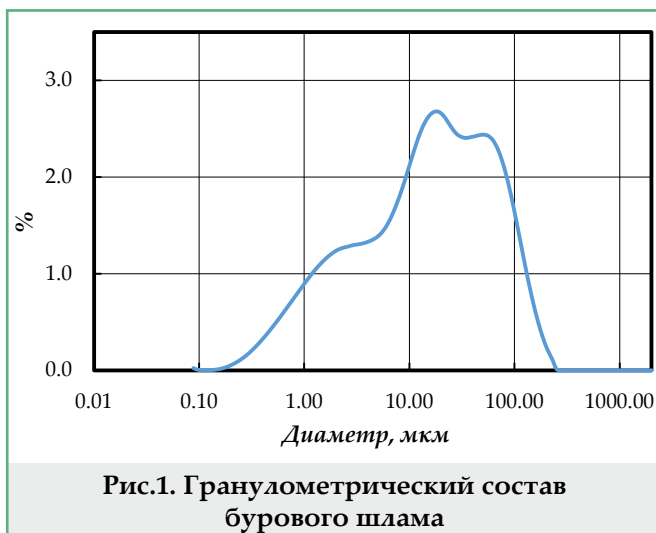
Результаты рентгеноструктурного анализа минералогического состава шлама показали, что он содержит следующие породообразующие минералы: кальцит, кварц, доломит, волластонит, железо-содержащий анкерманит и анкерит (табл.1).

Согласно данным рентгенофлуоресцентного анализа в пробе бурового шлама наблюдается значительное содержание хлоридов, железа, щелочных (K, Na, Cs) и щелочноземельных металлов (Ca, Mg, Ba) (табл.2). Полученные результаты исследований химического и минералогического состава бурового шлама показали, что его можно рассматривать в качестве грунта и почвообразую-

щей породы [29,30].

Гранулометрический анализ, проведенный на лазерном дифракционном анализаторе размера частиц, показал, что размеры 96% частиц бурового шлама находятся в интервале от 0.1 до 250 мкм (рис.1). Размерность частиц бурового шлама указывает на высокую дисперсность, характерную в природных условиях для глинистых почв. Известно, что частицы размером более 1 мм являются почвенным скелетом, а масса частиц мельче 0.001 мм называется илистой фракцией и для коренного улучшения таких бесструктурных почв может использоваться пескование и коагуляция [3,4].

Существенным фактором как для оценки негативного воздействия бурового шлама на окружающую природную среду, так и разработки метода его утилизации в техногенный грунт является содержание в составе хлоридов тяжелых металлов, радионуклидов, нефти и нефтепродуктов, а также pH. В связи с этим был проведен химический анализ бурового шлама и проведено сопоставление полученных данных по содержанию указанных загрязнителей с их допустимыми концентрациями (ПДК, ОДК) в почве (табл.3).



**Рис.1. Гранулометрический состав бурового шлама**

**Таблица 2**  
**Элементный состав бурового шлама**

Элемент	Содержание элемента в пробе, мас. %	Погрешность измерения ±Δ, %	Элемент	Содержание элемента в пробе, мас. %	Погрешность измерения ±Δ, %
Кальций	74.83	0.22	Натрий	0.353	0.046
Железо	5.53	0.11	Церий	0.257	0.03
Кремний	5.26	0.11	Цезий	0.248	0.028
Хлор	3.95	0.1	Скандий	0.151	0.011
Калий	2	0.07	Марганец	0.116	0.007
Сера	1.92	0.07	Ванадий	0.0778	0.0071
Магний	1.48	0.06	Лантан	0.431	0.028
Алюминий	1.17	0.05	Хром	0.029	0.0069
Барий	1.02	0.06	Индий	0.0243	0.0035
Титан	0.575	0.029	Олово	0.0137	0.0042
Диспрозий	0.49	0.16	Молибден	0.0056	0.0023

