

<https://doi.org/10.51301/ejsu.2024.i4.03>

Analysis and research of flocculant reagents for thickening operations of flotation concentrate in the processing technology of fine-dispersed chrome ores

B.B. Abdurzakova*, L.S. Kauanova, N.K. Saimaganbetova

ERG Research and Engineering Center LLP, Khromtau, Kazakhstan

*Corresponding author: B.Abdurzakova@erg.kz

Abstract. This research presents a systematic review of innovative methods for determining the influence of the concentration of flocculant reagents TOPFLOC 714, NALCO 8172PULV, and Magnofloc 5250 in recycled water for the purpose of dewatering sludge from treatment facilities during the processing of fine-dispersed chrome ores using the gravity-flotation method of enriching aged tailings at the Donskoy GOK. It also examines the degree of influence of amine components of flocculants in recycled water on the technological processes of gravity and flotation beneficiation, as well as the corrosion resistance of equipment. A review of modern water treatment methods is provided. A systematic review and analytical assessment of the results of 10 selected scientific studies on the methodology for determining the efficiency of flocculants for dewatering sludge from treatment facilities in the processing of fine-dispersed chrome ores was conducted, covering the period from 2006 to 2023. The study results show the use of easily accessible, safe, and cheap biodegradable polymers through innovative methods. Additionally, the research demonstrates successful examples of thickening oxide minerals after gravity separators and flotation machines to achieve good results in sedimentation of sludge from treatment facilities in fine ore processing. The pH of the solution influences the behavior of polymer chains. The clarification of industrial wastewater from gravity and flotation processes depends on both the type and concentration of the applied flocculants. A systematic review of dewatering methods for sludge from treatment facilities processing fine-dispersed chrome ores was carried out with an analysis of the advantages and disadvantages of the selected methods. Overall, the results highlight the importance of using flocculant reagents and applying innovative methods for the sedimentation of fine-dispersed chrome ores to enhance beneficiation efficiency and improve resource utilization.

Keywords: *fine-dispersed chrome ores, processing, beneficiation methods, flocculant, flocc concentrate, thickening.*

1. Введение

ТОО «Научно-исследовательский инжиниринговый центр ERG» (ТОО НИИЦ ERG) был проведён ряд исследовательских работ по определению влияния аминных компонентов собирателя и полимерных флокулянтов класса полиакриламидов в оборотной воде на технологический гравитационно-флотационный процесс переработки хромосодержащих шламовых хвостов Донского ДГОКа». Флотация хромитов и хромшпинелидов является в настоящее время малоизученным процессом. В известных случаях для флотации хромовых минералов использовали оксигидрильные реагенты. Применение данных реагентов известно для гравитации и флотации близких по характеристикам типов руд, однако для лежалых хвостов гравитационных фабрик ранее не применялись. Для переработки мелких классов хромосодержащих шламовых продуктов ранее были рекомендованы только схемы и режимы, включающие гидрохимическую переработку.

Флокулянты усиливают эффект от коагулянтов: ускоряют отделение примесей от воды, формируют более крупный и плотный осадок, экономят расход коагулянтов. Они продлевают срок эксплуатации фильтров и

помогают станциям водоочистки обрабатывать больше жидкости.

Эти полимеры позволяют ускорить фильтровальный процесс, обеспечивают удаление примесей больших масштабов при минимальных затратах. Их принцип действия основан на разделении жидкой и твердой фазы. Для максимального эффекта следует применять такие реагенты после коагулянтов.

К основным достоинствам использования растворов флокулянтов для очистки воды относят следующие факторы:

- ускорение процесса осаждения, придание жидкости прозрачности;
- сокращение продолжительности процедуры фильтрации, что позволяет снизить затраты при значительных объемах;
- продление эксплуатационного срока фильтрующих систем за счет удаления крупных загрязнений;
- отсутствие влияния на показатель pH обрабатываемой субстанции;
- частичное удаление вирусов, бактерий, водорослей;
- повышение эффективности процедуры на 30% по сравнению с аналогичными методами.

© 2024. B.B. Abdurzakova, L.S. Kauanova, N.K. Saimaganbetova

B.Abdurzakova@erg.kz; Lyazzat.Kauanova@erg.kz; Nurslu.Saimaganbetov@erg.kz

Engineering Journal of Satbayev University. eISSN 2959-2348. Published by Satbayev University

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted reuse, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Продукция также не требует подключения дополнительных очистных установок, что позволяет увеличить производительность предприятия. Может применяться там, где другие способы не работают. Не повышает концентрацию растворенных металлов, при соблюдении рекомендованных дозировок безопасна для здоровья.

Коагулянты способствуют удалению мелкодисперсного мусора, объединяя его частицы между собой и впоследствии осаждая их. Но они имеют немного другой механизм действия: в его основе лежит дестабилизация зарядов загрязняющих веществ и устранение электростатического взаимодействия.

