

8. Грачева, Е. И. Применение аналитического метода расчета надежности элементов систем электро-снабжения на основе вероятностных моделей / Е. И. Грачева, А. Р. Сафин, Р. Р. Садыков // Надежность и безопасность энергетики. – 2017. – Т. 10, №. 1. – С. 48–52.
9. Белов, О. А. Системная интеграция контроля электрооборудования / О. А. Белов, А. И. Парфенкин // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2014. – Т. 10, №. 1. – С. 14–17.
10. Интеллектуальные системы учета как инструмент снижения потерь электрической энергии / Т. А. Мусаев [и др.] // Строительство: новые технологии – новое оборудование. – 2021. – № 2. – С. 52–55. – EDN GDPLEJ.

УДК 911.3:502.7:622.276

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ДЛЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАЗРЫВА ПЛАСТА

В. А. Климович

*Белорусский научно-исследовательский и проектный институт нефти,
РУП ПО «Белоруснефть», г. Гомель, Республика Беларусь*

Рассмотрены вопросы использования золошлаковых отходов в качестве расклинивающего агента и как функциональной добавки к жидкости ГРП, последствия их применения.

Ключевые слова: отходы, расклинивающие агенты, раздавливание, функциональная добавка.

ASSESSMENT OF THE POSSIBILITY OF USING ASH AND SLAG WASTE FROM WOOD PROCESSING ENTERPRISES OF THE REPUBLIC OF BELARUS FOR HYDRAULIC FRACTURING

V. A. Klimovich

Belarusian Oil Research and Design Institute, RUP PO “Belorusneft”, Gomel

The article discusses the use of ash and slag waste as a proppant and as a functional additive to hydraulic fracturing fluid, and the consequences of their use.

Keywords: waste, proppants, crushing, functional additive

Согласно классификатору отходов Республики Беларусь (утвержден постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды № 3-Т от 09.09.2019 г.) в процессе экономической деятельности предприятий Министерства энергетики и предприятий Концерна лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности образуются следующие виды отходов [1]:

- зола от сжигания древесины, зола от сжигания дров (код отхода 3130601);
- зола и шлак топочных установок (код отхода 3130200);
- зола от сжигания торфобрикетов (код отхода 3130400);
- зола от сжигания торфа с древесиной (код отхода 3130401).

На территории Республики Беларусь, согласно данным МинЭнерго, от работы ТЭЦ суммарно за 2022 г. образовалось около 19,6 тыс. т золы.

В мировой практике использование золошлаков в технологиях ГРП не распространено и происходит в двух направлениях:

– использование мелкой фракции золы сухой при проведении ГРП («Fly Ash Frac») [2]. Суть технологии заключается в использовании зольных сухих отходов для

крепления микротрещин, как замена кварцевому песку, и повышении эффективности жидкости. Данные работы проводились на месторождениях Северной Америки, Китая и Украины на низкопроницаемых и ультранизкопроницаемых коллекторах;

– использование обогащенной оксидом кремния золы для изготовления проппанта. Данное направление характерно для Китая, Австралии (компания LWP Technologies) и России (компания «ЦИСМиТ») [3]. Основная цель данных работ – вовлечение скопившихся значительных объемов золошлаковых отходов, снижение стоимости расклинивающих агентов и замещение импортных керамических и бокситных проппантов.

С целью определения возможности использования золошлаковых отходов при проведении ГРП в РУП ПО «Белоруснефть» рассмотрено два направления:

- 1) использование золошлаковых отходов в качестве расклинивающего агента;
- 2) использование золошлаковых отходов как функциональной добавки к жидкости ГРП (повышение эффективности жидкости, кольматирующая добавка).

В качестве образцов для лабораторных исследований использованы образцы золошлаковых отходов, предоставленные:

- ОАО «Гомельдрев», г. Гомель;
 - отвалы «Головные сооружения», г. Речица, ОАО «Речицадрев»;
 - отвалы «Салтанов», г. Речица, ОАО «Речицадрев»;
 - образцы отходов на основе базальта, ОАО «Гомельстройматериалы», г. Гомель.
- Результаты испытаний образцов золошлаковых отходов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Технические показатели образцов золошлаковых отходов

Наименование показателей	Требования к песку фракции 30/50	Фракция 30/50 золошлаковых отходов ОАО «Гомельдрев»	Фракция 30/50 золошлаковых отходов ОАО «Речицадрев», отвалы «Головные сооружения»	Фракция 30/50 золошлаковых отходов ОАО «Речицадрев», отвалы «Салтанов»	Фракция 30/50 базальтовых отходов ОАО «Гомельстройматериалы»
Насыпная плотность, г/см ³	Не более 1,7	0,71	1,01	1,08	1,55
Массовая доля гранул основной фракции, %	Не менее 90,0	<u>18,63</u>	<u>6,92</u>	<u>5,89</u>	<u>19,55</u>
Гранулометрический состав, %: Остаток на сите:					
№ 20	Не более 0,1	<u>37,6</u>	<u>66,24</u>	<u>76,06</u>	<u>42,71</u>
№ 30		6,98	3,53	3,39	37,04
№ 40		8,59	3,49	3,0	15,53
№ 45		5,07	1,61	1,44	2,73
№ 50		4,97	1,82	1,45	1,29
№ 60		4,33	1,52	1,15	0,52
№ 70		6,36	1,9	1,32	0,12
поддон	Не более 1	<u>26,1</u>	<u>19,89</u>	<u>12,19</u>	<u>0,06</u>

