



УДК 622.794

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ УГОЛЬНОГО ШЛАМА ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

Мурко Е.В.¹, Марков С.О.², Тюленев М.А.²

¹ Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева

² Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева



Информация о статье

Поступила:

24 декабря 2023 г.

Рецензирование:

11 марта 2024 г.

Принята к печати:

25 марта 2024 г.

Ключевые слова:

угольный шлам,
обогажительная фабрика,
оболочечная
фильтровальная конструкция,
низкозатратная технология
обезвоживания, геотекстиль,
геосинтетик

Аннотация.

Обезвоживание водоугольной пульпы или сгущенного продукта в условиях действующих обогажительных фабрик предприятий по разработке угольных месторождений представляет собой перспективное направление получения техногенного полезного ископаемого. Также необходимо отметить, что на качество получаемого продукта самым непосредственным образом будет влиять качество исходного сырья. При большом содержании углистых частиц и низкой средней зольности твердой фазы такая пульпа будет представлять собой интерес с точки зрения получения дополнительных объемов угля после обезвоживания. В работе исследуется динамика осушения водоугольной пульпы, получаемой в радиальном сгустителе действующей обогажительной фабрики в оболочечных фильтровальных конструкциях (ОФК). Установлено влияние характера размещения фильтровальной конструкции (вертикальное и горизонтальное) на интенсивность потери влаги в шламовом теле, а также характер потери влаги внутри шламового тела по отношению к стенкам конструкции.

Для цитирования: Мурко Е.В., Марков С.О., Тюленев М.А. Исследование обезвоживания угольного шлама обогажительных фабрик // Техника и технология горного дела. – 2024. – № 1(24). – С. 58-76. – DOI: 10.26730/2618-7434-2024-1-58-76, EDN: EZXYGJ

Введение

Обогащение рядового угля, поступающего на обогажительные фабрики (ОФ), осуществляется разными способами. Один из них включает использование радиальных сгустителей для получения из шламовой воды с высоким содержанием жидкой фазы (около 5 кг твердой фазы на 1 м³ воды) сгущенного продукта, пригодного для дальнейшего осушения с применением фильтр-прессов или оболочечных фильтровальных конструкций (ОФК). Уменьшение содержания жидкой фазы в водоугольной пульпе посредством фильтр-прессов до 32-38% по массе не позволяет использовать осушенный продукт в технологических процессах по его переработке, поскольку требуется его дальнейшее осушение.

Поскольку доосушение такого продукта до кондиционных значений (15-20% влаги по массе) путем размещения его на открытых площадках требует значительных площадей и времени для осушения, его обезвоживание в ОФК представляется наиболее оптимальным вариантом, поскольку при этом достигается:

- высокая скорость осушения;
- обеспыливание поверхности осушаемого шламового тела за счет заключения его в ОФК;
- создаются условия для быстрой погрузки и дальнейшей транспортировки осушенного кека с использованием любой погрузочной техники (автокран, погрузчик, экскаватор).



В данной работе представлены результаты исследования сгущенного продукта (водоугольной пульпы), получаемой на выходе из радиального сгустителя ОФ, осушаемого по технологии обезвоживания с использованием оболочечных фильтровальных конструкций.

Целью работы является разработка и обоснование параметров низкочатратной технологии обезвоживания сгущенного продукта для обеспечения повышения экономической и экологической эффективности горных работ.

Идея работы заключается в использовании закономерностей массопереноса взвешенных частиц водоугольной суспензии путем фильтрования через специально изготовленные ОФК.

Задачи исследования:

1. Проведение экспериментальных работ по обезвоживанию сгущенного продукта.
2. Разработка рекомендаций по обезвоживанию угольных шламов.

Материалы и методы

В результате исследования и анализа исходного сырья, подлежащего обезвоживанию, было выявлено, что сгущенный продукт, поступающий из радиального сгустителя, представляет собой взвесь в воде твердых частиц угля и вмещающих пород крупностью от 0 до 0,5 мм с начальной влажностью (отношением массы воды к массе твердой фазы) от 180% до 131% и зольностью от 40% до 48%.

Нестабильность показателей сгущенного продукта обусловлена спецификой производственного процесса обогащения угля. При этом после планируемого перехода ОФ на улучшенную технологию флотации зольность исходного сырья увеличится, что может изменить область применения обезвоженного продукта.

Наряду с имеющимися аппаратурно-технологическими комплексами и технологиями улавливания и переработки угольных шламов [1] в настоящее время находят свое применение и низкочатратные технологии по их утилизации [2–6], где в качестве материала для изготовления ОФК могут служить различные геосинтетические материалы [7, 8]. Дальнейшая доочистка фильтрата может быть осуществлена стандартными технологиями очистки карьерных и шахтных сточных вод [9–11].

Кек, или обезвоженная пульпа, может быть использован как исходное сырье для дальнейшей переработки [12].

Для выполнения экспериментальных работ по обезвоживанию сгущенного продукта была разработана методика проведения эксперимента.

Методикой предполагалось решение следующих задач:

- выбрать материал для ОФК;
- разработать конструкцию ОФК;
- выбрать место проведения эксперимента;
- провести серию опытов по заполнению ОФК водоугольной пульпой с ее последующим обезвоживанием;
- провести наблюдения за процессом обезвоживания с фиксацией уровней откликов;
- проанализировать полученные результаты;
- разработать рекомендации по использованию ОФК для обезвоживания водоугольной пульпы в условиях действующей обогажительной фабрики.

Результаты и обсуждение

В качестве материала для изготовления ОФК могут служить различные геосинтетические материалы. Выбор наиболее оптимального геосинтетика определяется его фильтровальной способностью (т.е. способностью пропускать воду и задерживать твердые частицы), стоимостью и прочностью на разрыв.

Исходя из указанных параметров, для изготовления ОФК в качестве геосинтетика был выбран двуслойный полипропилен плотностью 125 г/м². Данный материал достаточно прочен, чтобы выдерживать вес шламового тела, образующегося внутри ОФК после обезвоживания, обладает удовлетворительными фильтрационными характеристиками и имеет низкую стоимость относительно других геосинтетиков, что подтверждается ранее проведенными исследованиями.



Для проведения эксперимента были изготовлены ОФК в следующем исполнении:

- основная емкость, представляющая собой сшитый мешок с размерами в ненаполненном состоянии 60×60×120 см (Рис. 1);
- закачной патрубков, позволяющий закрепить в нем присоединительную головку закачного трубопровода;
- ляжки для возможности установки ОФК в вертикальном положении либо для дальнейшей транспортировки ОФК с обезвоженным шламом.

Проведенные испытания на механическую прочность показали возможность заполнения ОФК до объема в 1 м³, т.е. до массы шламового тела в 1,5-1,8 т.



Рис. 1. Внешний вид ОФК (в незаполненном состоянии)
Fig. 1. Appearance of the SFC (unfilled)



Проведение эксперимента осуществлялось в условиях действующей обогажительной фабрики.

