

сти многослойной модели объяснять уменьшением во времени величины жесткости каждого ее слоя, происходящим по закону снижения во времени модуля деформации данной породы. На **рис. 5** приведены опытные графики ползучести длительно нагруженных многослойных балок и теоретические кривые, построенные по формуле (14).

Поскольку разброс реологических характеристик пород обычно значителен, то с целью минимизации влияния этого фактора на результаты экспериментов был проведен тщательный отбор однослойных образцов по результатам их предварительного нагружения. Приходится признать, что смена времен года с изменением температу-

ры и влажности окружающей среды отрицательно отражается на результатах экспериментов. Поэтому на рисунке графики ползучести многослойных балок приведены в пределах одного сезона, климатические характеристики которого условно можно считать постоянными. Максимальное отклонение теоретических кривых от экспериментальных за данный промежуток времени не превышает 15%.

Задачей дальнейших исследований является изучение влияния сил трения, действующих по контактам пород расслоившейся неоднородной балки, скрепленной сталеполимерными анкерами, на величину ее деформации ползучести.

Библиографический список

1. Ержанов Ж.С. Теория ползучести горных пород и ее приложения. Алма-Ата: Наука, 1964. 175 с.
2. Работнов Ю.Н. Ползучесть элементов конструкций. М.: Наука, 1966. 752 с.
3. Малинин Н.Н. Основы расчетов на ползучесть. М.: Машгиз, 1948.
4. Качанов Л.М. Теория ползучести. М.: Физматгиз, 1960.
5. Беляев Н.М. Сопротивление материалов. М.: Наука, 1976. 608 с.

УДК 622.794.22

Кутлубаев И.М., Садыков В.Х., Третьяк Б.А., Козырь А.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕАГЕНТОВ НА ВЛАЖНОСТЬ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ ПРИ ВАКУУМНОМ ФИЛЬТРОВАНИИ

Методом вакуумного фильтрования из железорудных концентратов (ЖРК) удаляется влага: свободная, осмотически связанная, канатного, до 70% стыкового состояния. Для полного удаления влаги создаваемой разности давлений на фильтре недостаточно. Для преодоления связи воды с твердыми частицами требуется создание более значительных сил, а следовательно, и большей энергии.

Известны исследования, направленные на использование катионных и анионных поверхностно-активных веществ для улучшения процесса обезвоживания*.

Для установления возможности уменьшения энергии связи воды с твердыми частицами ЖРК за счет использования различных реагентов была выполнена серия экспериментов. Выбор реагентов определялся целесообразностью их присутствия в кеке в последующих переделах. Кроме того, исследовалось влияние низкомолекулярных реагентов.

Для получения сравнительных оценок фильтрационных характеристик суспензий проведены ис-

следования по фильтрованию на установке «Filtratest». Удельная поверхность исследуемого концентрата – 1587–1600 см²/г. Содержание классов крупностью +0,074 мм составляло 1,2%, классов – 0,074 +0,05 мм – 2,8%, классов – 0,05 +0,02 мм – 68,7%, классов – 0,02 – 27,3%. Плотность твердой фазы была равна 4,8 т/м³. Фильтрование осуществлялось на фильтровальной ткани ЗАО "Воскресенск-Техноткань", арт.0597/106. Содержание твердого в суспензии составляло 53%. Постоянными внешними условиями были параметры окружающей среды: влажность, равная 65%; температура 23°C.

Исследовался процесс отстаивания суспензии рядового ЖРК (**рис. 1**) и с флюсующей добавкой – известкового молока (ИМ) с концентрацией СаО 15–30% (**рис. 2**).

Сравнительный анализ полученных зависимостей показывает:

– скорости расслаивания и уплотнения осадка для суспензии рядового ЖРК составляют 0,226 и 0,34 мм/с соответственно;

– скорости расслаивания и уплотнения осадка для суспензии рядового ЖРК с добавкой ИМ составляют 0,192 и 0,31 мм/с соответственно.

* Singh Bimal P. The role of surfactant adsorption in the improved dewatering of fine coal // Fuel. 1999. 78, № 4. P. 501–506.

