

*Щекина А.Ю., аспирант,  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова*

## ДЕЙСТВИЕ ОТХОДОВ ФЛОТАЦИИ В СОСТАВЕ ВЯЖУЩИХ, С УЧЕТОМ СОДЕРЖАЩЕГОСЯ В НИХ ИЗОДЕЦИЛОКСИПРОПИЛАМИНА

aus2016aus@yandex.ru

*В статье представлены результаты исследований по определению влияния изодецилоксипропиламина, адсорбированного на поверхности зерен отходов флотации железистых кварцитов на свойства вяжущих композиций. Представлены результаты реологических исследований вяжущих композиций, на основе отходов флотации, содержащие разное количество флотореагента в составе отходов. Выявлены пластифицирующий эффект, оказываемый отходами флотации на вяжущие композиции и гидрофобизирующее действие изодецилоксипропиламина на вяжущие композиции.*

***Ключевые слова:** отходы флотации железистых кварцитов, флотореагент, вяжущие композиции, эффективная вязкость.*

**Введение.** На сегодняшний день учеными непрерывно проводятся исследования по возможности использования различных видов техногенных отходов во вторичном производстве [1–8].

Отходы обогащения более удобны для использования, чем отвалы, поскольку они, более однородны по химическому, минералогическому, гранулометрическому составу, представляют собой уже дисперсный материал с высокой удельной поверхностью. В производстве строительных материалов широкое распространение получили шлаки, золы, отходы мокрой и сухой магнитной сепарации и др. На территории России расположено значительное количество горно-обогатительных комбинатов, образующих тонны ежегодно накапливающихся и требующих утилизации отходов обогащения. Одним из таких крупнейших комбинатов является ОАО «Михайловский горно-обогатительный комбинат» (МГОК), занимающийся добычей и обогащением железной руды. МГОК для получения качественного концентрата с низким содержанием оксида кремния и щелочей ( $K_2O + Na_2O$ ), использует магнитно-флотационную схему обогащения железистых кварцитов – обогащение железной руды методом магнитной сепарации с последующим дообогащением методом обратной катионной флотации. При этом ежегодно образуется до 10 млн. т в год отходов флотации железистых кварцитов [3].

На МГОКе при флотационном дообогащении железистых кварцитов применяют следующую комбинацию флотореагентов: собиратель РА-14, депрессор – гидролизированный крахмал, регулятор кислотности – гидроксид натрия. Флотореагент РА-14 является поверхностно-актив-

ным веществом (ПАВ), адсорбирующимся на поверхности отходов флотации при флотации. Концентрация РА-14 в составе суспензии при флотации составляет 250 г/т. Однако, при этом РА-14 способен адсорбироваться на поверхности железа. Поэтому, для исключения перехода железа в пенный продукт, в пульпу при флотации следует добавлять крахмал. Так как крахмал является труднорастворимым в воде соединением, на МГОКе при флотационном дообогащении железистых кварцитов используется гидролизированный крахмал [9].

Гидролизированный крахмал, растворяется в водном растворе в пульпе при флотации и преимущественно адсорбируется на поверхности железа, тем самым препятствует адсорбции РА-14 на его поверхности и переходу железа в пенный продукт. Согласно исследованиям [10–13], на поверхности пенного продукта гидролизированный крахмал способен адсорбироваться в очень малом количестве, поэтому он не будет оказывать значительного влияния на цементные системы. Таким образом, наши исследования направлены на изучение влияния флотореагента РА-14 в составе вяжущих композиций.

**Основная часть.** Гидрофобизирующие поверхностно-активные добавки в составе цементных систем, снижают предельное напряжение сдвига тем самым, увеличивают их пластическую вязкость, в результате чего предотвращают расслаиваемость смеси, обеспечивают требуемую подвижность. Высокая подвижность бетонных смесей достигается за счёт образования тонких ориентированных плёнок поверхностно-активных веществ на поверхности компонентов смеси [14].

В связи с этим, предполагается, что РА-14, адсорбированный на поверхности отходов

флотации способен оказывать пластифицирующее и гидрофобизирующее действие на вязущие композиции.

Для подтверждения или опровержения этих гипотез нами была синтезирована модельная система (МС) отходов флотации, являющаяся их искусственным аналогом и состоящая из основных оксидов, составляющих отходы флотации, а так же проведены реологические исследования и определен краевой угол смачивания вязущих композиций, полученных совместным помолотом 70 % цемента и 30 % отходов при различных концентрациях РА-14 в пульпах при флотации: ОФг150 – отходы при концентрации РА-14 = 150 г/т; ОФг250 – при концентрации РА-14 = 250 г/т; ОФг350 – при концентрации РА-14 = 350 г/т. Выполнены аналогичные исследования вязущих композиций, содержащих 70 % цемента и 30 % модельной системы отходов флотации.