Из-за возможности подтопления площадки ввиду особенностей технологического процесса обогащения размещение ОФК предполагалось на деревянных поддонах (паллетах) (Рис. 2). Поддоны были размещены непосредственно под радиальным сгустителем, что обеспечило подключение ОФК без монтажа магистральных трубопроводов для подачи сгущенного продукта, т.е. сразу закачным трубопроводом – рукавом D75 с присоединительной головкой.



*Рис. 2. Установка поддонов
Fig. 2. Pallets Installation*

После подготовки площадки в здании радиальных сгустителей были размещены вышеупомянутые ОФК как в горизонтальном (Рис. 3), так и в вертикальном (Рис. 4) исполнении. На Рис. 5 приведена схема размещения ОФК в здании.



Рис. 3. Горизонтальное размещение ОФК
Fig. 3. Horizontal placement of SFC



Рис. 4. Вертикальное размещение ОФК: установка и подключение к закачному трубопроводу
Fig. 4. Vertical placement of the SFC: installation and connection to the injection pipeline

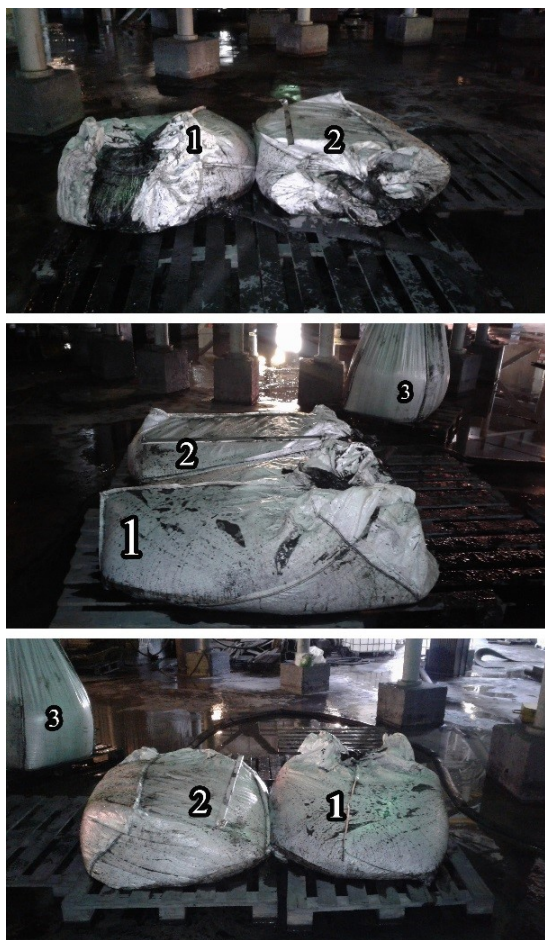


Схема расположения ОФК:

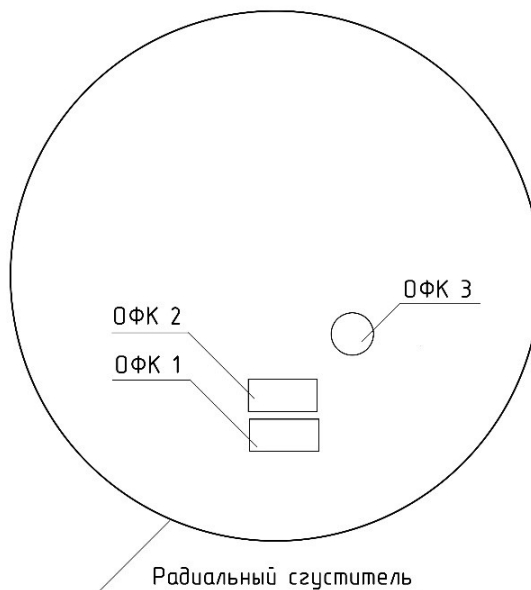


Рис. 5. Схема размещения и нумерации ОФК
Fig. 5. Scheme of location and numbering of SFC

Опыты по наполнению ОФК пульпой проводились в несколько этапов:

1. Подключение ОФК к закачному трубопроводу – рукаву D75, оснащённому присоединительной головкой (Рис. 6).
2. Максимально возможное заполнение ОФК пульпой (Рис. 7).

Обезвоживание шлама в ОФК было разделено на несколько этапов:

- частичное обезвоживание – между циклами заполнения ОФК;
- полное обезвоживание – после последнего заполнения ОФК пульпой.

Перед каждым последующим заполнением из разных точек ОФК отбирались пробы для определения влажности шламowego тела. Схема отбора проб для горизонтальных ОФК (№№ 1, 2) и вертикальной ОФК (№3) приведена на Рис. 8.

Для получения максимального объема результатов заполнения и обезвоживания разных ОФК производилось по-разному.

ОФК №1 (самая дальняя от центра радиального сгустителя, показана на Рис. 5) была заполнена 3 раза с интервалом в 7 дней между заполнениями. Результаты измерений влажности шлама по точкам забора проб приведены на Рис. 9.



Рис. 6. Подключение горизонтально расположенной ОФК
Fig. 6. Connection of a horizontally placed SFC



a)



b)

Рис. 7. Заполненные пульпой ОФК, расположенные: а – вертикально; б – горизонтально
Fig. 7. Pulp-filled SFCs located: a – vertically; b – horizontally