Процесс флокуляции протекает за счет создания полимерной связи. В результате фильтруемые частички укрепляются и значительно увеличиваются в объеме, а затем с легкостью удаляются со дна емкости. Время воздействия данных реагентов тоже различается: коагуляция проходит в течение 1-3 минут при температуре 20-25°C после тщательного перемешивания, флокуляция – от 30 до 60 минут, так как требует большего времени для отстаивания. Это обусловлено продолжительной стадией формирования осадка. Концентрация водородных ионов (рН среды), при которой производится растворение, выбирается в зависимости от условий применения полимерных флокулянтов. Как правило, на ОФ для растворения используется техническая вода с практически нейтральной средой. Часто применяется также щелочной гидролиз флокулянтов. При гидролизе ПАА щелочь добавляется на первой стадии растворения в количестве 0.0375 кг на 1 кг 8%-ного флокулянта и перемешивается до полного растворения. Полученный раствор выдерживают 16 часов при температуре 50-80°C.

Концентрация водородных ионов в оборотных водах ОФ близка к нейтральной, что, как правило, благоприятно для применения полимерных флокулянтов с различной ионной активностью.

С повышением степени дисперсности частиц в суспензии, при прочих равных условиях, повышается расход полимерных флокулянтов, необходимый для получения заданного технологического эффекта.

Крупность флокулируемых частиц должна учитываться при выборе полимерного флокулянта с молекулярной массой, оптимальной для данных условий. Если размеры твердых частиц и макромолекул сильно различаются между собой, то вслед за адсорбцией последних флоккулы не образуются. Следовательно, для наиболее высокодисперсных частиц эффективными должны быть полимерные флокулянты с низкой (<105) или средней (105-106) молекулярной массой.

Концентрация твердой фазы в обрабатываемых суспензиях изменяется от 20-50 кг/м³ (отходы флотации, сгущенные перед центрифугированием; флотоконцентраты, направляемые на фильтры). При сгущении шламов в осветительных устройствах, действие которых основано на использовании силы тяжести (сгустители, отстойники), применение флокулянтов оказывается неэффективным, если концентрация твердого превышает в среднем 100 кг/м³. В центрифугах, где сфлокулированный осадок уплотняется центробежной силой, содержание твердого в суспензиях, обрабатываемых флокулянтами, может достигнуть 400 кг/м³. Повышение концентрации суспензии до 500 кг/м³ и более оказывается целесообразным и при их фильтровании.

Целью исследования является определить наилучший реагент флокулянт по сгущению флотационного концентрата из перечисленных полиакриламидов:

Флокулянт Topfloc RHH 714 (производитель Solutions, Венгрия), предложена ТОО «НИИЦ ERG» для сгущения флотационного концентрата;

Флокулянт Nalco 8172 PULV (производитель Нидерланды), подобран Донским ГОКом для сгущения концентративных хвостов, и для сгущения подготовки питания тонких фракции-0.120+0.03 мм;

Флокулянт Magnofloc 5250 (производитель Basf, Германия), подобран «Agseptence Group» производителем оборудований фильтров-пресса, сгустителей.

2. Материалы и методы

2.1. Подготовка проб к лабораторным исследованиям. Гранулометрическая характеристика продуктов

При проведении исследований по сгущению флотационного концентрата применяли следующие вспомогательные лабораторные оборудования как мерные цилиндры объемом 1000 мл. В мерных цилиндрах емкостью 1000 мл пульпы - флотационный концентрат с содержанием 13% твердого (130 грамм сухого концентрата довели до 1000 грамм водой в цилиндре), с концентрацией 0.05% (1 грамм флокулянта довели до 200 грамм воды) на разных расходах: 10 г/т, 20 г/т, 25 г/т, 30 г/т и 40 г/т с одинаковыми условиями перемешивания.

В результате проведенных опытов оценивалась скорость сгущения, высота сгущенного слоя, чистота осветления верхнего слоя. Результаты анализировались и сравнивались между собой для определения эффективного подбора флокулянта. В настоящее время для определения алкиламинов в водных средах применяют газовую хроматографию (ГХ), высокоэффективную жидкостную хроматографию (ВЭЖХ), ионную хроматографию (ИХ) и капиллярный электрофорез (КЭ). В газовой хроматографии определение аминов может осуществляться с различными типами детекторов: азотно-фосфорным, пламенно-фотометрическим, электронного захвата и масс-спектрометрическим. Как правило, ГХ широко используется для определения низкомолекулярных аминов из-за его высокой разрешающей способности, чувствительности, короткого времени анализа.

При определении высокомолекулярных аминов вследствие их полярности, а также из-за их разложения в хроматографической колонке чувствительность детектирования снижается.

Техническая характеристика флокулянтов:

Topfloc RHH 714 (Solutions, Венгрия) – это гранулированное твердое вещество, ионный характер - анионный, молекулярный вес материала - очень высокий, заряд материала - средний, запах - без запаха, размер частиц - 2 мм = 2%; <0.15 мм = 6%, объемная плотность – 0.71мм, рН-6-8:5g/L, рабочая концентрация - 3г/л, время растворения (минуты) в деионизированной воде при 5 г/л и 25 градусов.