При определении реологических характеристик суспензий вязущих композиций в качестве постоянного показателя принимался расплыв конуса 15 см.

Каждое испытание включало два отдельных опыта: измерение эффективной вязкости суспензий при увеличении скорости вращения ротора от 0 до 120 мин<sup>-1</sup>; измерение эффективной вязкости суспензий при сохранении скорости вращения ротора 120 мин<sup>-1</sup>. В результате обработки полученных результатов, нами построены кривые зависимости эффективной вязкости вязущих композиций различного состава от времени при увеличении скорости вращения ротора и при постоянной скорости вращения ротора прибора, представленные на рис. 1 и 2.

Из реограмм суспензий вязущих композиций при увеличении скорости вращения ротора видно, что увеличение концентрации РА-14 в составе суспензии в процессе образования отхода оказывает пластифицирующий эффект на вязущие композиции. Это подтверждается реограммами суспензий при постоянной скорости вращения ротора. При постоянной скорости вращения ротора прибора уменьшение эффективной вязкости вязущих композиций на основе отходов флотации по сравнению с вязущими композициями на основе модельной системы отходов флотации составляет от 12 до 17 %.

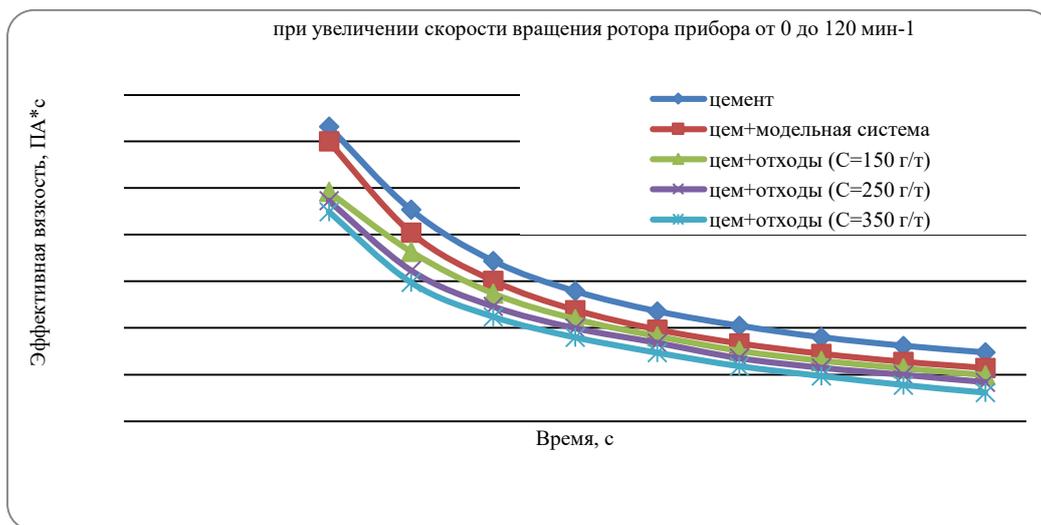


Рис. 1. Изменение эффективной вязкости вязущих композиций различного состава с течением времени при увеличении скорости вращения ротора

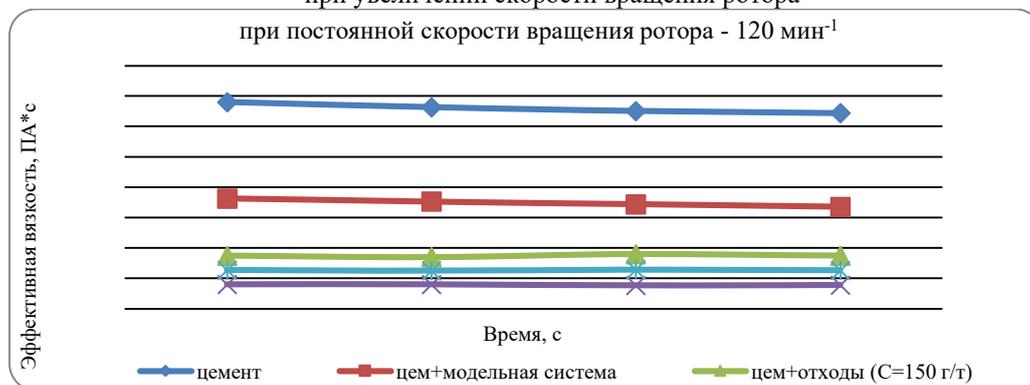


Рис. 2. Изменение эффективной вязкости вязущих композиций различного состава с течением времени при постоянной скорости вращения ротора

На основании проведенных исследований предложен механизм пластифицирующего действия флотореагента РА-14, адсорбированного на поверхности отходов флотации, на вяжущие композиции на основе отходов флотации и цемента.