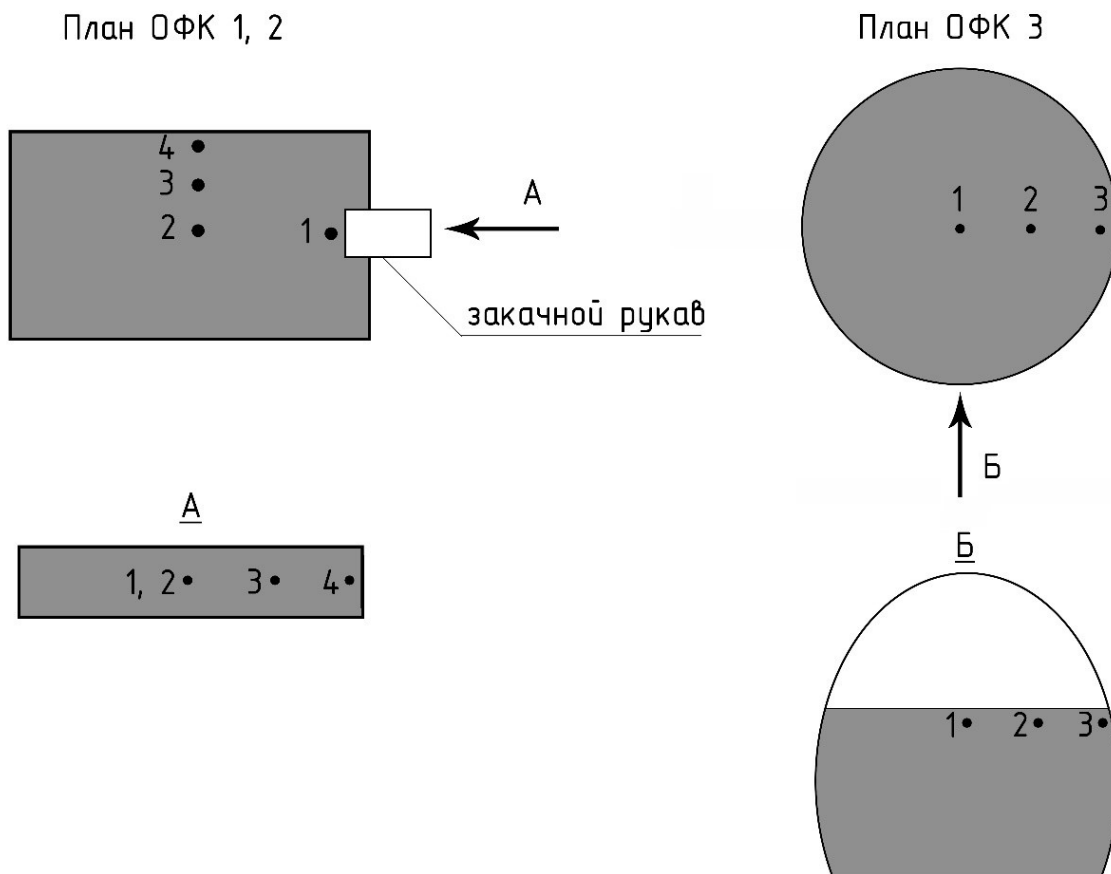


Рис. 8. Схема отбора проб для определения влажности шламowego тела
Fig. 8. Sampling scheme for slurry body moisture determination

Первое заполнение контрольных ОФК производилось пульпой влажностью 180%, второе (через 7 дней) – пульпой влажностью 167%, третье (также через 7 дней) – пульпой влажностью 131%. Разброс влажностей первоначального сгущенного продукта связан с неравномерностью технологического процесса осаждения и откачки сгущенного продукта из радиального сгустителя. На выходе из него в разное время может идти продукт с различным соотношением твердой и жидкой фазы (например, как с влажностью 131%, так и 180%).

Указанная особенность вариаций параметров исходного продукта не позволила провести количественные исследования процесса промежуточного обезвоживания, т.к. изменение влажности исходного (закачиваемого в ОФК) продукта влияло на влажность уже имеющегося в ОФК шламowego тела по-разному после каждого нового цикла закачки пульпы.

Уравнивание влажности исходного продукта в рамках данного исследования не предусматривалось и не проводилось.

Значения влажности в точке №1 отбора проб на графиках (Рис. 9, 10, 11) не приводятся, т.к. в этой точке было замечено влияние закачного рукава, выразившееся в резком уменьшении влажности шламowego тела. Поскольку площадь зоны влияния рукава по отношению к площади поверхности ОФК пренебрежимо мала (менее 1%), то значение влажности в данной точке не показательно.

Данные для построения графиков на Рис. 9 представлены в таблицах 1-3 и соответствуют отборам проб 26.09.2019, 03.10.2019 и 18.10.2019 соответственно (через 7 дней после первого заполнения, через 7 дней после второго заполнения и через 15 дней после третьего заполнения).

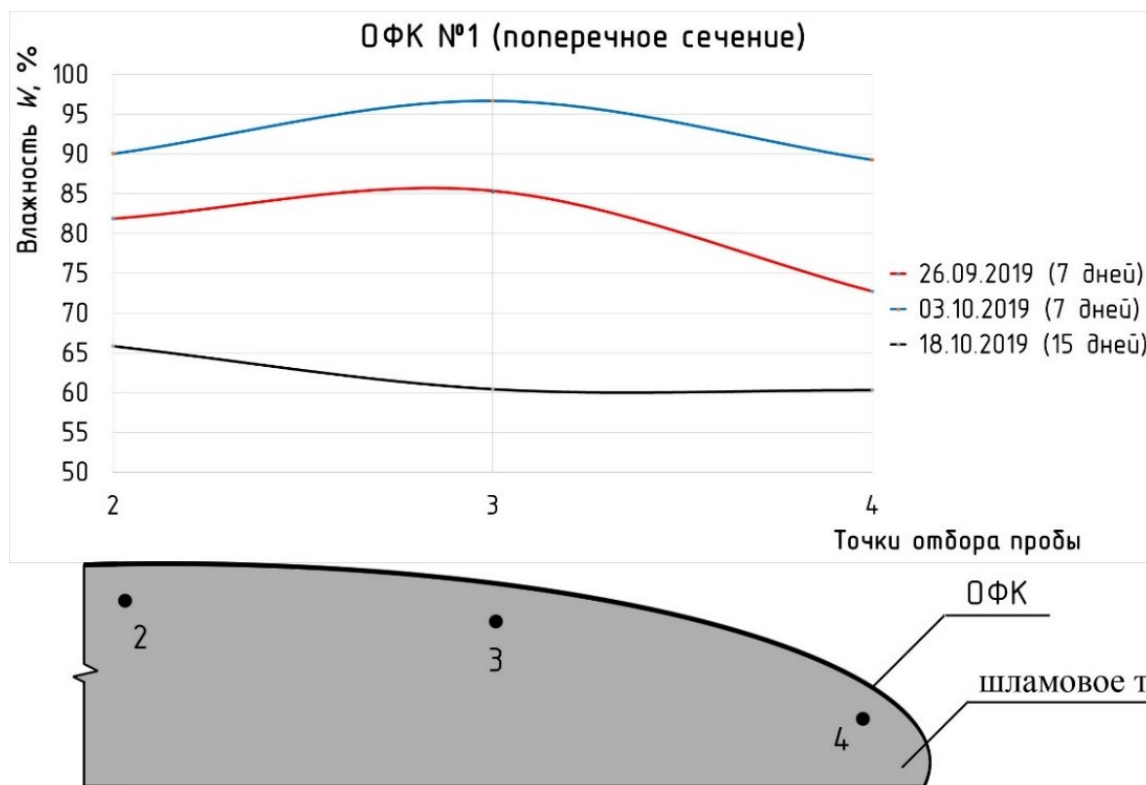


Рис. 9. Диаграмма изменения влажности шлама ОФК №1 с течением времени в разных точках отбора проб

Fig. 9. Diagram of change in sludge moisture content of SFC No.1 over time at different sampling points

Таблица 1. Данные для построения графиков изменения влажности со временем для разных точек отбора проб (к Рис. 9)

Table 1. Data for plotting moisture content change with time for different sampling points (to Fig. 9)

Проба	m_0 , г	m_1 , г	m_2 , г	Влажность W , %
Ш-1-26.09.2019-1	14,25	21,12	18,24	72,1804511
	14,25	21,53	18,47	72,5118483
	14,39	23,35	19,61	71,6475096
1 точка отбора пробы			Среднее	72,1132697
Ш-1-26.09.2019-2	15,1	21,04	18,36	82,208589
	14,91	22,49	19,05	83,0917874
	14,97	24,24	20,11	80,3501946
2 точка отбора пробы			Среднее	81,8835236
Ш-1-26.09.2019-3	14,68	20,71	17,88	88,4375
	14,29	20,35	17,62	81,981982
	13,8	21,47	17,93	85,7142857
3 точка отбора пробы			Среднее	85,3779226
Ш-1-26.09.2019-4	14,35	23,89	19,91	71,5827338
	14,35	26,49	21,34	73,676681
	14,52	18,24	16,67	73,0232558
4 точка отбора пробы			Среднее	72,7608902