Таблица 3

## Содержание поллютантов в буровом шламе и техногенном грунте

№	Показатели	Содержание в буровом шламе	Содержание в техногенном грунте	ПДК, валовое содержание	ГН 2.1.7.2041-06 ПДК (мг/кг) с учетом фона (кларка)	ГН 2.1.7.2511-09 Ориентировочные допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве (валовое содержание). Группа почв - близкие к нейтральным, нейтральные (суглинистые и глинистые), pH KCl > 5.5. Величина ОДК (мг/кг) с учетом фона (кларка)
1	Содержание нефтепродуктов, г/кг	0.64±0.27	0.41±0.27	1÷3.2	-	-
2	Содержание хлоридов, мг/кг	1470.00±150.00	850±150.00	-	-	-
3	Свинец, мг/кг	84.00±21.00	49.0±21.00	20.0+1.0*	32.0	130.0
4	Кадмий, мг/кг	<1.00	<1.00	3	-	10.0
5	Мышьяк, мг/кг	5.60±3.40	4.30±3.40	2	0.5	2.0
6	Ртуть, мг/кг	<10.00	<10.00	20.0+1.0*	2,1	-
7	Массовая доля влаги, %	19.00±1.90	16.9±1.90	-	-	-
8	pH водный	8.74±0.10	8.02±0.10	-	-	-
9	Радионуклиды - радий 226, торий 232, калий 40, Бк/кг	22.7	20.5	≤ 1500	-	-

\* свинец + ртуть

Как видно из таблицы 3 превышение валового содержания тяжелых металлов в образцах буровых шламов наблюдается для свинца, мышьяка и ртути. Содержание нефтепродуктов в образце бурового шлама находится в пределах 0.64±0.27 г/кг, не превышает ПДК по нефти и нефтепродуктам и относится к 1 допустимому уровню. Допустимое остаточное содержание нефти и нефтепродуктов на территории Самарской области, не регулируется региональными нормативными документами и принимается в соответствии с критериями, отраженными в Письме Минприроды России от 27.12.1993 года № 61-5678 «О порядке определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами».

Эффективная удельная активность природных радионуклидов в буровом шламе составляет 22.7 Бк/кг, что ниже допустимой нормы 1500 Бк/кг, установленной СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009», и буровой шлам согласно СанПиН 2.6.1.2800-10 относится к I категории, т.е. обращение с ним (накопление, временное хранение и утилизация на свалках общепромышленных отходов) по радиационному признаку осуществляется без ограничений. В соответствии с ГОСТ 30108-94 «Материалы и изделия строительные. Определение удельной эффективной активности естественных радионуклидов (с Изменениями № 1, 2)» относится к 1 классу мате-

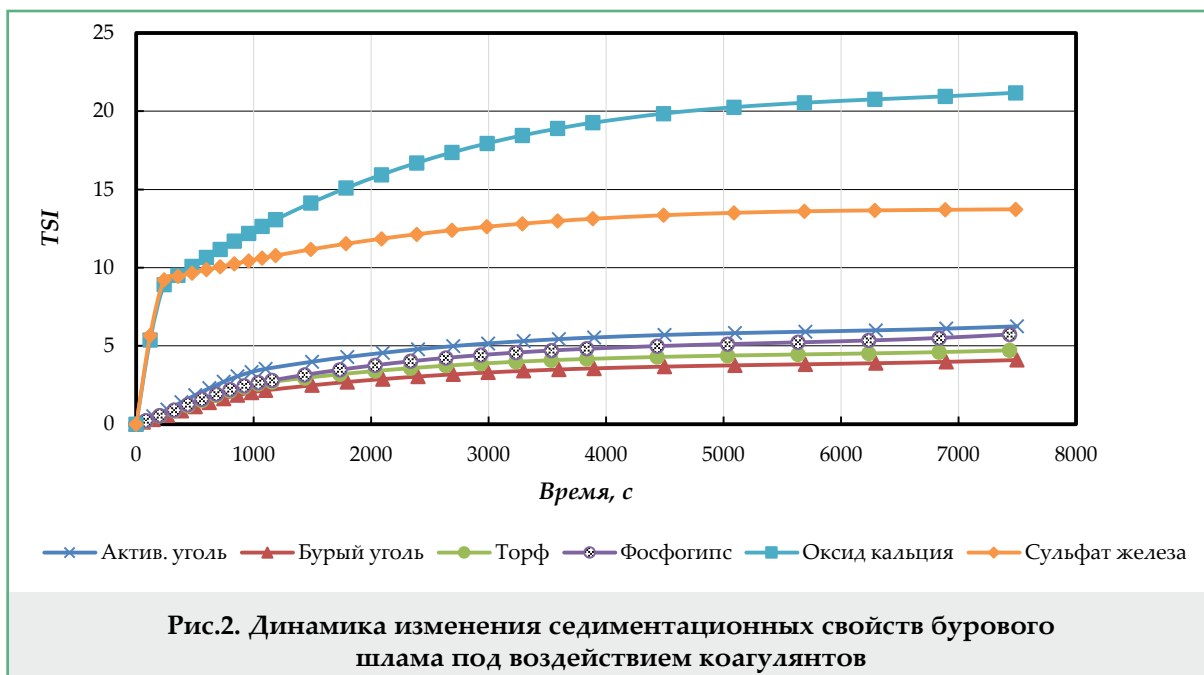
риалов и может применяться во всех видах строительства.