Приготовление раствора:

время растворения 60 минут в деионизированной воде при 5 г/л и 25 градусов, срок годности-12 месяцев, несовместимо с сильными кислотами и окисляющими средствами, при высоких температурах может привести к образованию: оксидов азота (NOx), оксидов углерода,

оксиды серы, цианид водорода, токсичность- LD 50 (орально)>5000 мг/кг;

LC 50 (96 часов)>100 мг/л, не раздражает, не является быстро разлагающим, биоккумуляция не накапливается, храниться в сухом месте, при стабильной температуре от 5-30 градусов.

Nalco 8172 (NalCO, Нидерланды) - это порошок, с анионным характером, высокомолекулярный на основе акриловых кислот 95-100%, содержание акриламида 75 ppm, имеет средний заряд, химическое наименование - полимер проп-2-еновой кислоты с проп-2-енамидом натриевая соль, химическая формула $[[c3h4o2]m[c3h5no]n[na]y]x$ [9], cas-25987-30-8, без запаха, рабочая концентрация перед дозировкой 0.05-0.1%, время растворения (минуты) в деионизированной воде при 5 г/л и 25 градусов- готовят в две стадии: 40 минут 0.25-0.5%, перед дозировкой 0.05-0.1%, стабильность деионизированных растворов стабильная при соблюдений условий, несовместимые материалы контактировать с сильными окислителями (например, хлором, пероксидами, хроматами, азотной кислотой, перхлоратами, жидким кислородом, перманганатами) может сопровождаться нагреванием, вспышкой, выделением взрывоопасных и/или токсичных паров, при пожаре могут выделяться оксиды углерода (сох), аммиак и оксиды азота (пох) [1]., токсичность материала малоопасная продукция по степени воздействия на организм по гост 12.1.007, 4-ый класс опасности. Может загрязнять объекты окружающей среды, может вызвать у лиц с повышенной чувствительностью, изменчивость в почве продукции может загрязнять окружающую среду: водоемы, почвы, атмосферный воздух. Попадая в водную среду, может нанести урон водным организмам, биоккумуляция продукта то что данное вещество не считается очень устойчивым и не обладает высокой способностью к биоккумуляции, пдк р.з.мг/м³-10*, анионные полимеры и сополимеры на основе акриловых и метакриловых мономеров, аэрозоль, класс опасности - 4, условие хранения это избежание высоких температур.

Magnofloc 5250 (BASF, Германия) – это порошок, имеет анионный характер, также высокомолекулярный вес, заряд - 30% (средний), без запаха, размер частиц - 98% < 1000мк, объемная плотность, рН-7.2 (при 1% раствор при 25 град), рабочая концентрация – 0.25-0.5% max 0.025-0.1% max, стабилен при нормальном хранении, срок годности - 4 года, несовместимые материалы - сильные кислоты, концентрированные основы, сильные оксиданты, опасные продукты при разложении. В случае соблюдения предписаний указаний по хранению, опасные продукты не распадаются. В случае пожара выделяются оксиды углерода, оксиды азота, очень скользкий во влажном состоянии, токсичность- LD 50 (орально)>5000 мг/кг; LC 50 (48х)>100 мг/л. Раздражающее действие - не раздражает, нелегко поддается биологическому распаду, следует ожидать адсорбции в твердую фазу почвы, продукт не содержит веществ, которые удовлетворяют РВТ-критериям (устойчивый, биоаккумулятивный, токсичный), на больших стандартных конструкционных материалах слабее, однако следует избегать контакта с алюминиевым продуктом и деталями с гальваническим покрытием.

Техническая характеристика данных полиакриламидов состоит в том, что Магнофлок 5250 имеет плотность

заряда 30%, который относится к классу средних 50%. В остальных флокулянтов описано, что в трех марки флокулянтов схожие свойства: анионного типа, в характеристике флокулянта Nalco 8172 есть высокомолекулярные, белого цвета, не имеют запаха, требуют при хранении избегать высоких температур.

В случае образуются оксиды азота (NOx), оксиды углерода. Из литературного обзора выяснено, что на качество оборотной воды, смена марки флокулянта не влияет, но на процесс сгущения и фильтрации эффект может быть существенным. Для выбора начальных концентраций были использованы данные экспериментов по измерению остаточной концентрации реагентов в водной фазе операций сгущения и флотации, а также разбавление сливов и фильтратов в условиях внутреннего водооборота. С учетом возможного накопления реагентов для опытов по биоокислению выбраны исходные концентрации флокулянта и собирателя 5 и 30 мг/л. Начальные концентрации флокулянта при исследованиях измеряли в специально отобранной в начале эксперимента пробе одновременно с измерением концентрации в первом опробовании (через 4 часа), чтобы учесть фактор химического разложения флокулянта в пробе под действием компонентов оборотной воды.

Всё определяет конкретное соотношение молекулярного веса и заряда, и то, на сколько «узко» выделен заряд. Бывает, что во флокулянте присутствуют молекулы с 20% и 40% анионности, и пишут, что заряд составляет 30% в среднем, а бывает узко выделенный продукт с 30% заряда. Такие продукты, даже при одинаковом молекулярном весе будут работать по-разному.