Известно, что флотореагент РА-14 имеет длинный углеводородный радикал и адсорбируется на поверхности оксида кремния полярной частью аминогруппой на поверхности и выставляя наружу длинный углеводородный радикал [14]. Отсюда можно предположить, что флотореагент может оказывать гидрофобизирующее действие на цементные системы.

В связи с этим, выполнены исследования по определению краевого угла смачивания дистиллированной водой на гидратированных вяжущих композициях в возрасте 28 суток, состоящие из портландцемента (70 %) и различных минеральных наполнителей (30 %). В качестве минеральных наполнителей были выбраны:

- модельная система отходов флотации (МС);
- отходы флотации железистых кварцитов, при концентрации РА-14 в суспензии при флотации 150 г/т (ОФг150);
- отходы флотации железистых кварцитов, при концентрации РА-14 в суспензии при флотации 150 г/т (ОФг250);

- отходы флотации железистых кварцитов, при концентрации РА-14 в суспензии при флотации 150 г/т (ОФг350).

Получение вяжущих композиций производилось совместным помолом в вибрационной мельнице в течение 30 мин, удельная поверхность вяжущих – 500 м<sup>2</sup>/кг. Заформованы образцы-кубы размерами 30×30×30 мм по 7 образцов каждого состава.

Рассматривая значения краевого угла смачивания (табл. 1) дистиллированной водой на поверхностях различных вяжущих композиций, можно отметить, что у составов, содержащих отходы флотации наблюдаются большие значения краевого угла смачивания, чем у составов на основе модельной системы отходов флотации.

С увеличением концентрации РА-14 в пульпе при флотации при образовании отходов наблюдается увеличение краевого угла смачивания водой на поверхностях вяжущих композиций на их основе. Наблюдается увеличение краевого угла смачивания водой на поверхности вяжущих композиций на основе отходов флотационного дообогащения железистых кварцитов по сравнению с углом смачивания водой на поверхности вяжущих композиций на основе модельной системы отходов флотационного на 6–15 %. Это свидетельствует о придании гидрофобного эффекта вяжущим композициям отходами флотации.

Таблица 1

**Краевой угол смачивания дистиллированной водой на поверхностях гидратированных вяжущих композиций**

№ п/п	Составы вяжущих композиций		Краевой угол смачивания (θв), °
	цемент	минеральный наполнитель	
1	Портландцемент – 100 %	–	70
2	Портландцемент – 70 %	модельная система отходов флотации – 30 %	72
3	Портландцемент – 70 %	ОФг150 – 30 %	80
4	Портландцемент – 70 %	ОФг250 – 30 %	86
5	Портландцемент – 70 %	ОФг350 – 30 %	90

**Выводы.** В процессе флотационного дообогащения железистых кварцитов катионный собиратель РА-14 адсорбируется на поверхности пенного продукта в суспензии при флотации. В дальнейшем при высыхании отходов флотации до воздушно-сухого состояния сохраняется в составе отходов и оказывает действие на вяжущие композиции на основе цемента и отходов флотации. Выявлено, что снижение эффективной вязкости суспензий вяжущих композиций на основе отходов флотации по сравнению с их аналогами на основе модельной системы

(искусственно-созданных отходов, не содержащих флотореагента РА-14) составляет 12-17% в зависимости от количества адсорбированного флотореагента РА-14, что свидетельствует о наличии пластифицирующего действия отходов в составе вяжущих композиций на основе цемента и отходов за счет содержания флотореагента РА-14 в составе отходов.

Определено, что флотореагент РА-14, имеющий длинный углеводородный радикал и, адсорбирующийся на поверхности оксида кремния полярной частью аминогруппой, выставляя

наружу длинный углеводородный радикал, способен оказывать гидрофобное действие на цементные системы, что подтверждается проведенными нами исследованиями: увеличение краевого угла смачивания водой на поверхности вяжущих на основе отходов по сравнению с углом смачивания водой на поверхности вяжущих композиций на основе модельной системы составляет от 6 до 15 %.