Буровой шлам в естественном состоянии обладал абсолютной водонепроницаемостью в течение всего времени проведения эксперимента (24 ч) и по классификациям грунтоведения и почвоведения его можно характеризовать как водоупор.

Для определения экологической токсичности бурового шлама было проведено биотестирование на тест-объекте - ракообразных *Daphnia magna* Straus, которое показало IV класс опасности.

Экспериментально было установлено, что наиболее рациональный подход для получения экологически безопасного техногенного грунта, соответствующего ГОСТ 25100 — 2020 «Грунты. Классификация», заключается в механическом смешивании бурового шлама с природным песком, фосфогипсом и сорбентом, приводящим к улучшению физико-химических свойств и структурообразованию бурового шлама, а также снижению токсического воздействия поллютантов за счет уменьшения их концентрации и сорбции.

В ряду исследованных коагулянтов наиболее эффективными оказались фосфогипс и оксид кальция: масса выпавших осадков под их воздействием оказалась в ~2 и 3 раза больше по сравнению с сульфатом железа, активированным углем, бурым углем и торфом (рис.2). В качестве коагулянта для техногенного грунта был выбран



фосфогипс из-за высокого содержания структурообразующего катиона кальция и его способности нейтрализовать избыточную щелочность бурового шлама. Применение окиси кальция приводило к повышению pH бурового шлама, который со временем уменьшался в результате образования карбоната кальция.

Использование песка и фосфогипса увеличивает фильтрационную способность и способствует структурообразованию бурового шлама, что подтверждается данными по гидрофизическим

свойствам буровых шламов в работе [4] (табл.4). В результате изучения водонепроницаемости бурового шлама с добавлением песка и фосфогипса был найден оптимальный состав техногенного грунта - буровой шлам: песок:фосфогипс (40:30:1.5) с минимальным добавлением песка и фосфогипса, относящийся к водопроницаемым и имеющий коэффициент фильтрации ( $K_f$ ) 0.9 м/сут.

Химический анализ созданного техногенного грунта показал, что превышение валового содержания тяжелых металлов наблюдается для

**Таблица 4**  
**Фильтрационная способность бурового шлама и техногенного грунта**

№ п/п	Образец, (весовое соотношение)	Время, ч	Объем прошедшей воды, мл	Коэффициент фильтрации, $K_f$ , м/сут	Разновидность грунта
1	Буровой шлам	48	0	0	Водонепроницаемый
2	Буровой шлам+песок (4:3)	0.5	95	0.7	Водопроницаемый
3	Буровой шлам+фосфогипс (40:1.5)	0.5	12	0.01	Слабоводопроницаемый
4	Буровой шлам+песок+фосфогипс (4:3:0.15)	0.5	114	0.9	Водопроницаемый
5	Буровой шлам+песок+фосфогипс+сорбент (53:40:2:1)	0.5	119	0.9	Водопроницаемый

**Таблица 5**  
**Удельная поверхность (SN)\* (по данным низкотемпературной адсорбции-десорбции азота), сорбционные (ионообменные) емкости и нефтеёмкость сорбента СД**

Нефтеёмкость, г/г	$S_{N_2}$ , м <sup>2</sup> /г	Равновесная сорбционная емкость* по парам, (см <sup>3</sup> /г) при 20 °С и $p/p_0=0.7$		Ионообменная емкость, мг/г			
		C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	H <sub>2</sub> O	Pb	Cd	Hg	As
0.9	326	0.36	0.25	8	5	5	6

\* после предварительной термообработки сорбента при 400 °С в течение 3 часов

свинца, мышьяка и ртути (табл.3). Содержание нефтепродуктов в образце бурового шлама находится в пределах  $0.64 \pm 0.27$  г/кг, не превышает ПДК по нефти и нефтепродуктам и относится к 1 допустимому уровню. Для уменьшения токсичности техногенного грунта, обусловленного превышением установленной предельно допустимой концентрации свинца, мышьяка и ртути, мы применили углерод-кремнезёмный сорбент, который обладает высокой удельной поверхностью и хорошими сорбционными ёмкостями по тяжелым металлам и нефтепродуктам 0.9 г/г нефти [31-33] (табл.5).

Необходимое количество сорбента для внесения в 71.5 г техногенного грунта рассчитывали по формуле:

$$m_{\text{сорб}} = 1.1 \cdot 0.0715 \sum_1^n a/b$$

где  $a$  - содержание поллютанта в техногенном грунте;

$b$  - сорбционная емкость сорбента по поллютанту;

$n$  - количество всех поллютантов;

1.1 – коэффициент для 10% избытка сорбента.

