

высокая когезия родственных структур позволили получить высокоэффективный материал с заданным набором свойств.

Особый интерес вызывает использование отходов промышленности в производстве силикатных ячеистых бетонов. Эффективность использования промышленных отходов обусловлена также высокой долей затрат на сырье (30-40%) в структуре себестоимости силикатных ячеистых материалов. В частности, замена цемента в газобетоне другими вяжущими позволяет снизить стоимость сырьевых материалов на 8-10% при использовании смешанного известково-цементного вяжущего; на 25% – для известково-шлакового и до 80% при использовании сланцевольного.

Безусловно, возможности геоники поистине не ограничены. Подбирая технологические режимы обработки (автоклавные, гидротермальные, высокотемпературные и др.) можно направлено управлять синтезом композиции с повышенными эксплуатационными характеристиками. Геохимия каждого элемента, содержащегося в земной коре, – это источник знаний и прототип разработки новых материалов с заданными свойствами, по сути «готовая» методология создания искусственных материалов различного технического назначения.

## ПРИМЕНЕНИЕ БУРОВЫХ ШЛАМОВ В ИЗГОТОВЛЕНИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

**В.Р. Галеев**

Научный руководитель - профессор О.В. Казьмина

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Одной из актуальных проблем современной экологии является снижение уровня опасности при обращении с некоторыми видами отходов. Буровые шламы относятся к таким опасным отходам и представляют собой стойкие водонефтяные суспензии, твердая часть которых состоит из продуктов разрушения горных пород забоя и стенок скважины, продуктов истирания бурового снаряда и обсадных труб, глинистых минералов [1]. За счет содержания токсичных компонентов буровых растворов, нефтяных углеводородов, а также тяжелых металлов, буровые шламы оказывают вредное воздействие на окружающую среду и здоровье человека, основным фактором чего является их токсичность.

Отрицательное воздействие буровых шламов определяется следующими факторами:

- токсикологическое влияние на человека и экологию;
- нефтяные углеводороды накапливаются в тканях растений и органах животных;
- содержащиеся в буровых шламах тяжелые металлы (ртуть, кадмий, свинец, мышьяк, цинк и др.) загрязняют гидросферу и изменяют физико-химические параметры воды;
- комплексное вредное воздействие, оказываемое на почву.

Нефть и ее фракции представляют собой главный токсичный агент в составе буровых шламов, скапливающийся в процессе бурения при их контакте с сырой нефтью. Согласно международным стандартам, допустимое содержание нефти в сбрасываемых буровых шламах после их очистки, должно быть не более 100 г/кг. Так же в буровых шламах содержатся различные химические соединения, применяемые для приготовления буровых растворов. В шламе содержится глина в количестве от 30 до 90 % и утяжелитель – 10-30 % [1].

В литературе описаны различные подходы к снижению вредного воздействия буровых шламов. На сегодняшний день основным и наиболее часто используемым методом утилизации буровых отходов будет их захоронение в шламовых амбарах. Для реализации этого способа буровой шламы свозятся в естественные овраги, отработанные карьеры и специально вырытые котлованы, с целью их захоронения. Данный метод имеет ряд недостатков. Во-первых, буровой шламы продолжают представлять опасность для окружающей среды, хоть и в меньшей степени. Во-вторых, остается не реализованной возможность дальнейшего использования бурового шлама, в качестве вторичного материального ресурса.

С целью реализации этой возможности, в последнее время, предпочтение отдается способам переработки бурового шлама, предполагающим его дальнейшее использование. Например, применение фильтрующих оболочек (геоконтейнерная обработка). Сущность данного способа заключается в обезвоживании буровых шламов в геоконтейнерах. Геоконтейнеры представляют собой оболочки, изготовленные из фильтрующих текстильных материалов, что позволяет производить обработку шламов в одном технологическом узле. Происходящие в геоконтейнерах сложные процессы в основном определяются влиянием двух сил: силы гидростатического давления слоя шлама и капиллярной силы всасывания жидкости в межпоровое пространство. Обработываемый буровой шламы приобретает прочностные свойства грунтоподобных материалов [1]. Данный метод имеет как достоинства, так и недостатки. Достоинством переработки буровых шламов с использованием геоконтейнеров является отсутствие капитальных цехов механического обезвоживания, низкие материало- и энергозатраты. Недостатком является сложность процессов, протекающих при обезвоживании буровых шламов в фильтрующем контейнере, и трудность в их управлении.

Второй способ утилизации буровых шламов это их переработка в буролитовую смесь в шламовых амбарах непосредственно на территории кустовых площадок [7]. Использование бурового шлама в качестве основного компонента буролитовой смеси реализуется с использованием цемента, песка и карбомидного пеноизола. Исходя из степени влажности применяемого бурового шлама, состав смеси может изменяться. С добавлением компонентов в буровой шламы масса смеси будет увеличиваться, но при этом объем будет оставаться без изменений. Материал, получаемый в процессе реализации данного метода, используется для отсыпки оснований кустовых площадок, укрепления откосов дорог и рекультивации шламовых амбаров [7]. К недостаткам метода можно отнести происходящее образование большого объема продукта, который не применяется ввиду низких потребительских свойств [8].

