

УДК 66.067.01

Влияние К-4 на кинетику фильтрационной промывки осадков красных шламов

© В.И. Саламатов

*Иркутский национальный исследовательский технический университет,
г. Иркутск, Российская Федерация*

Аннотация. В работе приведены результаты исследования процесса фильтрационной промывки осадков красных шламов, полученных в производстве глинозёма при переработке низкокремнистых бокситов. В статье рассматривается процесс фильтрационной промывки красных шламов, когда поры осадка полностью заполнены маточным раствором и промывной жидкостью, то есть исследуется случай двухфазного движения. При этом по всей развивающейся поверхности контакта наблюдается массообмен между маточным раствором и промывной жидкостью. Исследование процесса фильтрационной промывки красных шламов показало, что с ростом толщины осадка возрастает величина застойных зон, увеличивается количество растворённого вещества, извлекаемого из пор осадка во второй период. Применение синтетических флокулянтов, в частности К-4, позволяет уменьшить величину застойных зон шламистого осадка. В ходе эксперимента пульпы красных шламов обрабатывались флокулянтном на стадии предварительного сгущения. Изучены основные периоды промывки, показано влияние расходного модуля на эффективность отмывки алюминатного раствора (маточного раствора) из пор осадков шлама. Установлено, что промывка осадков, обработанных флокулянтном, позволяет увеличить количество удельной эффективной влаги за счёт сокращения общего объёма застойных пор и роста объёма свободной влаги.

Ключевые слова: фильтрационная промывка, флокулянт, периоды промывки, эффективность промывки

Influence of K-4 on the kinetics of filtration washing of red mud sediments

© Victor I. Salamatov

*Irkutsk National Research Technical University,
Irkutsk, Russian Federation*

Abstract. The article presents the results of a study of the process of filtration washing of red mud sediments obtained in the production of alumina during the processing of low-siliceous bauxite. The article discusses the process of filtration washing of red mud, when the pores of the sediment are completely filled with mother liquor and washing liquid, i.e. we study the case of two-phase movement. In this case, mass transfer between the mother liquor and the washing liquid is observed over the entire developing contact surface. The study of the process of filtration washing of red mud showed that with an increase in the thickness of the sediment, the size of the stagnant zones increases, and the amount of solute extracted from the pores of the sediment in the second period increases. The use of synthetic flocculants, in particular K-4, makes it possible to reduce the size of the stagnant zones of the slime sediment. During the experiment, the pulps of red mud were treated with a flocculant at the stage of preliminary thickening. The article studies the main periods of washing, shows the effect of the flow module on the efficiency of washing the aluminate solution (mother liquor) from the pores of the sludge sediments. It has been established that the washing of sediments treated with a flocculant makes it possible to increase the amount of specific effective moisture due to a reduction in the total volume of stagnant pores and an increase in the volume of free moisture.

Keywords: filtration washing, flocculant, washing periods, washing efficiency

Фильтрационная промывка осадков нашла широкое применение в химической, горно-химической, горно-металлургической и других отраслях экономики. Для промывки осадков применяют оборудование, включающее фильтрующие перегородки (вакуум-фильтры, фильтр-прессы, фильтрующие центрифуги)¹ [1, 2].

В процессе промывки осуществляют подачу промывного раствора на поверхность осадка. На непрерывно действующих фильтрах применяется разбрызгивание раствора,

¹ Ширяева Е.В. Процессы фильтрования суспензий и обезвоживание осадков на промышленных вакуум-фильтровальных установках непрерывного действия: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 2011. 23 с.

вследствие чего в порах осадка движется двухфазный воздушно-жидкостный поток. На периодически действующих фильтрах используется промывка способом вытеснения маточного раствора из пор осадка [3, 4].

Промывка осадков на фильтрах является сложным гидродинамическим процессом [5], она идентична процессу фильтрования при постоянной толщине осадка. Скорость промывки зависит не только от давления, вязкости раствора, но и главным образом от сопротивления осадка и его физико-механических свойств.