Рассчитанное количество сорбента составило 0.75 г.

Таким образом при добавлении 0.75 г сорбента получили техногенного грунта в следующем соотношении компонентов - буровой шлам:песок:фосфогипс:сорбент равном 40:30:1.5:0.75 или 53:40:2:1.

Необходимо отметить, что содержание нефтепродуктов в 3-х кг пробе техногенного грунта уменьшилось до 0.23 г/кг через 20 дней при температуре 23-27 °С. Холостой опыт, поставленный без сорбента СД, в этих же условиях показал, что содержание нефтепродуктов практически не изменилось и составило 0.4 г/кг. Уменьшение нефтепродуктов в техногенном грунте в присутствии сорбента СД, вероятно, прошло в результате

биодеструкции нефтепродуктов под воздействием консорциума естественных (природных) нефтеокисляющих микроорганизмов [34-36]. Известно, что сорбент СД оказывает положительное влияние на процесс биодеструкции нефти [33].

Исследование острой токсичности техногенного грунта при однократном введении в желудок проводили на 50 белых мышах обоего пола, массой 19-25 г. Вводили в виде водной вытяжки в дозах от 1 г/кг до 20 г/кг. В последующий стандартный срок наблюдения (14 суток) видимых признаков интоксикации и летальных исходов не установлено. Шерстный покров, масса, двигательная активность, прием пищи и воды животными были в норме. Средняя летальная доза (ЛД50) при внутрижелудочном поступлении составила более 20 г/кг. Согласно ГОСТ 12.1.007-76 «Вредные вещества. Общие требования безопасности» при однократном внутрижелудочном введении техногенный грунт можно отнести к IV классу малоопасных соединений.

Полученный при утилизации бурового шлама техногенный грунт по физическим и химическим характеристикам является техногенным дисперсным грунтом по ГОСТ 25100 – 2020 «Грунты. Классификация», не оказывает негативного воздействия на окружающую среду, соответствует по ТУ 23.99.19-002-00044428-2019 маркам «Б» и «В» грунта искусственного и может быть использован для сооружения обваловок, отсыпки оснований кустовых площадок и факельных установок, а также в качестве материала для дорожного строительства вне населённых пунктов.

Переработка бурового шлама в техногенный грунт может производиться *in situ* путем перемешивания с ингредиентами непосредственно в буровом шламовом амбаре.

### Выводы

Разработан состав техногенного грунта на основе бурового шлама Винно-Банновского нефтяного месторождения в Кинель-Черкасском районе Самарской области. Полученный техногенный грунт на основе бурового шлама по физическим и химическим характеристикам является техногенным дисперсным грунтом, который не оказывает негативного воздействия на окружающую среду и может быть использован для сооружения обваловок, отсыпки оснований кустовых площадок и факельных установок, а также в качестве материала для дорожного строительства вне населённых пунктов.

### Литература

1. Губа, А. С., Плетнёва, Н. И., Явич, М. Ю. (2019). Идентификация отходов бурения. *Нефть. Газ. Новации*, 11(288), 82-86.
2. ПАО «НК «Роснефть». (2019). Методические указания компании. Расчет объемов образования отходов бурения (в части образования отходов бурения твердой и жидкой фаз). № ПЗ-05 М-0180.
3. Смагин, А. В., Кольцов, И. Н., Пепелов, И. Л. и др. (2011). Физическое состояние почвоподобных тонкодисперсных систем на примере буровых шламов. *Почвоведение*. 2, 179-189.

### References

1. Guba, A.S., Pletneva, N.I., Yavich, M.Yu. (2019). Identification of drilling waste. *Neft. Gas. Novacii*, 11(288), 82-86.
2. PJSC «NK» Rosneft». (2019). Company guidelines. Calculation of the volume of drilling waste generation (in terms of the formation of drilling waste of solid and liquid phases). № P3-05 M-0180.
3. Smagin, A.V., Kol'tsov, I.N., Pepelov, I.L., et al. (2011). The physical state of finely dispersed soil-like systems with drilling sludge as an example. *Eurasian Soil Science*, 44(2), 163-172.

4. Смагин, А. В., Пепелов, И. Л., Кинжаев, Р. Р. и др. (2008). Оценка гидрофизических свойств буровых шламов в связи с проблемой их рекультивации. *Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата*, 1(S1), 98-109.

5. Sharif, M. D. A., Nagalakshmi, N. V. R., Reddy, S. S., et al. (2017). Drilling waste management and control the effects. *Journal of Advanced Chemical Engineering*, 7(1), 1-9.