Таким образом, выявлено, что флотореагент РА-14, адсорбированный на поверхности отходов флотации оказывает гидрофобный и пластифицирующий эффекты на вяжущие композиции с содержанием этих отходов. Это дает предпосылки к использованию отходов флотации в составах сухих строительных смесей для наливных полов, где особую важность строительных растворов имеют гидрофобные и реологические характеристики.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Миргород Ю.А., Борщ Н.А. Термодинамика и кинетика процесса флотоэкстракции с участием катионного и анионного поверхностно-активного вещества // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия физика и химия. 2011. №1. С. 73–80.
2. Классен В.К., Шилова И.А., Текучева Е.В. Энерго- и ресурсосбережение при использовании техногенных материалов в технологии цемента // Строительные материалы. 2007. № 8. С. 18 – 20.
3. Рахимбаев Ш.М., Яшуркаева Л. И. Отходы мокрой магнитной сепарации Михайловского ГОКА – сырье для производства белитового цемента // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2005. № 10. С. 258 –260.
4. Котенко Е.А., Морозов В.Н., Анисимов В.Н. Освоение недр и экологические проблемы – взгляд в XXI век // Геоэкологические проблемы безопасной эксплуатации горно-металлургического комплекса КМА. 2000. №2. С. 22–24.
5. Рахимбаев Ш.М., Тарарин В.К., Морозов А. И. Использование кварцитопесчаников из скальной вскрыши Лебединского месторождения // Использование отходов, попутных продуктов в производстве строительных материалов и изделий. Охрана окружающей среды. 1985. № 3. С. 11–13.
6. Кретов С.И., Губин С.Л., Потапов С.А. Совершенствование технологии переработки руд Михайловского месторождения // Горный журнал. 2006. № 7. С. 71–74.
7. Лесовик В. С. Использование промышленных отходов КМА в производстве строительных материалов // Использование отходов, попутных продуктов в производстве строительных материалов и изделий. 1987. № 3. С. 57–58.
8. Волженский А. В. Минеральные вяжущие вещества. М.: Изд. Стройиздат, 1979. 302 с.
9. Миргород Ю.А., Борщ Н.А. Термодинамика и кинетика процесса флотоэкстракции с участием катионного и анионного поверхностно-активного вещества // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия физика и химия. 2011. №1. С. 73–80.
10. Губин С.Л., Авдохин В.М. Флотация магнетитовых концентратов катионными собирателями // Горный журнал. 2006. № 7. С. 80–84.
11. Шаповалов Н.А., Шевцова Р.Г., Городов А.И., Крайний А.А., Винцовская И.Л., Рядинский М.М. Флотационное обогащение апатит-нефелиновых руд // Современные проблемы горно-металлургического комплекса: XI Всерос. науч.-практ. конф., с междунар. участием, (Старый Оскол, 3-5 дек. 2014 г.), Старый Оскол: Изд. МИ-СиС, 2014. Ч. 1. С. 23–28.
12. Северов В.В. Разработка процесса обратной флотации железистых кварцитов с использованием катионных и неионогенных собирателей: автореферат дис. канд. техн. наук. Москва, 2011. 27 с.
13. Кармазин В.И. Обогащение руд черных металлов. М.: Изд. Недра, 1982. 216 с.
14. Пивень В.А., Дендюк Т.В., Калиниченко А.Ф., Бухлаева Н.П. Флотопроводка магнетитовых концентратов Ингулецкого ГОКа // Обогащение руд. 2004. -№ 1. С. 31–34.

*Информация об авторах*

**Щекина Анастасия Юрьевна**, аспирант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

E-mail: aus2016aus@yandex.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова,

Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

---

*Поступила в июне 2017 г.*

© Щекина А.Ю., 2017

---

**Schekina A.Yu.****EFFECTS OF WASTE WASTE IN THE COMPOSITION OF BINDERS, IN THE CONTEXT OF IZODECYL PROXYETHYAMINE CONTAINED IN THEM**

*The article presents the results of studies to determine the effect of isodecyloxypropylamine adsorbed on the grain surface of flotation waste of ferruginous quartzites on the properties of astringent compositions. The results of rheological studies of astringent compositions based on flotation waste containing different amounts of flotation agent in the waste composition are presented. The plasticizing effect exerted by flotation waste on astringent compositions and the hydrophobizing effect of isodecyloxypropylamine on astringent compositions was revealed.*

**Keywords:** *flotation waste of ferruginous quartzites, flotation agent, astringent compositions, effective viscosity.*

---

*Information about the author*

**Schekina Anastasiya Yurevna**, Research assistant

E-mail: aus2016aus@yandex.ru

Belgorod State Technological University named after V.G.Shukhov.

Russia, 308012, Belgorod, st.Kostyukova, 46.

---

*Received in June 2017*

© Schekina A.Y., 2017