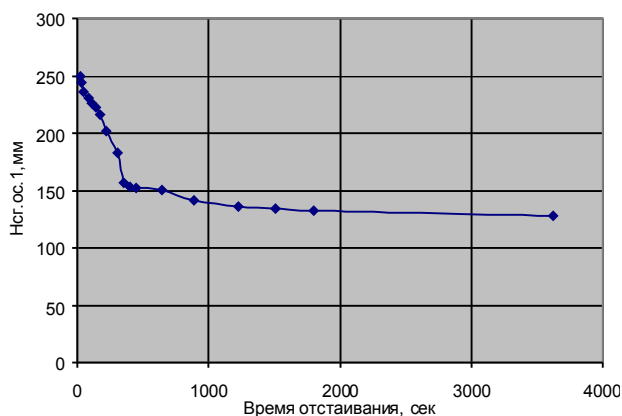


Рис. 1. Положение границы раздела фаз $H_{ос.1}$ от времени отстаивания

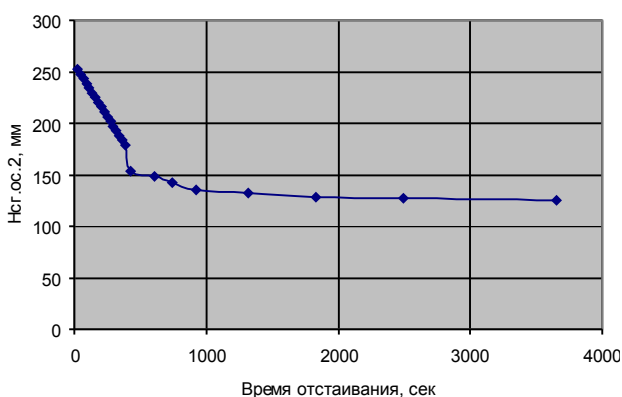


Рис. 2. Положение границы раздела фаз $H_{ос.2}$ от времени отстаивания

Было зафиксировано, что добавка в суспензию рядового ЖРК ИМ приводит к снижению концентрации твердой фазы. При этом сгущенный осадок характеризуется более высоким содержанием влаги, т.к. высоты слоя осадка при этом увеличивается, при практически равных скоростях расслаивания обеих суспензий.

Таким образом, при введении в ЖРК ИМ можно ожидать:

- снижение удельной производительности фильтрации из-за снижения концентрации твердой фазы;
- повышения влажности кека, т.к. сгущенный осадок характеризуется повышенным содержанием жидкой фазы;
- забивания пор фильтров (известкование) более тонкими частицами СаО.

При исследовании процесса фильтрации через перегородки SefarTetexMultiO3-5524 E-Tex на установке «Filtratest» рядового ЖРК и ЖРК с введением ИМ с концентрацией СаО 15 ... 30% и образованием осадка высотой 10 мм было установлено (табл. 1, 2):

- время фильтрации τ_f при введении ИМ увеличивается более чем в 2 раза;

Таблица 1

Фильтрация суспензии рядового ЖРК (50 г концентрата + 35 г воды)

ΔP , МПа	τ_f , с	τ_c , с	M_f , г	$h_{ос}$, мм	$M_{ос}$, г	$M_{с.ос}$, г	$W_{ос}$, %
0,08	10	15	28,82	10	47,94	43,08	10,1
0,08	10	15	28,32	10	48,85	43,99	9,95

Таблица 2

Фильтрация суспензии рядового ЖРК с добавкой ИМ (50 г концентрата + 35 г воды + 15 мл СаО)

ΔP , МПа	τ_f , с	τ_c , с	M_f , г	$h_{ос}$, мм	$M_{ос}$, г	$M_{с.ос}$, г	$W_{ос}$, %
0,08	22	33	43,1	10	52,53	45,82	12,7
0,08	22	33	44,34	10	52,76	46,01	12,79

– с введением ИМ возрастает влажность $W_{ос}$ с 9,95–10,1 до 12,7–12,79%.

Очевидно, что использовать ИМ, несмотря на его необходимость в последующих переделах ЖРК, нецелесообразно.