6. Климова, А. А., Язиков, Е. Г., Шайхиев И. Р. (2020). Минералого-геохимическая специфика буровых шламов нефтяных месторождений на примере объектов Томской области. *Известия ТПУ. Инжиниринг георесурсов*, 331(2), 102-114.

7. Климова, А. А., Мишунина А. С., Азарова, С. В. и др. (2018). Определение токсичности бурового шлама с территории Томской области методами биотестирования для оценки возможности его дальнейшего использования. *Нефтяное хозяйство*, 4, 108-111.

8. ООО «АТ Консалтинг». (2019). Исследование рынка услуг и оборудования по переработке буровых шламов в РФ 2017-2018 гг. <http://www.atconsult.ru/>

9. Бахтизин, Р. Н., Никитин, Б. А., Шарафиев, Р. Г. и др. (2015). Современные технологии обезвреживания отходов бурения. *Челябинск – Уфа: «СИТИ-ПРИНТ»*.

10. The International Association of Oil & Gas Producers (IOGP) (2016). Drilling waste management technology review. *IOGP Report 557*.

11. Aird, P. (2008). Drilling waste management technology descriptions. <http://web.ead.anl.gov>

12. Пыстина, Н. Б., Баранов, А. В., Будников, Б. О. и др. (2017). Перспективы развития технологий утилизации буровых отходов в нефтегазодобывающем комплексе. *Научно-технический сборник Вести газовой науки*, 5(33), 61-67.

13. Ягафарова, Г. Г., Рахматуллин, Д. В., Инсапов, А. Н. и др. (2018). Современные методы утилизации буровых отходов. *Нефтегазовое дело*, 16(2), 123-129.

14. Кузнецов, В. С., Супрун, И. К., Петров, Д. С. (2017). Оценка и снижение влияния отходов бурения на компоненты окружающей среды. *Нефтяное хозяйство*, 1, 94-95.

15. Нечаев, А. С., Рагузин, М. С., Зацепин, Д. Ю. и др. (2014). Опыт применения технологии утилизации отходов бурения на основе углеродсодержащего сорбента-деструктора на объектах ОАО «САМАРАНЕФТЕГАЗ». *Научно-технический вестник ОАО «НК «РОСНЕФТЬ»*, 3 (36), 71-75.

16. Arpornpong, N., Padungpol, R., Khondee, N., et al. (2020) Formulation of bio-based washing agent and its application for removal of petroleum hydrocarbons from drill cuttings before bioremediation. *Frontiers Bioengineering and Biotechnology*, 8, 961-976.

17. Agoshkov, A. I., Tretyakova, M. O., Moskovaia, I. V., Brusentsova, T. A. (2019). Environmental safety estimation of drill cuttings using a composition mixture based on zeolite. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 663, 012017.

18. Остах, О. С. (2020). Стохастически-критериальная модель ранжирования отходов по полезным (потребительским) свойствам на примере буровых шламов. *Экология и промышленность России*, 24(11), 61-65.

19. Abbe, O. E., Grimes, S. M., Fowler, G. D., Boccaccini, A. R. (2009). Novel sintered glass-ceramics from vitrified oil well drill cuttings. *Journal of Materials Science*, 44, 4296-4302.

4. Smagin, A. V., Pepelov, I. L., Kinjaev, R. R., et al. Hydrophysical evaluation of oil extractive waste in connection the problem of its recultivation. *Environmental Dynamics and Global Climate Change*, 1(S1), 98-109.

5. Sharif, M. D. A., Nagalakshmi, N. V. R., Reddy, S. S., et al. (2017). Drilling waste management and control the effects. *Journal of Advanced Chemical Engineering*, 7(1), 1-9.

6. Klimova, A.A., Yazikov, E. G., Shaikhiev, I. R. (2020). Mineralogical and geochemical particularity of drill cuttings from oil fields on the example of objects of the Tomsk region. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*, 331(2), 102-114

7. Klimova, A. A., Mishunina, A. S., Azarova, S. V., et al. (2018). Determining the toxicity of drilling muds using the methods of biotesting, case study of Tomsk region the territory. *Oil Industry*, 4, 108-111.

8. «АТ Consulting» LLC. (2019). Market research of services and equipment for the processing of drill cuttings in the Russian Federation 2017-2018. <http://www.atconsult.ru/>

9. Bakhtizin, R. N., Nikitin, B. A., Sharafiev, R. G., et al. (2015). Modern technologies for disposal of drilling waste. *Chelyabinsk – Ufa: «СИТИ-ПРИНТ»*.

10. The International Association of Oil & Gas Producers (IOGP) (2016). Drilling waste management technology review. *IOGP Report 557*.