В таблице 1 представлена гранулометрическая характеристика флотационного концентрата.

Таблица 1. Гранулометрическая характеристика флотационного концентрата

Класс крупности, мм	Выход, %
+0.071	6.10
-0.071+0.040	20.70
-0.040+0.026	20.10
-0.026	53.10
Итого	100.00

Согласно, гранулометрической характеристике флотационного концентрата содержание класса крупности - 0.040+0 мм составляет 73.20%.

3. Результаты и обсуждение

По результатам анализов сгущения флотационного концентрата представлены результаты тестирования на разных флокулянтах Torfloc RHN 714, Nalco 8172, Magnofloc 5250 с концентрацией 0.05% с расходами: 10 г/т, 20 г/т, 25 г/т, 30 г/т и 40 г/т. В таблице 2 и на рисунке 1 представлена сравнительная характеристика полиакриламидов при расходе 10 г/т. Высота пульпы флокконцентрата заняло в цилиндре 325 мм.

Измерения концентрации флокулянтов проводились в пробах оборотной воды Акжар, Гигант и ФООР, в которые дозировали флокулянты Torfloc 714, Nalco 8172PULV и Magnofloc 5250. Следует отметить, что при проведении эксперимента при одновременном дозировании флокулянта скорость биоокисления равна или пре-

вышает скорость окисления чистого флокулянта, что возможно связано с улучшением условий действия био-организмов (рост количества питательной массы).

Таблица 2. Сравнительная характеристика полиакриламидов при расходе 10 г/т

Время осаднения, сек	Высота осветленного слоя, мм		
	расход 10 г/т		
	Топфлос 714	Nalco 8172	Magnofloc5250
20	15	20	60
40	25	70	200
60	40	215	250
80	55	235	260
100	75	240	265
120	105	243	267

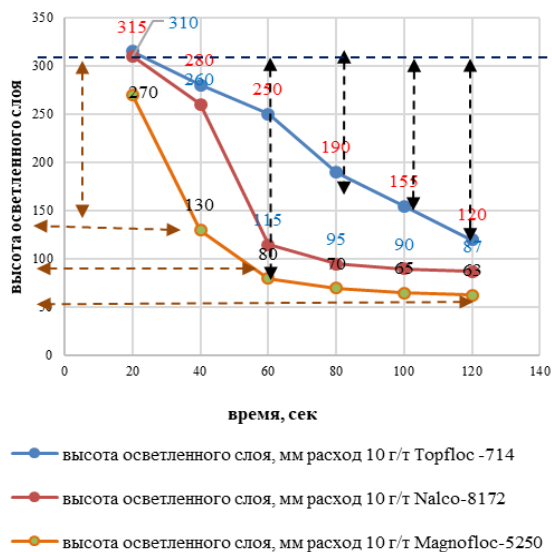


Рисунок 1. График осветленного слоя сгущения с применением флокулянтов с расходом 10 г/т

Как видно из рисунка 2, высота осветленного слоя (зоны свободного осаднения), выше при сгущении с применением флокулянта Magnofloc-5250 с расходом 10 г/т в сравнении с другими исследуемые флокулянтами. На графике видно, что критической точкой осаднения с Magnofloc-5250 является время на 40 сек. С 40 сек по 60 сек образуется зона уплотнения осадка. С увеличением времени, с 60 секунды образуется слой осадка. Полное время осаднения и уплотнения осадка - 120 сек.

Среднюю скорость (м/с) осаднения частиц определяют по формуле с использованием параметров:

$V_{ср}$ – зона осаднения – зона уплотнения осадка / время осаднения в момент, когда зона осаднения достигнет зоны уплотнению.

Средняя скорость осаднения твердых частиц флото-концентрата с применением Magnofloc 5250 с расходом 10 г/т, получилось $((250-200)/1000)/40=1.25*10^{-3}$ м/с.



Рисунок 2. Фотографии осаднения частиц по времени

В таблице 3 и на рисунке 3 представлена сравнительная характеристика полиакриламидов при расходе 20 г/т.

Таблица 3. Сравнительная характеристика полиакриламидов при расходе 20 г/т

Время осаднения, сек	Высота осветленного слоя (зона осаднения частиц), мм		
	расход 20 г/т		
	Topfloc 714	Nalco 8172	Magnofloc 5250
20	20	30	70
40	220	210	240
60	230	240	247
80	240	247	250
100	245	250	254
120	250	255	260