Таблица 2. Данные для построения графиков изменения влажности со временем для разных точек отбора проб (к Рис. 9)

Table 2. Data for plotting moisture content change with time for different sampling points (to Fig. 9)

Проба	m_0 , Г	m_1 , Г	m_2 , Г	Влажность W , %
Ш-1-03.10.2019-1	14,78	23,89	19,45	95,0749465
	14,45	26,48	21,33	74,8546512
	13,94	24,29	19,67	80,6282723
1 точка отбора пробы			Среднее	83,51929
Ш-1-03.10.2019-2	14,84	24,02	19,81	84,7082495
	14,42	23,84	19,32	92,244898
	13,92	26,38	20,37	93,1782946
2 точка отбора пробы			Среднее	90,043814
Ш-1-03.10.2019-3	15,22	27,14	21,2	99,3311037
	15,02	29,04	22,34	91,5300546
	15,12	24,52	19,84	99,1525424
3 точка отбора пробы			Среднее	96,6712336
Ш-1-03.10.2019-4	15,22	23,96	19,83	89,5878525
	15,02	23,08	19,34	86,5740741
	15,06	30,47	23,1	91,6666667
4 точка отбора пробы			Среднее	89,2761977

Таблица 3. Данные для построения графиков изменения влажности со временем для разных точек отбора проб (к Рис. 9)

Table 3. Data for plotting moisture content change with time for different sampling points (to Fig. 9)

Проба	m_0 , Г	m_1 , Г	m_2 , Г	Влажность W , %
Ш-1-18.10.2019-1	14,36	29,53	24,01	57,2020725
	14,36	28,62	23,51	55,8469945
	14,52	24,76	21,06	56,5749235
1 точка отбора пробы			Среднее	56,5413302
Ш-1-18.10.2019-2	15,25	26,55	21,92	69,4152924
	15,08	25,57	21,44	64,9371069
	15,09	24,44	20,82	63,1762653
2 точка отбора пробы			Среднее	65,8428882
Ш-1-18.10.2019-3	14,78	24,96	21,21	58,3203733
	14,37	25,25	21,2	59,2972182
	13,88	21,03	18,25	63,6155606
3 точка отбора пробы			Среднее	60,4110507
Ш-1-18.10.2019-4	14,35	23,38	19,95	61,25
	14,42	23,79	20,22	61,5517241
	14,52	30,09	24,37	58,071066
4 точка отбора пробы			Среднее	60,29093

Параметры ОФК №1 после очередного цикла закачивания представлены в Таблице 4.

Таблица 4. Геометрические параметры ОФК №1 после очередного цикла закачивания
Table 4. Geometric parameters of SFC No.1 after the next injection cycle

Цикл закачивания	Начальная высота H_j , м	Длина, м	Ширина, м
1	0,21	1,4	0,9
2	0,32	1,4	1,05
3	0,32	1,4	1,05

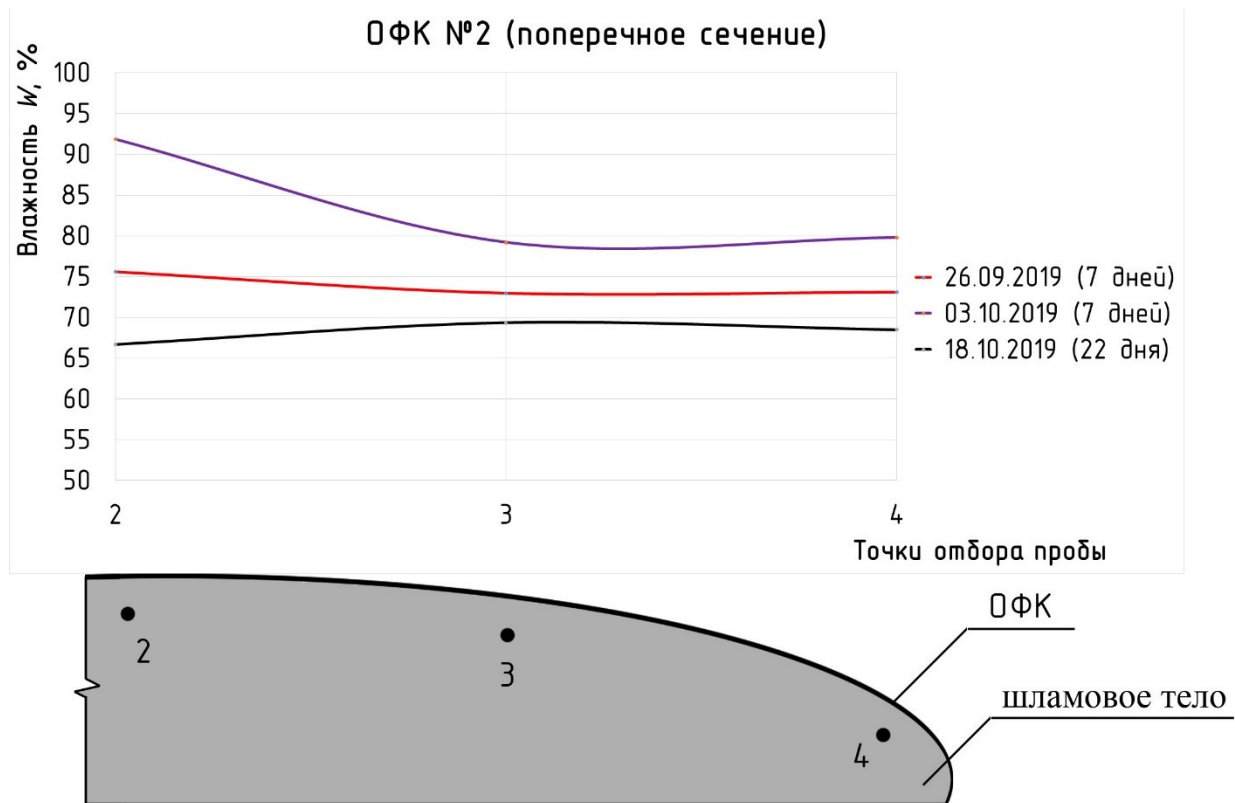


Рис. 10. Диаграмма изменения влажности шлама ОФК №2 с течением времени в разных точках отбора проб

Fig. 10. Diagram of change in sludge moisture content of SFC No.2 over time at different sampling points

Данные для построения графиков на Рис. 10 представлены в Таблицах 5-7 и соответствуют отборам проб 26.09.2019, 03.10.2019 и 18.10.2019 соответственно (через 7 дней после первого заполнения, через 7 дней после второго заполнения и через 22 дня после второго заполнения).