Аналогичные исследования были выполнены с использованием 0,1% растворов реагентов: алкамона, смачивателя, сульфанола, ОП-10.

Фильтрация проводилась в соответствии с теми технологическими показателями, которые имеют место при фильтрации в промышленных условиях (за исключением толщины осадка и величины вакуума при его просушке, поскольку в лабораторных условиях значение вакуума более 0,056 МПа получить не удалось).

Из полученных данных (табл. 3–6) следует, что из всех четырех исследуемых реагентов наибольшей эффективностью обладает реагент ОП-10 в виде 0,1% раствора (с расходом 3 мг на 37,8 г твердого).

Из данных табл. 4 следует, что при добавках низкомолекулярных реагентов ОП-10 и смачивателя ДБ наблюдается заметное снижение влажности отфильтрованного осадка по мере увеличения расхода реагентов.

Установлено, что при фильтрации исходной суспензии флотационного ЖРК с содержанием твердого 50,8%, вакууме при фильтрации – 0,04 МПа, вакууме при сушке – 0,05 МПа, толщине осадка 8 мм, удельном расходе реагента ОП-10 32,2 г/т твердого влажность отфильтрованного осадка снижается на 0,82%. При удельном расходе реагента 49,3 г/т снижение влажности осадка составляет 1,39%.

При использовании смачивателя ДБ с удельным расходом 50,1 г/т твердого при тех же условиях и удельном расходе 50 г/т влажность отфильтрованного осадка снижается на 1%.

Таблица 3

**Предварительные результаты процесса фильтрования
флотационного железорудного концентрата под вакуумом**

(наливная воронка – 0,40 мм; площадь фильтрования – 12 см²; фильтровальная перегородка – полипропилен арт. 85012; время подсушки осадка – 1 мин; Ж:Т исходной пульпы – 0,4:1; реагенты в виде 0,1% раствора; объем исходной пульпы – 30 мл)

Номер опыта	Тип реагента	Удельный расход реагента		Время фильтрования, с	Величина вакуума, ·0,098 МПа		Толщина осадка, мм	Масса осадка, г		Влажность осадка, %	Величина повышения или снижения влажности по сравнению с опытом без добавок реагента, %
		мл 0,1% раствора на 30 мл пульпы	г/т твердого		при фильтровании	при просушке		влажного	сухого		
1	Без добавок	–	–	30	0,55	0,50	15	51,1	45,7	10,5	
2	Без добавок	–	–	30	0,55	0,50	12	36,4	32,6	10,4	
3	Реагент ОП-10	1,0	27,0	40	0,55	0,50	13	39,8	35,9	9,79	–0,66
4	АЛКАМОН	1,0	26,0	45	0,52	0,50	13	42,9	38,4	10,7	+0,25
5	Смачиватель	1,0	26,9	45	0,56	0,50	13	41,3	37,1	10,16	–0,29
6	Сульфано	1,0	27,7	40	0,56	0,50	12	40,9	36,2	11,5	+0,05
7	Реагент ОП-10	1,0	38,4	30	0,58	0,50	10	28,9	26,0	10,0	–0,45
8	Реагент ОП-10	1,0	19,4	45	0,54	0,46	17	57,7	51,5	10,7	+0,25
9	Реагент ОП-10	2,0	46,9	35	0,52	0,46	14	47,5	42,6	10,3	–0,15
10	Реагент ОП-10	0,5	15,0	20	0,56	0,47	12	37,1	33,3	10,2	–0,25
11	Без добавок	–	–	63	0,30	0,54–0	13	52,5	46,5	11,4	–
12	Реагент ОП-10	1,0	23,5	50	0,30	0,56–0,44	13	47,5	42,5	10,9	–0,5
13*	Реагент ОП-10	3,0	79,3	40	0,30	0,56–0,47	11	41,9	37,8	9,78	–1,62

* Удельная производительность процесса фильтрования для опыта №13 – 0,9 т/м²ч.