В настоящее время широко используются добавки флокулянтов, способных улучшить структуру осадка [6, 7, 8]. С целью улучшения процессов обезвоживания технических суспензий значительное распространение получили синтетические флокулянты [9, 10].

К-4 является синтетическим высокомолекулярным флокулянтном полиакриламидного типа. К-4 синтезирован в институте химии АН УзССР К.С. Ахмедовым и С.П. Зайнутдиновым. Синтетический флокулянт получается при неполном омылении полиакриламида в водном растворе каустической щёлочи. Выпускается К-4 в виде пастообразной массы. Флокулянт легко раство-

ряется при перемешивании в тёплой воде. Предварительно готовился 0,5 % раствор, который разбавляли до 0,10 % при проведении фильтрации. Наибольшая скорость фильтрации отмечена для дозировки флокулянта 24 г/т шлама.

Исследование процесса фильтрации промывки осадков красных шламов осуществляли на фильтрационной установке с использованием лабораторной модели нутч-фильтра, помещённого в термостатированную ячейку, соединённую с термостатом. Для получения осадка заданной толщины фильтровали пульпу требуемого объёма. После чего осадки промывали водой или водным раствором щёлочи слабой концентрации при полном контакте с поверхностью осадка.

Фильтрационная промывка осадков красных шламов характеризуется тремя периодами (рис. 1): вытеснения, гидромеханического увлечения маточной влаги и промывного раствора в проточных порах осадка. Кинетика процесса фильтрационной промывки осадков красных шламов в этот период полностью определяется режимом подачи промывного раствора на поверхность осадка.

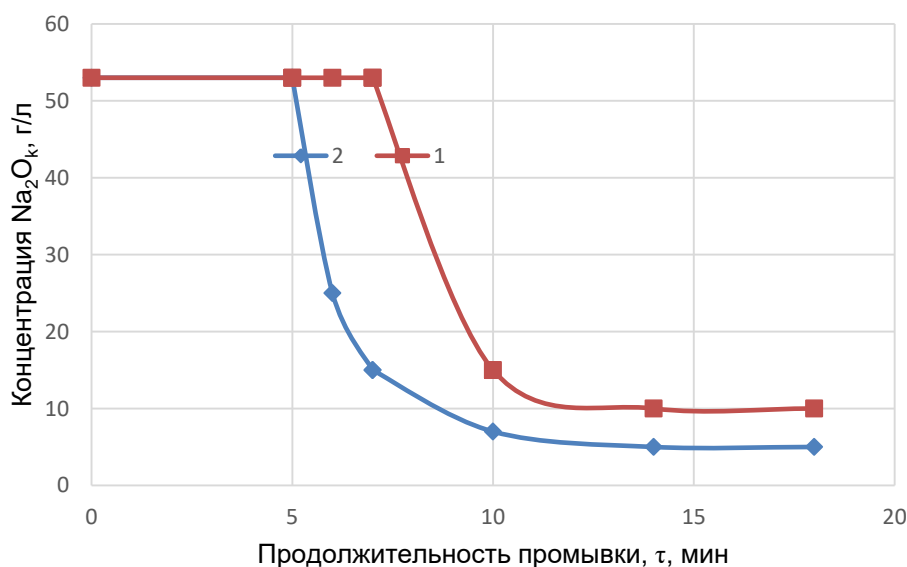


Рис. 1. Влияние продолжительности времени τ на величину концентрации щёлочи в промывном фильтрате: 1 – без добавки, 2 – К-4

Затем следует более продолжительный период – период молекулярной диффузии. С применением К-4 в ходе промывки также отмечается три периода, однако их продолжительность и эффективность промывки

(рис. 1) отличается от исходного варианта. В первый период (период поршневого вытеснения) происходит вытеснение маточного раствора без его смешения с промывной жидкостью. Время выхода фильтрата кон-

центрации C_0 соответствует времени его движения по наиболее крупным капиллярам. В среднем расход промывной жидкости на 1 м^3 задержанной влаги в этот период составляет от 0,2 до $1,5 \text{ м}^3$ и зависит от способа образования осадка, то есть определяется структурой осадка. Первому периоду от-

вечает линейная зависимость между эффективностью промывки и её продолжительностью или расходным модулем. В этот период происходит извлечение до 60–70 % растворённого, и эта величина зависит от типа образованной структуры осадка.