Таблица 5. Данные для построения графиков изменения влажности со временем для разных точек отбора проб (к Рис. 10)

Table 5. Data for plotting moisture content change with time for different sampling points (to Fig. 10)

Проба	m_0 , Г	m_1 , Г	m_2 , Г	Влажность W , %
Ш-2-26.09.2019-1	15,22	19,39	17,69	68,8259109
	15,06	20,14	18,07	68,7707641



	15,08	22,71	19,63	67,6923077	
1 точка отбора пробы				Среднее	68,4296609
Ш-2-26.09.2019-2	14,79	20,98	18,37	72,9050279	
	14,44	21,4	18,39	76,2025316	
	13,96	22,84	18,96	77,6	
2 точка отбора пробы				Среднее	75,5691865
Ш-2-26.09.2019-3	14,34	27,95	22,19	73,3757962	
	14,36	24,34	20,16	72,0689655	
	14,5	21,42	18,49	73,433584	
3 точка отбора пробы				Среднее	72,9594486
Ш-2-26.09.2019-4	15,19	21,7	18,92	74,5308311	
	15,02	21,27	18,59	75,070028	
	15,15	21,88	18,93	78,042328	
	14,81	21,03	18,39	73,7430168	
	14,45	26,07	21,33	68,8953488	
	13,91	20,24	17,67	68,3510638	
4 точка отбора пробы				Среднее	73,1054361

Таблица 6. Данные для построения графиков изменения влажности со временем для разных точек отбора проб (к Рис. 10)

Table 6. Data for plotting moisture content change with time for different sampling points (to Fig. 10)

Проба	m_0 , г	m_1 , г	m_2 , г	Влажность W , %	
Ш-2-03.10.2019-1	14,23	18,14	16,4	80,1843318	
	14,25	22,93	19,19	75,708502	
	14,38	19,74	17,43	75,7377049	
1 точка отбора пробы				Среднее	77,2101796
Ш-2-03.10.2019-2	15,1	20,6	18,06	85,8108108	
	14,9	19,87	17,46	94,140625	
	14,97	21,6	18,36	95,5752212	
2 точка отбора пробы				Среднее	91,842219
Ш-2-03.10.2019-3	14,67	24,86	20,41	77,5261324	
	14,28	19,99	17,44	80,6962025	
	13,8	21,64	18,17	79,4050343	
3 точка отбора пробы				Среднее	79,2091231
Ш-2-03.10.2019-4	14,33	23,59	19,54	77,7351248	
	14,36	21,89	18,6	77,5943396	
	14,55	24,25	19,82	84,0607211	
4 точка отбора пробы				Среднее	79,7967285



Таблица 7. Данные для построения графиков изменения влажности со временем для разных точек отбора проб (к Рис. 10)

Table 7. Data for plotting moisture content change with time for different sampling points (to Fig. 10)

Проба	m_0 , Г	m_1 , Г	m_2 , Г	Влажность W , %
Ш-2-18.10.2019-1	15,27	24,29	20,77	64
	15,04	24,1	20,52	65,3284672
	15,09	37,86	29,43	58,7866109
1 точка отбора пробы			Среднее	62,705026
Ш-2-18.10.2019-2	14,84	21,05	18,53	68,2926829
	14,41	24,02	20,1	68,8927944
	13,93	25,86	21,25	62,9781421
2 точка отбора пробы			Среднее	66,7212065
Ш-2-18.10.2019-3	14,44	32,46	25,44	63,8181818
	14,49	26,97	21,59	75,7746479
	14,37	23,03	19,51	68,4824903
3 точка отбора пробы			Среднее	69,35844
Ш-2-18.10.2019-4	15,28	30,03	24,1	67,2335601
	15,1	25,23	21,05	70,2521008
	14,97	20,01	17,97	68
4 точка отбора пробы			Среднее	68,4952203

Данные для построения графиков на Рис. 11 представлены в Таблицах 8-10 и соответствуют отборам проб 26.09.2019, 03.10.2019 и 18.10.2019 соответственно (через 7, 14 и 29 дней после заполнения).

Таблица 8. Данные для построения графиков изменения влажности со временем для разных точек отбора проб (к Рис. 11)

Table 8. Data for plotting moisture content change with time for different sampling points (to Fig. 11)

Проба	m_0 , Г	m_1 , Г	m_2 , Г	Влажность W , %
Ш-3-26.09.2019-2	15,25	23,99	18,44	173,981191
	15,21	31,24	22,26	127,375887
	15,27	24,18	19,45	113,157895
2 точка отбора пробы			Среднее	138,171657
Ш-3-26.09.2019-3	14,45	20,77	18,01	77,5280899
	14,42	25,07	20,45	76,6169154
	14,53	22,51	19,04	76,940133
3 точка отбора пробы			Среднее	77,0283794

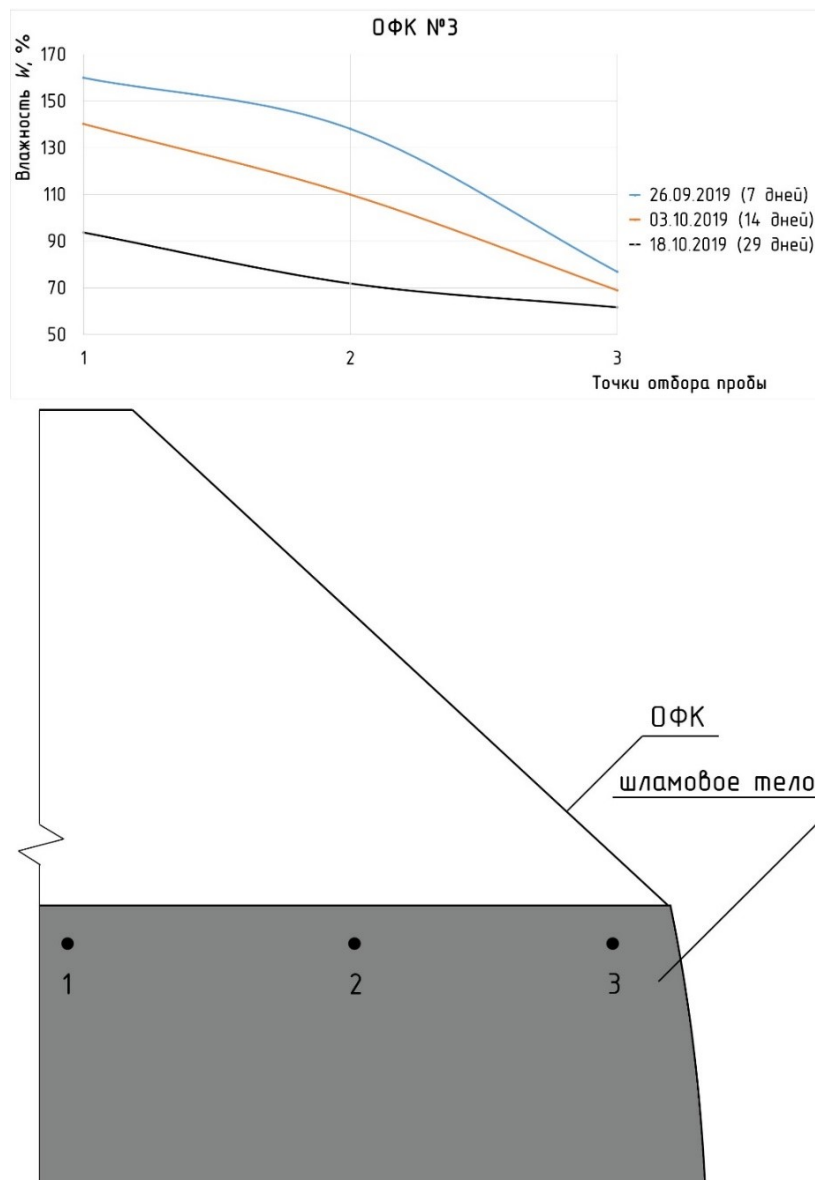


Рис. 11. Диаграмма изменения влажности шлама в вертикально расположенной ОФК №3 с течением времени в разных точках отбора проб