Таблица 4

Результаты процесса фильтрования флотационного железорудного концентрата под вакуумом

(наливная воронка – 0,40 мм; площадь фильтрования – 12 см²; фильтровальная перегородка – ткань арт. 56035; время подсушки осадка – 1 мин; среднее содержание твердого в исходной пульпе – 50,8%; реагенты в виде 0,1% раствора)

Номер опыта	Условия фильтрования	Объем фильтрата, мл	Расход реагента		Время фильтрования, с	Величина вакуума, ·0,098МПа		Толщина осадка, мм	Масса осадка, г		Влажность осадка, %	Величина повышения или снижения влажности по сравнению с опытом без добавок реагента, %
			мл	г/т твердого		при фильтровании	при подсушке		влажного	сухого		
1	Объем суспензии – 40 мл Концентрация твердого – 50%	25	б/д	б/д	45	0,38	0,54	11	40,7	36,3	10,8	
2	Объем суспензии – 30 мл	22	б/д	б/д	35	0,40	0,55	8	29,1	26,1	10,3	
3	Объем суспензии – 30 мл Концентрация твердого – 50,6%	22	б/д	б/д	35	0,40	0,55	8	28,0	24,9	11,0	
4	Добавка реагента ОП-10 объем суспензии – 32 мл	25	1,0	32,2	30	0,40	0,55	10	34,4	31,0	9,88	–0,82
5	Добавка ОП-10 объем суспензии – 35 мл	23	0,6	21,5	30	0,40	0,55	8	30,8	27,8	9,74	–0,96
6	Добавка ОП-10, объем суспензии – 32 мл	25	1,5	49,3	35	0,40	0,55	9	33,5	30,4	9,31	–1,39
7	Добавка ОП-10, объем суспензии – 32 мл	25	2,0	6,6,4	35	0,40	0,56	8	32,2	29,2	9,31	–1,39
8	Добавка смачивателя ДБ	25	0,5	16,5	30	0,40	0,54	8	33,6	30,2	10,1	–0,6
9	Добавка смачивателя ДБ	25	1,0	34,9	30	0,40	0,54	8	31,8	28,6	10,0	–0,7
10	Добавка смачивателя ДБ	24	1,5	50,1	30	0,40	0,54	8	33,1	29,9	9,66	–1,04
11	Добавка смачивателя ДБ	25	2,0	65,7	28	0,40	0,54	8	33,4	30,4	8,98	–1,72

Сравнительные данные экспериментальных исследований по фильтрованию суспензий ЖРК после магнитной сепарации и флотации Михайловского ГОКа без добавок низкомолекулярных реагентов и с добавками 0,1% раствора ОП-10 представлены в табл. 5, 6.

Из данных в табл. 5 и 6 следует, что введение добавки 0,1% раствора реагента ОП-10 в суспензию ЖРК после магнитной сепарации может снизить влажность отфильтрованного осадка в среднем с 11,13 до 10,3%. Введение добавки 0,1% раствора реагента ОП-10 в суспензию железорудного концентрата после флотации позволяет снизить влажность отфильтрованного осадка в среднем с 8,8 до 8,2%. Более низкая влажность обезвоженного флотационного концентрата обусловлена относительно низкой удельной поверхностью (1854 см²/г) и высокой крупно-

стью (содержание класса + 0,05–8,47%) исследованного ЖРК, в то время как удельная поверхность ЖРК после магнитной сепарации составляла 2154 см²/г, а содержание в нем класса +0,05 – 3,13%.

Представленные результаты исследований позволяют сделать вывод об эффективности применения низкомолекулярных поверхностно-активных веществ. Установлено, что реагент ОП-10 обладает наибольшей эффективностью. Введение данного реагента в виде 0,1% раствора с исходными суспензиями ЖРК изменяет структуру образующихся осадков, повышается их проницаемость. В ряде случаев это обеспечивает снижение влажности осадков при просушке. Небольшие количества низкомолекулярных поверхностно-активных веществ могут снизить влажность отфильтрованных осадков на 1–1,4%.