11. Aird, P. (2008). Drilling waste management technology descriptions. <http://web.ead.anl.gov>

12. Pystina, N.B., Baranov, A.V., Budnikov, B.O., et al. (2017). Outlooks for development of recovery techniques for drilling wastes in oil-gas production. *Scientific and technical collection Vesti gazovoy nauki*, 5(33), 61-67.

13. Yagafarova, G.G., Rakhmatullin, D.V., Insapov, A.N., et al. (2018). Modern methods of drilling waste recycling. *Petroleum Engineering*, 16(2), 123-129.

14. Kuznetsov, V.S., Suprun, I.K., Petrov, D.S. (2017). Assessment and reduction of drilling waste impact on the environment components. *Oil Industry*, 1, 94-95.

15. Nechaev, A. S., Raguzin, M. S., Zatsepin, D. Y., et al. (2014). Experience of application of technology of drilling waste disposal on the basis of carbonaceous adsorbent-destroyer at objects of «SAMARANEFTEGAS» JSC. *Nauchno-tekhnicheskii Vestnik ОАО «НК «РОСНЕФТЬ»*, 3 (36), 71-75.

16. Arpornpong, N., Padungpol, R., Khondee, N., et al. (2020) Formulation of bio-based washing agent and its application for removal of petroleum hydrocarbons from drill cuttings before bioremediation. *Frontiers Bioengineering and Biotechnology*, 8, 961-976.

17. Agoshkov, A. I., Tretyakova, M. O., Moskovaia, I. V., Brusentsova, T. A. (2019). Environmental safety estimation of drill cuttings using a composition mixture based on zeolite. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 663, 012017.

18. Ostakh, O. S., (2020). Stochastic-criterion model for ranking waste by useful (consumer) properties on the example of drill cuttings. *Ecology and Industry of Russia*, 24(11), 61-65.

19. Abbe, O. E., Grimes, S. M., Fowler, G. D., Boccaccini, A. R. (2009). Novel sintered glass-ceramics from vitrified oil well drill cuttings. *Journal of Materials Science*, 44, 4296-4302.