Fig. 11. Diagram of change in sludge moisture content of SFC No.3 over time at different sampling points

Таблица 9. Данные для построения графиков изменения влажности со временем для разных точек отбора проб (к Рис. 11)

Table 9. Data for plotting moisture content change with time for different sampling points (to Fig. 11)

Проба	m_0 , г	m_1 , г	m_2 , г	Влажность W , %
Ш-3-03.10.2019-1	14,42	19,63	16,24	186,263736
	14,4	27,36	20,22	122,680412
	14,52	32,48	23	111,792453
1 точка отбора пробы			Среднее	140,245534



Таблица 10. Данные для построения графиков изменения влажности со временем для разных точек отбора проб (к Рис. 12)

Table 10. Data for plotting moisture content change with time for different sampling points (to Fig. 11)

Проба	m_0 , г	m_1 , г	m_2 , г	Влажность W , %
Ш-3-18.10.2019-1	14,85	25,47	20,3	94,8623853
	14,4	26,33	20,55	93,9837398
	13,91	18,28	16,18	92,5110132
1 точка отбора пробы			Среднее	93,7857128
Ш-3-18.10.2019-2	14,47	29	23	70,3399766
	14,39	22,98	19,37	72,4899598
	14,56	29,51	23,21	72,8323699
2 точка отбора пробы			Среднее	71,8874354
Ш-3-18.10.2019-3	15,23	25,39	21,42	64,1357027
	15,02	28,72	23,5	61,5566038
	15,12	23,21	20,2	59,2519685
3 точка отбора пробы			Среднее	61,6480917

Определение влажности проб осуществлялось в лабораторных условиях силами Исполнителя в соответствии с ГОСТ 30416-2012 «Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения» и ГОСТ 5180-84 «Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик».

Влажность грунта W определялась как отношение массы воды, удаленной из грунта высушиванием до постоянной массы, к массе высушенного грунта.

Для этого пробу кека массой 15-50 г помещали в заранее высушенный, взвешенный и пронумерованный бюкс и плотно закрывали крышкой. После этого пробу кека взвешивали на электронных весах ScoutPro SPS402F и высушивали в сушильном шкафу в течение 3-5 часов при температуре $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$. После этого бюкс охлаждали в эксикаторе с хлористым кальцием до комнатной температуры и взвешивали. Циклы высушивания и охлаждения проводили до разности масс кека при последовательных взвешиваниях не более 0,02 г.

Расчет влажности образцов кека производили по формуле:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m_0} \cdot 100\%,$$

где W – влажность образца, %; m_0 – масса бюкса с крышкой, г; m_1 – масса бюкса с крышкой и влажным грунтом, г; m_2 – масса бюкса с крышкой и сухим грунтом, г.

Обезвоживание шламового тела происходит самопроизвольно с течением времени. Сход гравитационной воды обеспечивается пористостью оболочки ОФК, при этом капиллярная влага в шламовом теле обеспечивает его остаточную влажность. Для контроля влажности кека ОФК либо частично вскрывались путем надрезания оболочки в боковой части, либо пробы отбирались через закачной патрубков.

Выводы и рекомендации по использованию оболочечных фильтровальных конструкций (ОФК)

1. Установлено, что на процесс обезвоживания наряду с формой ОФК весьма значительно влияет расположение ОФК в пространстве. Даже при относительно небольших поперечных размерах пустой оболочки (0,6 м) при ее вертикальном заполнении происходит значительное уширение (до 1 м); при этом процесс обезвоживания приобретает затяжной характер с сохранением ядра с первоначальной влажностью в центре шламового тела в течение длительного



времени. Следовательно, вертикальное расположение ОФК с целью быстрого осушения угольного шлама нецелесообразно.

2. При горизонтальном размещении ОФК минимальные значения влажности наблюдаются в краевой части ОФК. С учетом растяжения горизонтально расположенной ОФК приблизительно на 50-60% наиболее оптимальный поперечный размер незаполненной ОФК будет составлять 40×50 см, при этом длина ОФК особой роли на процесс обезвоживания оказывать не будет. Максимальная длина ОФК определяется по удобству ее дальнейшей погрузки и транспортировки. Наиболее оптимальное расположение закачного патрубка для обеспечения удобства заполнения водоугольной пульпы – сверху ОФК. При значительной длине ОФК (более 5 м) целесообразно наличие 2 и более патрубков.

3. Ввиду высокой горизонтальной подвижности ОФК, заполненных стуженным продуктом, необходимо размещать их на выровненной площадке либо обеспечить их горизонтальную неподвижность при наклонном основании.

4. Для обеспечения слива отфильтрованной воды необходимо, чтобы площадка с расположенными на ней ОФК была покрыта хорошо дренирующим слоем либо имела уклон, достаточный для стока, при соблюдении условий устойчивого расположения ОФК.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

© 2024 Авторы. Издательство Кузбасского государственного технического университета имени Т.Ф. Горбачева. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Информация об авторах

Мурко Елена Викторовна, кандидат технических наук, доцент кафедры техносферной безопасности
e-mail: elena6455@mail.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, г. Москва, ул. Прянишникова, д. 19

Марков Сергей Олегович, кандидат технических наук, доцент кафедры открытых горных работ
e-mail: markovso@kuzstu.ru

Тюленев Максим Анатольевич, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой открытых горных работ
e-mail: tma.geolog@kuzstu.ru

Кузбасский государственный технический университет им Т.Ф. Горбачева, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

Список литературы

1. Mikasa M. Self-weight consolidation of very soft clay by centrifuge. In Proceedings of a Symposium on Sedimentation Consolidation Models – Prediction and Validation / M. Mikasa, N. Takada // San Francisco, USA, American Society of Civil Engineers, Reston, USA. – 1984. – pp. 121–140.
2. Аджиенко, В. Е. Безреагентное обезвоживание угольного шлама в геотекстильных контейнерах Geotube® / В. Е. Аджиенко // Уголь. – 2010. – № 4(1008). – С. 43-44.
3. Технология обезвоживания буровых отходов с использованием декантера из текстильных материалов / Е. А. Мазлова, И. Г. Барышев, Р. Д. Катаки [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2020. – № 5. – С. 101-104. – DOI 10.24887/0028-2448-2020-5-101-104.
4. Using of Shell Filtering Constructions for Concentrating Plant's Coal Slurry Dewatering / E. Murko, V. Kalashnikov, A. Gorbachev, I. Mukhomedzyanov // E3S Web of Conferences : IVth International Innovative Mining Symposium, Kemerovo, 14–16 октября 2019 года. Vol. 105. – EDP Sciences: EDP Sciences, 2019. – P. 02029. – DOI 10.1051/e3sconf/201910502029.