Таблица 5

Результаты экспериментальных исследований по фильтрованию под вакуумом железорудного концентрата после магнитной сепарации Михайловского ГОКа (содержание класса + 0,05 – 3,13%, удельная поверхность 2154 см²/г, площадь фильтрования = 0,0016 м², фильтровальная ткань арт. 56035)

Но- мер п/п	Объем исходной суспензии, V _{ис.} , мл	Содер- жание твердо- го, C _т , %	Объем добавки ОП-10, V _д , мл	Значение ва- куума ΔP, ·0,098 МПа		Время, τ, с		Толщи- на слоя, δ, мм	Вес влаж- ного осад- ка, P _{вл} , г	Влажность осадка W, %	Содержание взвеси в ф-те, C _{т.ф} , %	Объем филтра- та V _ф , мл
				Фильт- рова- ние	Сушка	Фильт- рова- ние	Сушка					
1	40	48,91	–	0,3	0,8	33	45	8,5	33,18	11,38	–	25
2	40	48,91	1,5	0,3	0,8	35	45	8	32	10,67	–	34
3	40	48,91	–	0,3	0,8	26	40	7	28,92	11,14	–	27
4	40	48,91	1,5	0,3	0,8	29	45	7,5	30,83	10,97	–	32
5	55	53,8	–	0,3	0,85	48	72	9	45,59	11,05	0,72	45
6	55	53,8	2	0,3	0,85	72	75	12	51,24	9,69	0,707	42
7	55	52,45	–	0,3	0,85	69	105	12	51,5	10,96	1,3	42
8	55	52,45	2	0,3	0,85	100	150	12	50,84	10,05	0,665	42

Таблица 6

Результаты экспериментальных исследований по фильтрованию под вакуумом железорудного концентрата после флотации Михайловского ГОКа (содержание класса + 0,05–8,47%, удельная поверхность 1854 см²/г, площадь фильтрования 0,0016 м², фильтровальная ткань 56035)

Но- мер п/п	Объем исходной суспензии, V _{ис.} , мл	Содер- жание твердо- го, C _т , %	Объем добавки ОП-10, V _д , мл	Значение ва- куума ΔP, ·0,098 МПа		Время, τ, с		Толщи- на слоя, δ, мм	Вес влаж- ного осад- ка, P _{вл} , г	Влажность осадка W, %	Содержание взвеси в ф-те, C _{т.ф} , %	Объем филтра- та V _ф , мл
				Фильт- рова- ние	Сушка	Фильт- рова- ние	Сушка					
1	55	41,5	–	0,3	0,85	53	79,5	9	43	8,37	0,4	44
2	55	41,5	2	0,3	0,85	68	103	9	43,39	7,71	0,4	46
3	40	41,5	–	0,3	0,8	39	46	7	23,48	9,158	–	34
4	40	41,5	1,5	0,3	0,8	39	60	7	25,92	8,46	–	32
5	40	41,5	–	0,3	0,85	43	65	7	24	8,879	–	38
6	40	41,5	1,5	0,3	0,85	45	45	8	29,41	8,37	–	33

Исследованные реагенты выпускаются промышленностью и характеризуются относительно невысокой стоимостью.

Полученные результаты представляют прак-

тический интерес, поскольку позволяют наряду с модернизацией дисковых вакуум-фильтров дополнительно снизить влажность отфильтрованного осадка.

УДК 624.127.8; 658.382

Мельников И.Т., Кутлубаев И.М., Немчинова А.В., Суров А.И., Косарев А.В., Шелковникова А.А., Котик М.В.

КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА МАГНЕЗИТОСОДЕРЖАЩИХ ХВОСТОВ ДОФ ОАО «КОМБИНАТ МАГНЕЗИТ» С ПРИМЕНЕНИЕМ РЕНТГЕНОРАДИОМЕТРИЧЕСКОГО СЕПАРАТОРА СРФ 4-150

В настоящее время хвосты обогащения магнетита в тяжелых средах дробильно-обогащительной фабрики (ДОФ) ОАО «Комбинат МАГНЕЗИТ» фракции 0–150 мм в объеме более 25,0 тыс.т/мес используются в качестве закладочного материала при разработке месторождений полезных ископаемых (МПИ) подземным способом или складироваться в отвалы. Хвосты тяжело-средней сепарации ДОФ ОАО «Комбинат МАГНЕЗИТ» (далее по тексту – хвосты) представлены механической смесью магнетита ($MgCO_3$) и вмещающими породами, в основном доломитами ($CaMgCO_3$). В составе магнетита присутствуют примеси Fe_2O_3 , FeO , Al_2O_3 , SiO_2 . Однако в этих хвостах содержится до 30% магнезиальной массы марки ММИ (Магнезиальная Масса, пригодная после обжига для производства Изделий), выделить которую традиционными способами проблематично.