20. Tuncan, A., Tuncan, M., Koyuncu, H. (2000). Use of petroleum-contaminated drilling wastes as sub-base material for road construction. *Waste Management & Research*, 18, 489-505.
21. Al-Ansary, M. S., Al-Tabbaa, A. (2007). Stabilisation/solidification of synthetic petroleum drill cuttings. *Journal of Hazardous Materials*, 141, 410–421.
22. Гаевая, Е. В., Тарасова, С. С. (2021). Апробация технологии утилизации буровых отходов в рамках опытно-промышленных испытаний. *Экология и промышленность России*, 25(1), 14-20.
23. Гаевая, Е. В., Скипин, Л. Н., Богайчук, Я. Э. и др. (2017). Способ утилизации бурового шлама при производстве техногенного грунта. *Патент РФ* 2631681.
24. Кольцов, И. Н., Митрофанов, Н. Г., Петухова, В. С., Скипин, Л. Н. (2013). Смесь почвенная шламово-грунтовая (варианты) для рекультивации нарушенных земель и способ рекультивации карьеров и нарушенных земель. *Патент РФ* 2491135.
25. Гилаев, Г. Г., Стрункин, С. И., Яшков, В. А. и др. (2015). Способ рекультивации земель, занятых шламовыми амбарами. *Патент РФ* 2564839.
26. Бахтизин, Р. Н., Докичев, В. А. (2018). Способ переработки бурового шлама. *Патент РФ* 2656379.
27. Власов, А. С., Пугин, К. Г., Сурков, А. А. (2020). Геоэкологическая оценка технологии использования отходов бурения в составе асфальтобетона. *Нефтяное хозяйство*, 12, 139-141.
28. Власов, А. С., Пугин, К. Г., Тюрюханов, К. Ю. и др. (2020). Разработка способа получения геоэкологически безопасных дорожно-строительных материалов на основе бурового шлама. *Экология и промышленность России*, 24(11), 19-23.
29. Самойлова, Е. М. (1992). Почвообразующие породы. *Москва: МГУ*.
30. Самофалова, И. А. (2009). Химический состав почв и почвообразующих пород. *Пермь: «Пермская ГСХА»*.
31. Докичев, В. А., Томилов, Ю. В., Латыпова, Д. Р. и др. (2017). Сорбент-активатор для очистки нефтезагрязненных почв и грунтов и способ его получения. *Патент РФ* 2612286.
32. Докичев, В. А., Латыпова, Д. Р., Бадамшин, А. Г. и др. (2017). Сорбент-активатор для очистки нефтезагрязненных почв и грунтов и способ его получения. *Патент РФ* 2615526.
33. Латыпова, Д. Р., Бадамшин, А. Г., Кулешов, С. П. и др. (2015). Новый высокоэффективный углерод - кремнеземный сорбент. *Журнал прикладной химии*, 88, 1282–1287.
34. Сафаров, А. Х., Ягафарова, Г. Г., Акчурина, Л. Р. и др. (2020). Перспективные направления рекультивации грунтов, загрязненных высоковязкой тяжелой нефтью. *SOCAR Proceedings*, 2, 119-123.
35. Koronelli, T.V. (1996). Principles and methods for raising efficiency of biological degradation of hydrocarbons in the environment: a review. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 32(6), 584-585.
36. Atlas, R.M., Cerginella, C.E. (1995). Bioremediation of petroleum pollutants. *Bioscience*, 45, 332-338.
20. Tuncan, A., Tuncan, M., Koyuncu, H. (2000). Use of petroleum-contaminated drilling wastes as sub-base material for road construction. *Waste Management & Research*, 18, 489-505.
21. Al-Ansary, M. S., Al-Tabbaa, A. (2007). Stabilisation/solidification of synthetic petroleum drill cuttings. *Journal of Hazardous Materials*, 141, 410–421.
22. Gaevaya, E.V., Tarasova, S.S. (2021). Approbation of the technology for utilization of drilling waste in the framework of pilot tests. *Ecology and Industry of Russia*, 25(1), 14-20.
23. Gaevaya E. V., Skipin, L. N., Bogajchuk, Y. E., et al. Method for disposing drilling mud when producing man-made soil. *RU Patent* 2631681.
24. Kol'tsov, I.N., Mitrofanov, N.G., Petukhova V.S., Skipin, L. N. (2013). Soil slurry-ground mixture (versions) for remediation of disturbed lands and method of remediation of borrow pits and disturbed lands. *RU Patent* 2491135.
25. Gilaev, G.G., Strunkin, S. I., Jashkov, V. A., et al. (2015). Method of recultivation of lands occupied with sludge sump. *RU Patent* 2564839.
26. Bakhtizin, R. N., Dokichev, V. A. (2018). Drilling cuttings processing method. *RU Patent* 2656379.
27. Vlasov, A. S., Pugin, K. G., Surkov, A. A. (2020). Geocological assessment of the technology for using drilling waste in the composition of asphalt-concrete. *Oil Industry*, 12, 139–141.
28. Vlasov, A. S., Pugin, K. G., Tyuryukhanov, K. Yu., et al. (2020). Development of a method for producing geoecologically safe road building materials based on drill cuttings. *Ecology and Industry of Russia*, 24(11), 19-23.
29. Samoilova, E. M. (1992). Parent rocks. *Moscow: Moscow State University*.
30. Samofalova, I. A. (2009). Chemical composition of soils and parent rocks. *Perm: «Perm State Agricultural Academy»*.
31. Dokichev, V. A., Tomilov, Yu. V., Latypova, D. R., et al. (2017). Sorbent-activator for purification of oil-contaminated soils and grounds and method for production thereof. *RU Patent* 2612286.
32. Dokichev, V. A., Latypova, D. R., Badamshin, A. G., et al. (2017). Sorbent-activator for purification of oil-contaminated soils and grounds and method for production thereof. *RU Patent* 2615526.
33. Latypova, D. R., Badamshin, A. G., Kuleshov, S. P., et al. (2015). New high-efficiency carbon-silica sorbent. *Russian Journal of Applied Chemistry*, 88(9), 1428-1433.
34. Safarov, A. Kh., Yagafarova, G. G., Akchurina, L. R., et al. (2020). Promising Directions of Soil Reclamation Contaminated with High-Viscosity Heavy Oil. *SOCAR Proceedings*, 2, 119-123.
35. Koronelli, T.V. (1996). Principles and methods for raising efficiency of biological degradation of hydrocarbons in the environment: a review. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 32(6), 584-585.
36. Atlas, R.M., Cerginella, C.E. (1995). Bioremediation of petroleum pollutants. *Bioscience*, 45, 332-338.