Третьим примером переработки буровых шламов является его использование как компонента массы для получения керамзита и каталитических гранулированных материалов. Керамзит часто используется для получения керамзитно-бетонных блоков. Каталитические материалы перспективны для использования в технологии глубокой очистки сточных вод от растворенных органических веществ и в технологии переработки нефтешламов для ускорения процесса компостирования [5].

Другим примером использования буровых шламов может быть его применение в качестве техногенной добавки для стеновой керамики при производстве керамического кирпича. Добавление бурового шлама позволяет не только повысить основные технические показатели низкосортного алюмосиликатного сырья, но и дает возможность получения новых видов стеновой керамики.

Таким образом, анализ способов обезвреживания показал, что наиболее перспективным является способ переработки буровых шламов в готовый продукт. Одним из наиболее рациональных способов переработки шламов можно считать их применение в качестве сырья для строительной отрасли, которая, как известно, относится к масштабным и многотоннажным производствам [4].

Цель работы – установить принципиальную возможность использования бурового шлама в качестве компонента смеси для изготовления строительного камня, применяемого в дорожном строительстве, с получением относительно дешевого материала.

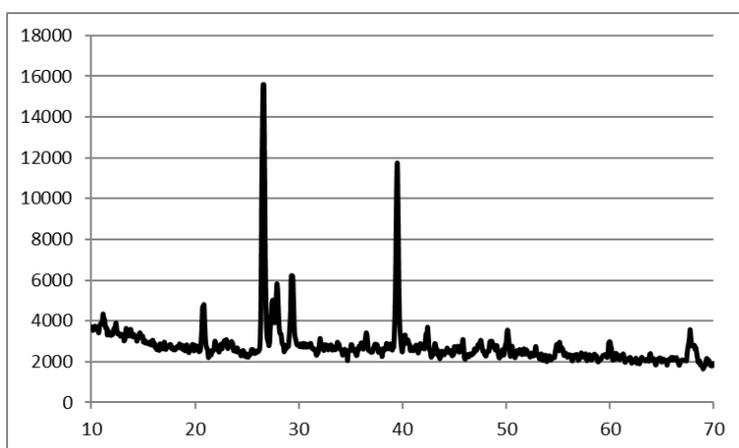


Рис. 1 Рентгенограмма исходного бурового шлама

В качестве объекта исследования выбран буровой шлам, высушенный при комнатной температуре до порошкообразного состояния (рис. 1). Первоначально шлам измельчался в шаровой мельнице с последующим добавлением цемента марки I 25,5 Б в количестве 15 % от массы шлама и 30 % песка. Далее в смесь добавляли 5 % диатомита и воду с перемешиванием и образованием удобоукладываемой массы, которую переносили в формы. Через сутки образцы извлекали и размещали в ванне с гидравлическим затвором для протекания процессов твердения в течение семи дней. Для определения прочностных характеристик было изготовлено шесть образцов

размером 10×10×10 мм. Результаты измерений основных свойств, изготовленных образцов указаны в таблице 1. Выявлено, что средняя плотность составляет 800 кг/м<sup>3</sup>, прочность при сжатии 2 МПа. Данные характеристики указывают на относительно низкую прочность образцов.

Таблица 1

Состав исходной смеси и основные характеристики образцов

Состав исходной смеси, мас. %				Количество воды, %	Прочность при сжатии, σ, МПа	Плотность, ρ, кг / м <sup>3</sup>
шлам	песок	цемент	диатомит			
50	30	15	5	76	2	800

В результате проведенных экспериментов на основе бурового шлама получен материал, который, однако имеет низкую механическую прочность, что требует корректировки исходного состава. При применении данного материала в строительстве и укреплении внутри промышленных дорог его прочность должна соответствовать требованиям ГОСТ 23558-94, а именно достигать значения не меньше 10 МПа. Это в свою очередь позволит сохранять дороги с неоднородным и неустойчивым составом грунта. Учитывая, что материал состоит из материалов неорганического происхождения, а токсичные составляющие переходят в твердое нерастворимое состояние, продукт в перспективе можно рассматривать как экологически безопасный для окружающей природной среды, по сравнению с исходными буровыми отходами, которые относятся к третьему классу опасности. Это позволит снизить их вредное влияние как на окружающую среду, так и на здоровье людей, непосредственно занятых в данной области.

#### Литература

1. Васильев А.В., Тупицына О.В. Экологическое воздействие бурового шлама и подходы к их переработке // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – Т. 16. – № 5. – С. 308 – 313.
2. Гурьева В.А., Дорошин А.В., Андреева Ю.Е. Стеновая керамика на основе низкосортного алюмосиликатного сырья и техногенных добавок // Промышленное и гражданское строительство. – 2017. – № 11. – С. 55 – 60.
3. Использование отходов бурения для строительного материала, пригодных для рекультивации шламовых амбаров на месторождении ООО "ЛУКОЙЛ-ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ". [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_22304866\\_91661050.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_22304866_91661050.pdf), свободный – (29.03.2019).