Такая возможность появилась с разработкой и совершенствованием рентгенорадиометрической сепарации (РРС), которая относится к новым высокоэффективным, экологически чистым и низкозатратным технологиям обогащения некондиционного сырья. Появление и необходимость этой технологии обусловлены многими объективными факторами. Для горнорудной промышленности всего мира характерны общие беды. Богатые месторождения практически отработаны, а перерабатывать бедные, забалансовые, некондиционные руды и многочисленные отвалы этих руд убыточно из-за высокой себестоимости применения традиционных технологий. Кроме того, все меньше остается легкообогатимых руд, все чаще приходится переходить на комплексные труднообогатимые и упорные руды, для которых актуально не только удаление породы, но и возникает необходимость

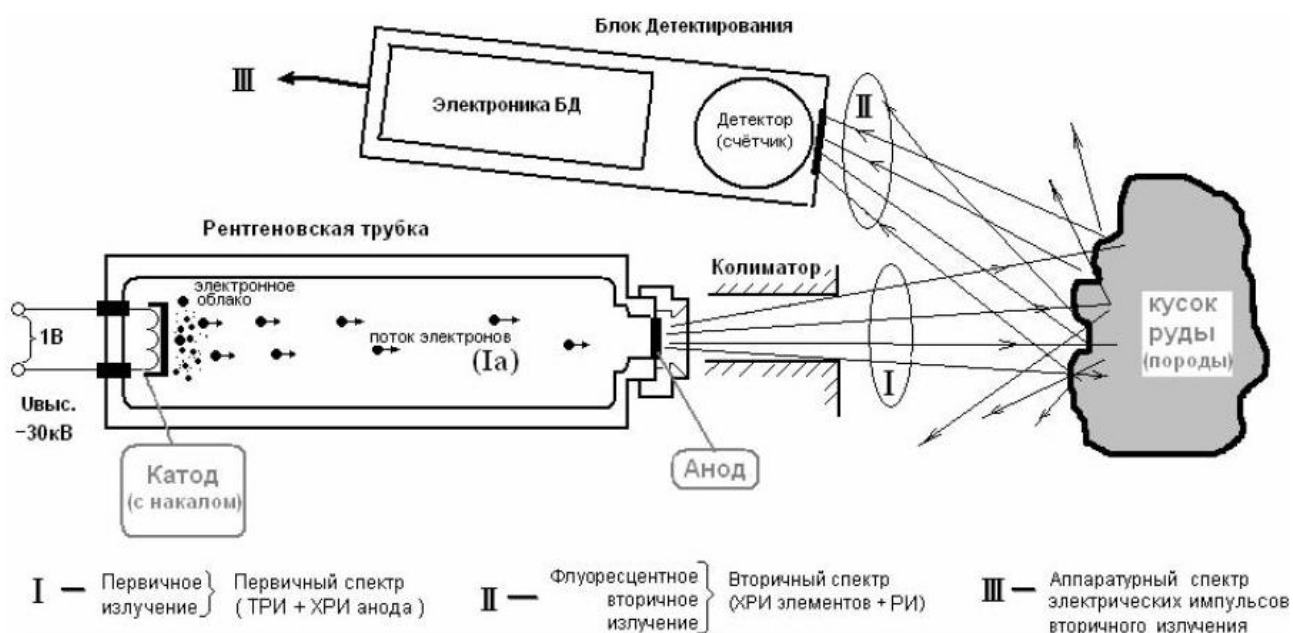


Рис. 1. Принцип действия рентгенорадиометрического сепаратора