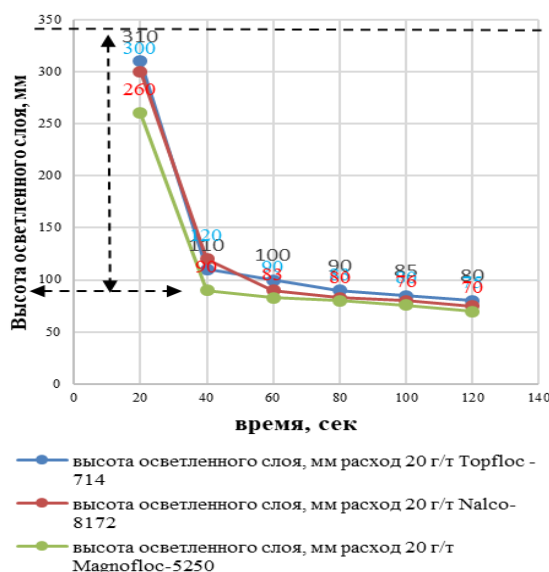


Рисунок 3. График осветленного слоя сгущения с применением флокулянтов с расходом 20 г/т

Из рисунка 3 видно, что осаждения частиц со всеми исследуемыми флокулянтами происходит быстрее с расходом 20 г/т и на 20 сек. На 40 сек видим, что столб высоты осветленного слоя выше у флокулянта Magnofloc 5250. Средняя скорость осаждения получается $115/40 \cdot 10^{-3} = 0.003$ м/с.

В таблице 4 и на рисунке 4 представлена сравнительная характеристика полиакриламидов при расходе 25 г/т.

Таблица 4. Сравнительная характеристика полиакриламидов при расходе 25 г/т

Время осаждения, сек	Высота осветленного слоя, мм		
	расход 25 г/т		
	Topfloc 714	Nalco 8172	Magnofloc 5250
20	40	50	60
40	230	240	215
60	247	250	230
80	250	257	245
100	255	260	248
120	255	265	251

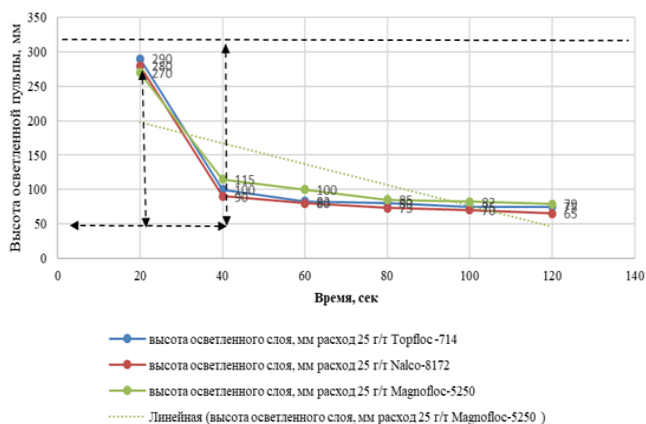


Рисунок 4. График осветленного слоя сгущения с применением флокулянтов с расходом 25 г/т

По результатам исследования сгущения флокулянтов с расходом 25 г/т, видим, что осаждение происходит у всех флокулянтов быстрее уже на 20 сек. На 40 сек наблюдаем, что высота осветленного слоя выше с использованием флокулянтов Nalco 8172 и Topfloc 714.

В таблице 5 и на рисунке 5 представлена сравнительная характеристика полиакриламидов с расходом 30 г/т.

Таблица 5. Сравнительная характеристика полиакриламидов при расходе 30 г/т

Время осаждения, сек	Высота осветленного слоя, мм		
	расход 30 г/т		
	Topfloc 714	Nalco 8172	Magnofloc 5250
20	50	60	70
40	230	220	240
60	240	250	255
80	243	255	260
100	247	257	263
120	250	260	265

Из рисунка 5, видим, что с расходом флокулянтов 30 г/т, осаждение частиц замедляется по сравнению с расходами 25 и 20 г/т. Высота осветленного слоя почти у всех исследуемых флокулянтов одинаковое.

Рассмотрим данное наблюдения по графику рисунок 6.

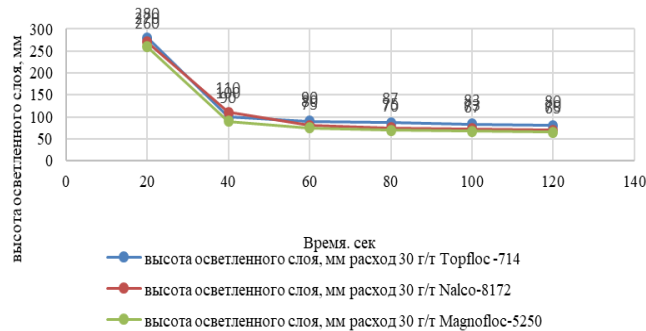


Рисунок 5. График осветленного слоя сгущения с применением флокулянтов с расходом 30 г/т