Окончание табл. 1

Наименование показателей	Требования к песку фракции 30/50	Фракция 30/50 золошлаковых отходов ОАО «Гомельдрев»	Фракция 30/50 золошлаковых отходов ОАО «Речицадрев», отвалы «Головные сооружения»	Фракция 30/50 золошлаковых отходов ОАО «Речицадрев», отвалы «Салтанов»	Фракция 30/50 базальтовых отходов ОАО «Гомельстройматериалы»
Сопротивление раздавливанию при 5076 psi (35,0 МПа), %	Не более 16,0	48,34	54,83	53,37	31,74
Сферичность	Не менее 0,6	0,1	0,1	0,2	0,8
Округлость	Не менее 0,5	0,2	0,1	0,1	0,8
Массовая доля влаги, %	Не более 0,5	20,68	0,22	4,38	0,01

По результатам выполненных исследований основные параметры следующие:
 – образцы ОАО «Речицадрев», отвалы «Головные сооружения» и «Салтанов» характеризуются наличием в своем составе преимущественно крупных гранул (66 и 76 %), в образцах ОАО «Гомельдрев» и «Гомельстройматериалы» доля крупной фракции меньше и составляет 38 и 43 %;

– неоднородность гранулометрического состава характерна для всех образцов отходов;

– образцы золошлаковых отходов характеризуются минимальными значениями сферичности и округлости;

– доля пригодной для ГРП фракции 30/50 незначительна (максимально 20 %);

– все испытанные образцы имеют крайне низкое сопротивление раздавливанию – 32–54 % (при требуемом не более 16 %).

Также были проведены исследования на определение минералогического состава отобранных образцов золошлаковых отходов (образцы ОАО «Гомельдрев», ОАО «Речицадрев», отвалы «Головные сооружения» и «Салтанов»). Полученные результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2

Минералогический состав золошлаковых отходов

Проба	Акерманит $\text{Ca}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7$	Кварц SiO_2	Магнетит Fe_3O_4	Кальцит CaCO_3
Головные	51,3	27,6	21,1	0
Салтанов	40,4	30,5	29,1	0
Гомельдрев	10	58	0	32

По данным табл. 2, во всех образцах присутствует акерманит, причем доля данного минерала колеблется от 10 до 51,3 %. Акерманит ($\text{Ca}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7$) – продукт контактового метаформизма кремнистых известняков и доломитов, важный компонент доменных шлаков и цементного клинкера. В состав данного минерала входят магний

Mg, кальций Ca, кислород O₂ и кремний Si. При контакте с водой происходит частичное или полное растворение оксидов кальция и магния, что приводит к образованию гидроксидов (Mg(OH)₂, Ca(OH)₂). Растворение данных компонентов в воде приводит к уменьшению содержания твердой фазы в золе, соответственно, материал становится менее прочным. Наличие гидроксида магния препятствует сшивке геля, а гидроксид кальция приводит к увеличению времени сшивки. Водородный показатель водной вытяжки зольных отходов характеризуется значениями 11,9, т. е. создаваемая среда является щелочной, что недопустимо и критично для свойств жидкости разрыва. Повышенное значение pH приводит к ухудшению реологических свойств геля.

Таким образом, исследования образцов золошлаковых отходов различных предприятий г. Гомеля и г. Речицы в качестве расклинивающего материала (как альтернатива фрак-песка фракции 30/50) и в качестве функциональной добавки к жидкости разрыва показали их полное несоответствие требуемым технологическим параметрам. Данные компоненты существенно ухудшают свойства жидкости ГРП и способны привести к технологическим осложнениям при проведении работ, что делает недопустимым их применение в технологическом процессе.

Литература

1. Об утверждении, введении в действие общегосударственного классификатора Республики Беларусь : постановление М-ва природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь, 9 сент. 2019 г., № 3-Т // Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W21934631p&p1=1>. – Дата доступа: 09.10.2023.
2. Low-Density and High-Strength Fracking Proppant Made by High-Alumina Fly Ash // CGGP Journal. – Mode of access: <https://ccgpjournal.org/article/33234-low-density-and-high-strength-fracking-proppant-made-by-high-alumina-fly-ash>. – Date of access: 09.10.2023.
3. Композитный проппант на основе золошлаков // Центр инноваций современных материалов и технологий. – Режим доступа: <https://proppant.ru/>. – Дата доступа: 09.10.2023.

УДК 621.311:620.179.13

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМ ПОСТОЯННОГО ТЕПЛОВИЗИОННОГО КОНТРОЛЯ ПРИ ПЕРЕХОДЕ НА СТРАТЕГИЮ ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ СОСТОЯНИЮ

Д. А. Лапченко

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Рассмотрены преимущества перехода на стратегию обслуживания и ремонта энергетического оборудования по техническому состоянию, целесообразность использования систем постоянного тепловизионного контроля для обеспечения надежности, безопасности и повышения эффективности работы энергооборудования.

Ключевые слова: ремонтные работы, безотказности, эффективность, планово-предупредительный ремонт

USE OF CONTINUOUS THERMAL IMAGING MONITORING SYSTEMS DURING THE TRANSITION ON THE STRATEGY FOR MAINTENANCE AND REPAIR OF POWER EQUIPMENT ACCORDING TO TECHNICAL CONDITION

D. A. Lapchenko

Belarusian National Technical University, Minsk