**Разработка техногенного грунта на основе бурового шлама, образованного в процессе строительства скважин Винно-Банновского нефтяного месторождения Самарской области**

**А.С.Губа<sup>1</sup>, Р.Н.Бахтизин<sup>2</sup>, Р.И.Аблеев<sup>3</sup>,  
А.В.Фахреева<sup>4</sup>, Ф.Ф.Мусин<sup>4</sup>, В.А.Докичев<sup>4,5</sup>**

<sup>1</sup>ООО «СамараНИПИнефть», Самара, Россия; <sup>2</sup>Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия;

<sup>3</sup>Академия наук Республики Башкортостан, Уфа, Россия;

<sup>4</sup>Уфимский институт химии УФИЦ РАН, Уфа, Россия;

<sup>5</sup>Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа, Россия

**Реферат**

Изучен минералогический, химический и гравиметрический состав бурового шлама, образованного в процессе строительства скважин Винно-Банновского нефтяного месторождения в Самарской области. Установлено, что выбуренная порода, входящая в состав бурового шлама, состоит из следующих породообразующих минералов – кальцита, кварца, доломита, волластонита, железосодержащего анкерманита и анкерита. Превышение валового содержания предельно допустимой концентрации (ПДК) тяжелых металлов в буровом шламе наблюдается для свинца, мышьяка и ртути. Содержание нефтепродуктов находится в пределах  $0.64 \pm 0.27$  г/кг и не превышает ПДК по нефти. Предложен способ получения экологически безопасного водопроницаемого техногенного грунта путем механического смешения бурового шлама с природным песком, фосфогипсом и сорбентом в соотношении 53:40:2:1, приводящего к снижению токсического воздействия поллютантов за счет уменьшения их концентрации и сорбции на сорбенте. Полученный при утилизации бурового шлама грунт по физическим и химическим характеристикам является техногенным дисперсным грунтом по ГОСТ 25100 – 2020 «Грунты. Классификация» и может быть использован при строительстве грунтовых оснований производственных, вспомогательных площадок.

**Ключевые слова:** экология; утилизация; отходы бурения; буровой шлам; техногенный грунт; сорбент.

**Samara bölgəsindəki Vinno-Bannovsk neft yatağının quyu tikintiləri prosesində əmələ gələn qazma şlamları əsasında texnogen qrunտun işlənməsi**

**A.S.Quba<sup>1</sup>, R.N.Baxtizin<sup>2</sup>, R.İ.Ableyev<sup>3</sup>, A.V.Faxreyeva<sup>4</sup>, F.F.Musin<sup>4</sup>, V.A.Dokiçev<sup>4,5</sup>**

<sup>1</sup>Samara Neft Elmi Tədqiqat Layihə İnstitutu, Samara, Rusiya;

<sup>2</sup>Ufa Dövlət Neft Texniki Universiteti, Ufa, Rusiya;

<sup>3</sup>Başqırdıstan Respublikasının Elmlər Akademiyası, Ufa, Rusiya;

<sup>4</sup>REA Ufa Federal Tədqiqat Mərkəzinin Ufa Kimya İnstitutu, Ufa, Rusiya

<sup>5</sup>Ufa Dövlət Aviasiya Texniki Universiteti, Ufa, Rusiya

**Xülasə**

Samara bölgəsindəki Vinno-Bannovsk neft yatağında quyu tikintisi prosesində əmələ gələn qazma şlamlarının mineraloji, kimyəvi və qravimetrik tərkibləri tədqiq edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, qazma şlamının tərkibdə olan qazılmış süxur aşağıdakı süxurəmələgətirən minerallardan – kalsit, kvarts, dolomit, vollastonit, dəmir tərkibli ankermanit və ankeritdən ibarətdir. Qazma şlamlarında ağır metalların yolverilən konsentrasiya həddinin (YKH) ümumi miqdarının aşılması qurğuş, arsen və civədə müşahidə olunur. Neft məhsullarının miqdarı  $0.64 \pm 0.27$  q/kg həddində olur və neft üzrə YKH-ni aşmır. Qazma şlamının təbii qum, fosfoqips və sorbent ilə 53:40:2:1 nisbətində mexaniki qarışdırılması yolu ilə ekoloji cəhətdən təhlükəsiz sukeçirici texnogen qrunт əldə edilməsi üçün üsul təklif olunmuşdur. Bu üsul pollütantların konsentrasiyasının azaldılması və sorbentdə sorbsiyası hesabına pollütantların toksiki təsirinin aşağı düşməsinə gətirib çıxarır. Qazma şlamlarının utilizasiyası zamanı əldə edilən qrunт fiziki və kimyəvi xarakteristikalarına görə QOST 25100 – 2020 «Qrunт. Təsnifat» uyğun olaraq texnogen dispers qrunт hesab olunur və istehsalat və köməkçi sahələrin qrunт özüllərinin tikintisində istifadə edilə bilər.

**Açar sözlər:** ekologiya; utilizasiya; qazma tullantıları; qazma şlamı; texnogen qrunт; sorbent.