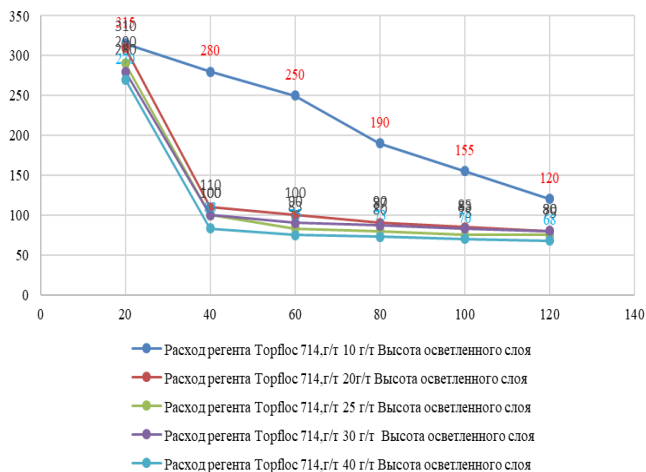


Рисунок 6. Динамика осаждения частиц с применением Topfloc-714 на разных расходах

Из рисунка 6 видно, что скорость осаждения частиц с флокулянтном Topfloc-714 почти одинаковое с расходом 20 г/т и выше.

Рассмотрим исследования по сгущаемости с применением флокулянта Magnofloc -5250 по графику (рис. 7).

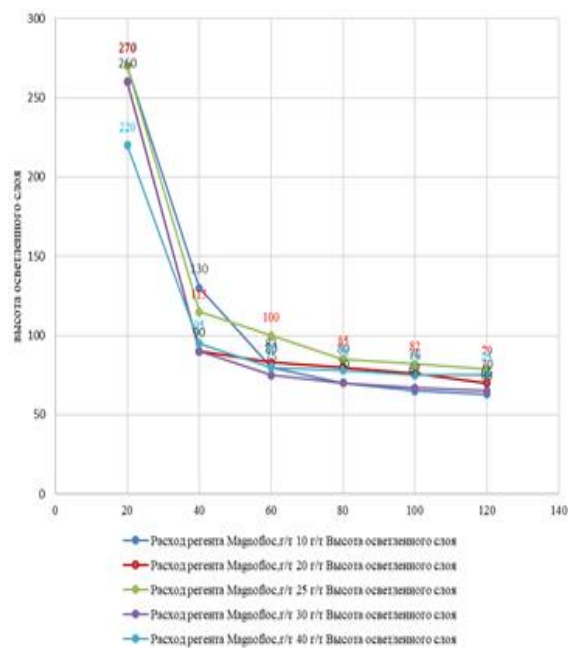


Рисунок 7. Динамика осаждения частиц с применением Magnofloc -5250 на разных расходах

Из рисунка 7 видно, что с применением флокулянта Magnofloc -5250 лучшее осаждение частиц происходит с расходом 20 г/т. При больших дозах осаждения частиц медленнее.

Сравним еще раз результаты Magnofloc -5250 и Topfloc- 714 с дозировкой 20г/т.

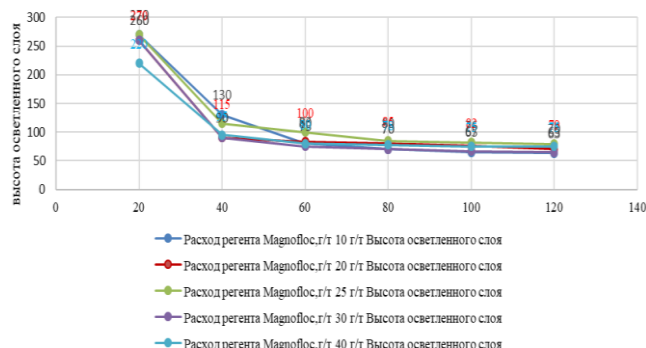


Рисунок 8. Сравнительная характеристика полиакриламидов с расходом 20 г/т

Как видим, что Magnofloc 5250 показывает лучшее осаждение частиц с расходом 20 г/т. Таким образом, наиболее эффективным флокулянт при сгущении является реагент Magnofloc 5250. Современные производственные процессы, в том числе и процессы обогащения полезных ископаемых, предусматривают сгущение и обезвоживание шламов. Целью при этом является оптимальное разделение жидкой и твердой фаз при максимально возможной чистоте жидкой фазы и наиболее низкой влажности сухого вещества твердой фазы. Для достижения этой цели при сгущении угольно-глинистых суспензий в радиальных сгустителях, а также при обезвоживании шлама на камерных и ленточных фильтр-прессах, дисковых вакуум-фильтрах, центрифугах применяются органические синтетические флокулянты. Флокулянты ряда MAGNAFLOC® химического концерна BASF отвечают этим многогранным требованиям: оптимальная надежность процесса, максимально возможная чистота осветленной фазы, наибольшее содержание твердого, разумная стоимость полимеров. Так как обрабатываемые шламы имеют различный состав, флокулянты ряда MAGNAFLOC имеют заряд от высокоанионного через неионогенный до высококатионного. Диапазон молекулярной массы этих продуктов также очень широк: от низкомолекулярных (около 1 млн.) до высокомолекулярных (около 27 млн.).