- Миниغازимов Н.С. Нефтьшамы – резерв углеводородного сырья в РБ // Ресурсы – и энергосбережения в РБ: проблемы и решения: Тр. I науч.-техн. респ. конф. Уфа, 17 октября 1997. Уфа, 1997. – Ч. 2. – С. 6 – 10.
- Назаров М.В. Система инженерной защиты природных объектов в нефтехимическом комплексе // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2014. – №5. – С. 10 – 15.
- Пичугин Е.А., Шенфельд Б.Е. Оценка физических, прочностных и деформационных характеристик смесей на основе буровых шламов // Экология и промышленность России. – 2015. – Т. 19. – № 12. – С. 16 – 19.
- Тимофеев Э.А., Курамшина Н.Г. Переработка буровых шламов в продукцию различного назначения // Молодежь и наука. – 2018 (2). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_35294927\\_14015176.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_35294927_14015176.pdf), свободный.
- ТУ 5711-001-45784016-2013 Материал строительный, пригодный для рекультивации шламовых амбаров. Дата введения: 2013.10.15.

## ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ КОМПОНЕНТОВ

Е.А. Дмитриева

Научный руководитель - профессор Е.Н. Потапова

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, г. Москва, Россия

В настоящее время остро стоит вопрос о защите окружающей среды. Как известно, выбросы углекислого газа могут привести к существенным изменениям на планете за счет парникового эффекта – повышения температуры поверхности земли по причине скопления парниковых газов в атмосфере. Выброс парниковых газов, особенно диоксида углерода ( $\text{CO}_2$ ), связан главным образом со сжиганием топлива и с декарбонизацией известняка, который в чистом виде содержит 44 мас. %  $\text{CO}_2$  [4]. Производство цемента отнесено к приоритетным источникам выбросов парниковых газов во всем мире. Ученые по всему миру стараются снизить количество выделяемого  $\text{CO}_2$  за счет замены основного компонента цемента – клинкера. Альтернативой клинкеру могут быть различные шлаки и золы, но их количество в составе цемента ограничено, поскольку требуются определенные свойства полученных вяжущих материалов [1].

Поэтому, особое внимание уделяется изучению кальцинированных глин, которые могут выступать как пуццолановые добавки. Глина, как минеральное сырье, присутствует практически во всех странах мира, и довольно легко добывается, в результате чего, производство с использованием глинистых добавок экономически выгодно. Обычно глина содержит смесь различных глинистых минералов, таких как каолинит, иллит, монтмориллонит и большую часть примесных минералов, таких как кварц, кальцит, слюды. Эти примеси сложно удаляются и требуют влажного обогащения с последующей сушкой. В связи с этим, термическая обработка глин – одно из важных направлений снижения содержания клинкера в цементе [3].

Алюмосиликатные компоненты (глины) разного происхождения имеют свой уникальный состав. Чтобы подобрать оптимальный режим обжига необходимо прежде изучить минералогический состав добытой глины. Были изучены 4 образца разного происхождения и разного химического состава (табл. 1).

Таблица 1

Химический состав алюмосиликатных компонентов

№	Обозначение	Месторождение	Содержание оксидов, %						
			$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	CaO	MgO	$\text{SO}_3$	$\text{R}_2\text{O}$
1	Гл 1	Волгоградская область	57,79	13,50	5,42	6,32	1,93		2,33
2	Гл 2	Брянская область	65,76	14,32	5,44	2,29	1,68	0,56	0,17
3	Гл 3	Московская область	40,56	13,01	5,59	10,18	1,58	4,27	0,61
4	Гл 4		65,41	24,48	0,66			0,05	

Образцы глин были изучены с помощью рентгенофазового анализа. Было установлено, что Гл 1 состоит из минералов: монтмориллонита ( $d = 4,53; 2,60; 1,51 \text{ \AA}$ ), галлуазита ( $d = 4,4; 2,58; 1,69 \text{ \AA}$ ); гидрослюды ( $d = 4,56; 3,34; 2,02 \text{ \AA}$ ). Структура монтмориллонита ( $(\text{Al}, \text{Mg})_2(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ) близка к пиррофиллиту. Соотношение  $\text{SiO}_2 : \text{R}_2\text{O}_3$  в монтмориллоните может колебаться от 3,5 до 5, иногда достигает 8-9 и больше. В природе встречается в виде плотных, землистых, скрытокристаллических масс, залежей бентонитовых глин, в илистой фракции почв и т.д. Галлуазит ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) – довольно широко распространен в природе, залегает в смеси с каолинитом, в виде прожилок в коре выветривания. Природные гидрослюды содержат железо, магний, щелочи и др. Сложные и переменные по составу и свойствам продукты гидратации и выветривания слюд, промежуточные между слюдами и каолинитом. Содержание минералов в глинах условно рассчитывали по интенсивности основных дифракционных отражений (табл. 2).

Таблица 2

Содержание минералов в Гл 1

Название минерала	Монтмориллонит	Галлуазит	Гидрослюды
Интенсивность основного дифракционного отражения по РФА, %	22,07	5,7	9,7
Содержание, %	58,9	15,2	25,9