5. Способы обезвоживания сапропеля / Т. Г. Утенкова, Э. А. Кремчеев, Д. С. Громыка, О. Ю. Короткова // Горное оборудование и электромеханика. – 2020. – № 4(150). – С. 45-52. – DOI 10.26730/1816-4528-2020-4-45-52.
6. Murko, E. Sludge water stabilization treatment / E. Murko, V. Murko, Ju. Kretchmann // E3S Web of Conferences : The 10th Anniversary Russian-Chinese Symposium “Clean Coal Technologies: Mining, Processing, Safety, and Ecology”, Kemerovo, 19–21 октября 2021 года. Vol. 303. – Kemerovo: EDP Sciences, 2021. – P. 01048. – DOI 10.1051/e3sconf/202130301048.
7. Раджабов, И. С. Особенности материалов для геотуб, используемых при очистке отходов бурения / И. С. Раджабов // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2019. – № 3(381). – С. 65-68.
8. Instalasi Geotube sebagai Upaya Kesiapsiagaan Abrasi di Pantai Rembat, Indramayu / R. Napitupulu, M. A. Rizki, F. Afriani [et al.] // Prospect: Jurnal Pemberdayaan Masyarakat. – 2022. – Vol. 1, No. 4. – P. 213-221. – DOI 10.55381/jpm.v1i4.66.
9. Марков, С. О. Гранулометрический состав отвальных массивов разрезов Кузбасса / С. О. Марков, Е. В. Мурко, Ф. С. Непша // Горные науки и технологии. – 2021. – Т. 6, № 4. – С. 259-266. – DOI 10.17073/2500-0632-2021-4-259-266.
10. Theoretical Background of Quarry Wastewater Filtering Through Filters of Coarse-Grained Blasted Overburden Rocks / E. Makridin, S. Markov, E. Murko [et al.] // E3S Web of Conferences : 5, Kemerovo, 19–21 октября 2020 года. – Kemerovo, 2020. – P. 01056. – DOI 10.1051/e3sconf/202017401056.
11. Open pit mine wastewater filtration in the overburden rock debris: case study / E. V. Makridin, S. Markov, E. Murko, I. Ondrejmkova // E3S Web of Conferences : The 10th Anniversary Russian-Chinese Symposium “Clean Coal Technologies: Mining, Processing, Safety, and Ecology”, Kemerovo, 19–21 октября 2021 года. Vol. 303. – Kemerovo: EDP Sciences, 2021. – P. 01033.
12. Research of Kinetics of Coal Briquette Drying and Determination of the Optimum Mode Providing Fire and Explosion Safety / V. Murko, A. Zaostrovsky, E. Murko, M. Volkov // E3S Web of Conferences : 3rd International Innovative Mining Symposium, IIMS 2018: Electronic edition, Kemerovo, 03–05 октября 2018 года. Vol. 41. – Kemerovo: EDP Sciences, 2018. – DOI 10.1051/e3sconf/20184101040.
13. Технология переработки угольного шлама в угольный концентрат для коксохимических производств / С. Н. Дьяков, А. В. Папин, А. В. Неведров, Е. В. Жбырь // Кокс и химия. – 2012. – № 10. – С. 02-05. – EDN MDHWOD.
14. Папин, А. В. Расширение сырьевой базы коксохимических производств / А. В. Папин, А. В. Неведров, Е. В. Жбырь // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2010. – № 4(80). – С. 136-137. – EDN MUJRJH.
15. Kim H.J. Design and consolidation analysis of geotextile tubes for the Saemangeum project in Korea / H.J. Kim, T.W. Park, P.R. Dinoy, H.S. Kim // Geosynthetics International. – 2018. – Vol. 25. – No. 5. – pp. 507-524.
16. Shin E.C. Analysis of geotextile tube behaviour by large-scale field model tests. / E.C., Y.I. Oh // Geosynthetics International. – 2003. – Vol. 10. – No. 6. – pp. 134-141.
17. Leshchinsky D. Geosynthetic tubes for confining pressurized slurry: some design aspects. / D. Leshchinsky, O. Leshchinsky [et al.] // Journal of Geotechnical Engineering. – 1996. – Vol. 122. – No. 8. – pp. 682-690.
18. Kim H.J. Numerical and field test verifications for the deformation behavior of geotextile tubes considering 1D and areal strain. / H.J. Kim, M.S. Won, J.C. Jamin, J.H. Joo // Geotextiles and Geomembranes. – 2016. – Vol. 44. – No. 2. – pp. 209-218.
19. Terzaghi K. Theoretical Soil Mechanics. – John Wiley & Sons, New York, 1943.
20. Plaut R.H. Two-dimensional analysis of geosynthetic tubes / R.H. Plaut, S. Suherman // Acta Mechanica. – 1998. – Vol. 129. – No. 3. – pp. 207-218.
21. Mikasa, M. The Consolidation of Soft Clay – A New Consolidation Theory and its Application. – Kajima Institution Publishing Co., Ltd. – Tokyo, Japan. – 1963.
22. Khachan M.M. The efficacy and use of small centrifuge for evaluating geotextile tube dewatering performance / M.M. Khachan, S.K. Batia // Geotextiles and Geomembrane. – 2017. – Vol. 45. – No. 4. – pp. 280-293.

STUDY OF CONCENTRATING PLANTS' COAL SLURRY DEWATERING

Elena V. Murko¹, Sergey O. Markov², Maxim A. Tyulenev²



¹ Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy

² T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University



Article info

Received:
24 December 2023

Revised:
11 March 2024

Accepted:
25 March 2024

Keywords: coal slurry, low-cost dewatering technology, coal preparation plant, shell filter construction, geotextile, geosynthetics

Abstract.

Dewatering of water-coal slurry or thickened product in the conditions of existing coal preparation plants of enterprises for the development of coal deposits is a promising direction for obtaining technogenic mineral. It should also be noted that the quality of the resulting product will be directly affected by the quality of raw materials. At high content of coal particles and low average ash content of solid phase such pulp will be of interest from the point of view of obtaining additional volumes of coal after dewatering. The paper studies the dynamics of dewatering of water-coal slurry produced in the radial thickener of the operating coal preparation plant in shell filter constructions (SFC). The influence of the character of the filter construction placement (vertical and horizontal) on the intensity of moisture loss in the slurry body, as well as the character of moisture loss inside the slurry body in relation to the walls of the construction is established.