Суммарное содержание собирателя с флокулянт можно определять спектрофотометрическим методом с БФС, а также использовать ХПК (химического потребления кислорода). Химическое потребление кислорода является показателем содержания органических веществ в воде, выражается в миллиграммах кислорода (или другого окислителя в пересчете на кислород), пошедшего на окисление органических веществ, содержащихся в литре (1 дм³) воды. ХПК используется для оценки степени загрязнения природных и сточных вод органическими соединениями. Потребление кислорода определяется как такая масса окислителя в пересчете на кислород, выраженная в мг/л, при которой весь углерод, водород, сера, фосфор и другие элементы, если они присутствуют в

органическом веществе, окисляются до высших оксидов, а азот превращается в аммонийную соль.

При применении методики определения химического потребления кислорода в процессах атмосферного окисления для оценки концентраций органических загрязнений в воде, а также отслеживания изменений, происходящих с органической массой (реагентами) в процессе атмосферного окисления, определяется бихроматная окисляемость. Стандартизованные методы предусматривают обработку пробы воды серной кислотой и бихроматом калия при определённой температуре в присутствии катализатора окисления.

References / Литература

- [1] Frolov, D.V. (2015). Laboratornye metodiki issledovaniya jefektivnosti dejstviya flokuljantov. Retrieved from: <https://science.kuzstu.ru/wp-content/Events/Conference/RM/2015/RM15/pages/Articles/GI/4/7.pdf>
- [2] Abdalvaliev, R.A., Abdykirova, G.Zh., Dyusenova, S.B. & Imangaliev, L.M. (2017). Concentration of chromite-containing slimes. *Obogashchenie Rud*, (6), 15-19. <https://doi.org/10.17580/or.2017.06.03>
- [3] Avery, M.J., Junk, G.A. (1987). Procedure for the determination of amines in small urine samples. *Journal of Chromatography B: Biomedical Sciences and Applications*, (420), 379-384. [https://doi.org/10.1016/0378-4347\(87\)80193-7](https://doi.org/10.1016/0378-4347(87)80193-7)
- [4] Pietsch, J., Hampel, S., Schmidt, W., Brauch, H.-J. & Fresenius, E.W. (1996). Determination of aliphatic and alicyclic amines in water by gas and liquid chromatography after derivatization by chloroformates. *Fresenius Journal of Analytical Chemistry*, (355), 164-173. <https://doi.org/10.1007/s0021663550164>
- [5] Alekseev, V.N. (1972). *Kolichestvennyj analiz. M.: Himija*
- [6] Lur'e, Ju.Ju., Rybnikova, A.I. (1974). *Himicheskij analiz proizvodstvennyh stochnyh vod. M.: «Himija»*
- [7] Yüit, E., Sarıdede, Muhlis & Özçimen, D. (2014). The flotation of South African chromite ores in acidic media. *METAL 2014 - 23rd International Conference on Metallurgy and Materials, Conference Proceedings*, 1357-1361
- [8] Pestryak, I.V. (2015). Modeling and analysis of physicochemical processes in recirculating water conditioning. *Journal of mining science*, 51(4), 811-818
- [9] Serebrennikova, M.K., Tudvaseva, M.S. & Kujukina, M.S. (2015). Biologicheskie sposoby ochistki neftezagrijaznennyh stochnyh vod (obzor). *Vestnik Permskogo universiteta. Serija: Biologija*, (1), 15-30
- [10] Gencler, G.L., Sharkov, A.M. (2004). Ochistka stochnyh vod v nefte-pererabatyvajushhej promyshlennosti. *Ekologija i promyshlennost'*, (10), 15-17
- [11] Kongsricharoen, N., Polprasert, C. (1995). Electrochemical precipitation of chromium (Cr6+) from an electroplating wastewater. *Water Science Technology*, 31(9), 109-117
- [12] Monser, L., Adhoum, N. (2002). Modified activated carbon for the removal of copper, zinc, chromium, and cyanide from wastewater. *Separation and Purification Technology*, (26), 137-146
- [13] Amirov, A. (1983). *Ionoobmennaja ochistka stochnyh vod, rastvorov i gazov. L.: Himija*
- [14] Ziajahromi, S., Khanizadeh, M. & Khiadani, M. (2013). Experimental evaluation of nitrate reduction from water using synthesis nanoscale zero-valent iron (NZVI) under aerobic conditions. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 16(2), 205-209. <https://doi.org/10.5829/idosi.mejsr.2013.16.02.11661>
- [15] Tishkovich, A.V. (1972). *Teorija i praktika ammonizacii torfa. Minsk: Nauka i tehnika*

Ұсақ дисперсті хром кендерін өңдеу технологиясындағы флотациялық концентратты қоюландыру операциялары үшін флокулянт реагенттерін талдау және зерттеу