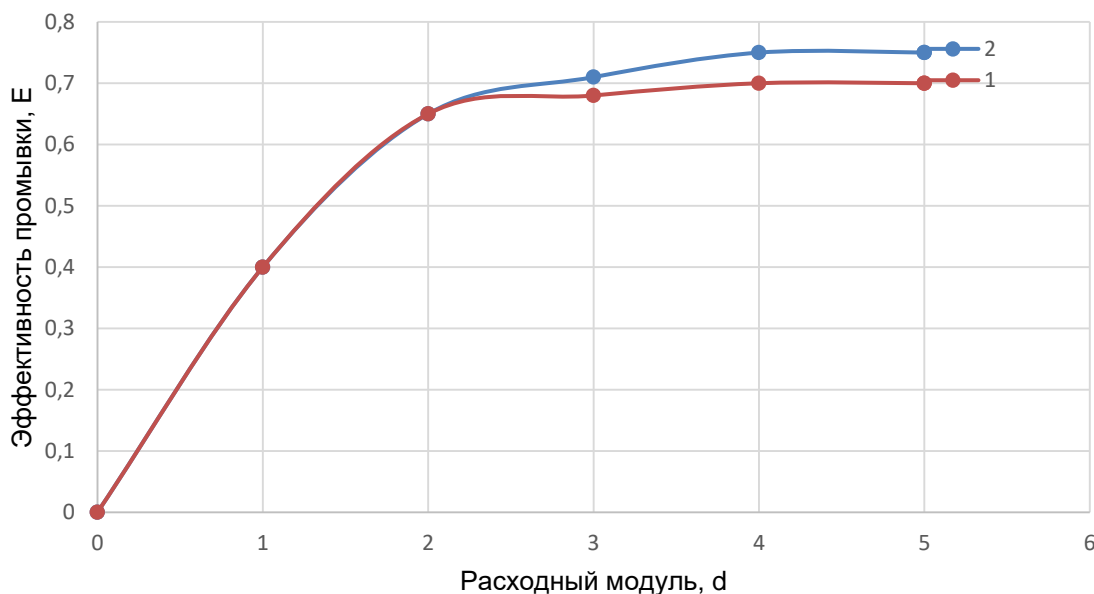


Рис. 2. Зависимость эффективности промывки E от расходного модуля: 1 – без добавки, 2 – K-4

Для второго периода (периода гидродинамического увлечения) характерно быстрое снижение концентрации растворённого вещества в выходящем из пор осадка фильтрате от первоначального значения C_0 до C_i . Продолжительность промывки до получения значения концентрации растворённого c_i соответствует продолжительности вытеснения маточного раствора из наиболее мелких капилляров. В этом интервале промывки накопление растворённого вещества в единице объёма промывной жидкости происходит в результате ряда процессов: смешение с маточным раствором, выходящим из поперечных пор осадка, смешение со слабосвязанной плёночной влагой, молекулярной диффузией растворённого из прочносвязанной влаги, молекулярной диффузией из застойных пор, зон слабой проницаемости. Расход промывной жидкости в этот период на 1 м^3 остаточной маточной влаги возрастает в 3–4 раза по сравнению с первым периодом.

Для второго периода для эффективности промывки получены следующие эмпирические зависимости:

$$E = a_1 + b_1 t + c_1 t;$$

$$E = a_2 + b_2 d + c_2 d;$$

где a , b , c – экспериментальные коэффициенты, величина которых зависит от толщины осадка, от концентрации растворённого вещества в маточной влаге.