For citation Murko E.V., Markov S.O., Tyulenev M.A. (2024) Study of concentrating plants' coal slurry dewatering, *Journal of mining and geotechnical engineering*, 1(24):58. DOI: 10.26730/2618-7434-2024-1-58-76, EDN: EZXYGJ

References

1. Mikasa M. Self-weight consolidation of very soft clay by centrifuge. In Proceedings of a Symposium on Sedimentation Consolidation Models – Prediction and Validation / M. Mikasa, N. Takada // San Francisco, USA, American Society of Civil Engineers, Reston, USA. – 1984. – pp. 121–140.
2. Adzhienko, V. E. Bezreagentnoe obezvozhivanie ugol'nogo shlama v geotekstil'nykh konteynerakh Geotube® / V. E. Adzhienko // Ugol'. – 2010. – № 4(1008). – S. 43-44.
3. Tekhnologiya obezvozhivaniya burovykh otkhodov s ispol'zovaniem dekantera iz tekstil'nykh materialov / E. A. Mazlova, I. G. Baryshev, R. D. Kataki [i dr.] // Neftyanoe khozyaystvo. – 2020. – № 5. – S. 101-104. – DOI 10.24887/0028-2448-2020-5-101-104.
4. Using of Shell Filtering Constructions for Concentrating Plant's Coal Slurry Dewatering / E. Murko, V. Kalashnikov, A. Gorbachev, I. Mukhomedzyanov // E3S Web of Conferences : IVth International Innovative Mining Symposium, Kemerovo, 14–16 oktyabrya 2019 goda. Vol. 105. – EDP Sciences: EDP Sciences, 2019. – P. 02029. – DOI 10.1051/e3sconf/201910502029.
5. Sposoby obezvozhivaniya sapropelya / T. G. Utenkova, E. A. Kremcheev, D. S. Gromyka, O. Yu. Korotkova // Gornoe oborudovanie i elektromekhanika. – 2020. – № 4(150). – S. 45-52. – DOI 10.26730/1816-4528-2020-4-45-52.
6. Murko, E. Sludge water stabilization treatment / E. Murko, V. Murko, Ju. Kretchmann // E3S Web of Conferences : The 10th Anniversary Russian-Chinese Symposium “Clean Coal Technologies: Mining, Processing, Safety, and Ecology”, Kemerovo, 19–21 oktyabrya 2021 goda. Vol. 303. – Kemerovo: EDP Sciences, 2021. – P. 01048. – DOI 10.1051/e3sconf/202130301048.
7. Radzhabov, I. S. Osobennosti materialov dlya geotub, ispol'zuemykh pri ochistke otkhodov bureniya / I. S. Radzhabov // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2019. – № 3(381). – S. 65-68.
8. Instalasi Geotube sebagai Upaya Kesiapsiagaan Abrasi di Pantai Rembat, Indramayu / R. Napitupulu, M. A. Rizki, F. Afriani [et al.] // Prospect: Jurnal Pemberdayaan Masyarakat. – 2022. – Vol. 1, No. 4. – P. 213-221. – DOI 10.55381/jpm.v1i4.66.
9. Markov, S. O. Granulometricheskii sostav otval'nykh massivov razrezov Kuzbassa / S. O. Markov, E. V. Murko, F. S. Nepsha // Gornye nauki i tekhnologii. – 2021. – T. 6, № 4. – S. 259-266. – DOI 10.17073/2500-0632-2021-4-259-266.



10. Theoretical Background of Quarry Wastewater Filtering Through Filters of Coarse-Grained Blasted Overburden Rocks / E. Makridin, S. Markov, E. Murko [et al.] // E3S Web of Conferences : 5, Kemerovo, 19–21 oktyabrya 2020 goda. – Kemerovo, 2020. – P. 01056. – DOI 10.1051/e3sconf/202017401056.
11. Open pit mine wastewater filtration in the overburden rock debris: case study / E. V. Makridin, S. Markov, E. Murko, I. Ondrejmkova // E3S Web of Conferences : The 10th Anniversary Russian–Chinese Symposium “Clean Coal Technologies: Mining, Processing, Safety, and Ecology”, Kemerovo, 19–21 oktyabrya 2021 goda. Vol. 303. – Kemerovo: EDP Sciences, 2021. – P. 01033.
12. Research of Kinetics of Coal Briquette Drying and Determination of the Optimum Mode Providing Fire and Explosion Safety / V. Murko, A. Zaostrovsky, E. Murko, M. Volkov // E3S Web of Conferences : 3rd International Innovative Mining Symposium, IIMS 2018: Electronic edition, Kemerovo, 03–05 oktyabrya 2018 goda. Vol. 41. – Kemerovo: EDP Sciences, 2018. – DOI 10.1051/e3sconf/20184101040.
13. Tekhnologiya pererabotki ugol'nogo shlama v ugol'nyy kontsentrat dlya koksokhimicheskikh proizvodstv / S. N. D'yakov, A. V. Papin, A. V. Nevedrov, E. V. Zhbyr' // Koks i khimiya. – 2012. – № 10. – S. 02-05. – EDN MDHWOD.
14. Papin, A. V. Rasshirenie syr'evoy bazy koksokhimicheskikh proizvodstv / A. V. Papin, A. V. Nevedrov, E. V. Zhbyr' // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2010. – № 4(80). – S. 136-137. – EDN MUJRJH.
15. Kim H.J. Design and consolidation analysis of geotextile tubes for the Saemangeum project in Korea / H.J. Kim, T.W. Park, P.R. Dinoy, H.S. Kim // Geosynthetics International. – 2018. – Vol. 25. – No. 5. – pp. 507-524.
16. Shin E.C. Analysis of geotextile tube behaviour by large-scale field model tests. / E.C., Y.I. Oh // Geosynthetics International. – 2003. – Vol. 10. – No. 6. – pp. 134-141.
17. Leshchinsky D. Geosynthetic tubes for confining pressurized slurry: some design aspects. / D. Leshchinsky, O. Leshchinsky [et al.] // Journal of Geotechnical Engineering. – 1996. – Vol. 122. – No. 8. – pp. 682-690.
18. Kim H.J. Numerical and field test verifications for the deformation behavior of geotextile tubes considering 1D and areal strain. / H.J. Kim, M.S. Won, J.C. Jamin, J.H. Joo // Geotextiles and Geomembranes. – 2016. – Vol. 44. – No. 2. – pp. 209-218.
19. Terzaghi K. Theoretical Soil Mechanics. – John Wiley & Sons, New York, 1943.
20. Plaut R.H. Two-dimensional analysis of geosynthetic tubes / R.H. Plaut, S. Suherman // Acta Mechanica. – 1998. – Vol. 129. – No. 3. – pp. 207-218.
21. Mikasa, M. The Consolidation of Soft Clay – A New Consolidation Theory and its Application. – Kajima Institution Publishing Co., Ltd. – Tokyo, Japan. – 1963.
22. Khachan M.M. The efficacy and use of small centrifuge for evaluating geotextile tube dewatering performance / M.M. Khachan, S.K. Batia // Geotextiles and Geomembrane. – 2017. – Vol. 45. – No. 4. – pp. 280–293.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

© 2024 The Authors. Published by T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Information about the authors

Elena V. Murko, PhD (Eng.), Associated Professor of Department of Technosphere Safety

e-mail: elena6455@mail.ru

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 19 Pryanishnikov str., Moscow, 127550, Russian Federation

Sergey O. Markov, PhD (Eng.), Associate Professor of Open Pit Mining Department

e-mail: markovso@kuzstu.ru

Maxim A. Tyulenev, PhD (Eng.), Head of Open Pit Mining Department

e-mail: tma.geolog@kuzstu.ru

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28 Vesennaya St., Kemerovo, 650000, Russian Federation