Б.Б. Абдурзакова*, Л.С. Кауанова, Н.К. Саймаганбетова

«ERG ғылыми-зерттеу және инжиниринг орталығы» ЖШС, Хромтау, Қазақстан

*Корреспонденция үшін автор: B.Abdurzakova@erg.kz

Андатпа. Бұл зерттеу TOPFLOC 714, NALCO 8172PULV және Magnofloc 5250 флокулянт реагенттерінің концентрациясының әсер ету дәрежесін анықтаудың инновациялық әдістерінің жүйелендірілген шолуын ұсынады, олар ұсақ дисперсті хром кендерін ауырлық және флотациялық байыту әдісімен өңдеу кезінде Дон ГОК қалдықтарын өңдеу қондырғыларынан шыққан тұнбаны сусыздандыру мақсатында кері айналымдағы суда қолданылады. Сондай-ақ, кері айналымдағы суда флокулянттардың амин компоненттерінің ауырлық және флотациялық байыту технологиялық процестеріне және жабдықтардың коррозиялық төзімділігіне әсерін анықтау қарастырылады. Судың заманауи тазарту әдістеріне шолу жасалды. 2006 жылдан бастап 2023 жылға дейінгі кезеңді қамтитын ұсақ дисперсті хром кендерін өңдеу тазарту қондырғыларынан шыққан тұнбаны сусыздандыру үшін флокулянттардың тиімділігін анықтау әдістемесі бойынша таңдалған 10 ғылыми еңбектің нәтижелеріне жүйелендірілген шолу және аналитикалық бағалау жүргізілді. Зерттеу нәтижелері оңай қол жетімді, қауіпсіз және арзан биоыдырайтын полимерлерді инновациялық әдістермен қолдануды көрсетеді. Сонымен қатар, зерттеу ауырлық сепараторлары мен флотациялық қондырғылардан кейін оксидті минералдарды қоюландырудың сәтті мысалдарын және ұсақ кенді өңдеу кезінде тазарту қондырғыларының тұнбасын тұндыру кезінде жақсы нәтижелерге қол жеткізуге болатынын көрсетті. Ерітіндінің рН көрсеткіштері полимер тізбектерінің мінез-құлқына әсер етеді. Ауырлық және флотациялық процестерден қалдықтарды тазарту суларының мөлдірлігі қолданылатын флокулянттардың түріне де, концентрациясына да байланысты. Ұсақ дисперсті хром кендерін өңдеу қондырғыларының тұнбасын сусыздандыру әдістеріне жүйелендірілген шолу жүргізілді және таңдалған әдістердің артықшылықтары мен кемшіліктері талданды. Жалпы, зерттеу нәтижелері флокулянт реагенттерін қолданудың маңыздылығын және ұсақ дисперсті хром кендерін тұндырудың инновациялық әдістерін қолдану байытудың тиімділігін арттыру және ресурстарды пайдалану тиімділігін жақсарту үшін маңызды екенін көрсетеді.

Негізгі сөздер: ұсақ дисперсті хром кені, өңдеу, байыту әдістері, флокулянт, флокконцентрат, қоюландыру.

Анализ и исследование реагентов - флокулянтов для операций сгущения флотационного концентрата в технологии переработки мелкодисперсных хромовых руд

Б.Б. Абдурзакова*, Л.С. Кауанова, Н.К. Саймаганбетова

ТОО «Научно-исследовательский инжиниринговый центр ERG», Хромтау, Казахстан

*Автор для корреспонденции: B.Abdurzakova@erg.kz

Аннотация. Это исследование представляет собой систематизированный обзор инновационных методов определения степени влияния концентрации реагентов - флокулянтов TOPFLOC 714, NALCO 8172PULV и Magnofloc 5250 в оборотной воде с целью обезвоживания осадка очистных сооружений при переработке мелкодисперсных хромовых руд на гравитационно-флотационным методом обогащения лежалых шламовых хвостов Донского ГОКа. Также определение степени влияния аминных компонентов флокулянтов в оборотной воде на технологические процессы гравитационного и флотационного обогащения и коррозионную устойчивость оборудования. Предоставления обзора современных методов очистки вод. Был проведен систематизированный обзор и аналитическая оценка результатов, выбранных 10 научных трудов на тему, методика определения эффективности работы флокулянтов для обезвоживания осадка очистных сооружений переработки мелкодисперсных хромовых руд, охватывающих период с 2006 года по 2023 год. Результат исследования показывает использования легкодоступных, безопасных и дешевых биоразлагаемых полимеров на инновационных методах. Кроме этого, исследование показало примеры успешного применения на сгущении оксидных минералов после гравитационных сепараторов и флотационных аппаратов для получения хороших показателей при осаждениях осадка очистных сооружений при переработке мелкодисперсных руд. Показатели рН раствора оказывает влияние на поведении цепей полимера. Осветление техногенных вод отходов гравитации и флотации зависит как от типа, так и от концентрации применяемых флокулянтов. Был проведен систематизированный обзор методов по обезвоживания осадка очистных сооружений переработки мелкодисперсных хромовых руд с анализом преимуществ и недостатков выбранных методов. В целом, результаты подчеркивают важность применения реагентов

- флокулянтов и применения инновационных методов осаждения мелкодисперсных хромовых руд для повышения эффективности обогащения и улучшения использования ресурсов.

Ключевые слова: мелкодисперсные хромовые руды, переработка, методы обогащения, флокулянт, флотоконцентрат, сгущение.

Received: 28 September 2023

Accepted: 15 August 2024

Available online: 31 August 2024