Для текущей удельной нагрузки осадка имеем:

$$g_i = g_0 [1 - a_2 - b_2 d - c_2 d].$$

Во время второго периода наблюдается наибольшая скорость роста поверхности контакта. К началу третьего периода скорость изменения поверхности контакта минимальная, при этом её величина приближается к удельной поверхности осадка.

Третий диффузионный период промывки характеризуется медленным снижением концентрации растворённого вещества в фильтрате. При этом накопление растворённого в промывной жидкости происходит в результате молекулярного переноса из плёночной влаги, застойных пор, слабопроницаемых зон. В этот период расход промывной жидкости увеличивается в 10–25 раз по сравнению с первым периодом. Эффективность промывки значительно снижается.

При обработке K-4 сокращается продолжительность первого периода, в ходе кото-

рого происходит вытеснение маточной влаги (рис. 1 кривая 2), до 4 минут в сравнении с 5 минутами без обработки флокулянтам. Образование флокул обуславливает образование капилляров с большими величинами радиусов, чем в случае необработанных К-4 осадков. При этом за счёт роста доли пор, приходящихся на свободную влагу, обеспечивается незначительный рост степени отмывки к началу второго периода до 0,49 (без обработки флокулянтам – до 0,48).

В ходе промывки наблюдается рост эффективности промывки к началу третьего периода за счёт сокращения объёма пор,

приходящихся на застойные зоны. Однако это увеличение незначительное – до 4–5 % (рис. 2).

Таким образом, по результатам исследования фильтрационной промывки осадков красных шламов (ОАО «ИАЗ») можно сделать следующие выводы:

- в ходе промывки установлены основные периоды промывки (вытеснение, гидромеханическое увлечение и молекулярная диффузия);

- применение К-4 не даёт существенного роста эффективности фильтрационной промывки осадков красных шламов.

Библиографический список

1. Шмигидин Ю.И. Разделение суспензий в глиноземном производстве. СПб.: ВАМИ, 2002. 312 с.
2. Белоглазов И.Н., Голубев В.О., Тихонов О.Н., Куука Ю., Яскеляйнен Э. Фильтрование технологических пульп. М.: ИД «Руда и Металлы», 2003. 320 с.
3. Брук О.Л. Процессы промывки осадков. М.: Недра, 1973. 216 с.
4. Тюфтин Е.П. Промывка гидрометаллургических пульп. М.: Изд-во «Металлургия», 1970. 224 с.
5. Шиврин Г.Н., Шиврина Е.М. Гидродинамика процессов обезвоживания. Рязань: Голос губернии, 2010. 158 с.
6. Логинова И.В., Кырчиков А.В., Пенюгалова Н.П. Технология производства глинозема. Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 2015. 333 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://elar.urfu.ru/handle/10995/34749> (21.01.2021).
7. Подгородецкий Г.С., Ширяева Е.В., Горбунов В.Б., Козлова О.Н. Проблема эффективной переработки красных шламов, поиск решений // Экология и промышленность России. 2015. Т. 19. № 12. С. 46–53.
8. Трушко В.Л., Утков В.А., Божин В.Ю. Актуальность и возможности полной переработки красных шламов глиноземного производства // Записки Горного института. 2017. Т. 227. С. 547–553.
9. Пягай И.Н. Блочная переработка бокситовых шламов глиноземного производства // Цветные металлы. 2016. № 7. С. 37–44.
10. Саламатов В.И., Головачёв С.Н., Горнов Ю.Н. Жизненный цикл фильтрующих перегородок // Известия Сибирского отделения секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. 2016. № 2 (55). С. 88–95.

Сведения об авторе / Information about the Author

Саламатов Виктор Иванович,
кандидат технических наук,
доцент кафедры машиностроительных технологий и материалов,
Институт авиамашиностроения и транспорта,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Российская Федерация,
e-mail: salamatov_52@mail.ru

Viktor I. Salamatov,
Cand. Sci. (Technical Sciences),
Associate Professor at Engineering Technologies and Materials Department,
Institute of Aircraft Engineering and Transport,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov Str., Irkutsk, 664074, Russian Federation,
e-mail: salamatov_52@mail.ru