

Статья поступила в редакцию: 12.08.2026

Статья принята к публикации: 16.09.2026

Статья опубликована: 26.09.2026

УДК 622.765+547.26

Разработка кондиционных составов и исследование физико-химических свойств композиционных химических флотореагентов -вспенивателей на основе органо-неорганических ингредиентов с использованием местного сырья и отходов производств

Негматов Жахонгир Носир угли
соискатель

ГУ Фан ва тараққиёт, Ташкентский государственный технический университет
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: bozorboyev1983@mail.ru

Хурсанов Абдулла Халмурадович
председатель правления АО Алмалыкский ГМК
Республика Узбекистан, г. Алмалык

Негматова Комила Сайибжановна
зав. лаб. ГУ Фан ва тараққиёт, Ташкентский государственный технический университет
Республика Узбекистан, г. Ташкент

Абед Нодира Сайибжановна
директор

ГУ Фан ва тараққиёт, Ташкентский государственный технический университет
Республика Узбекистан, г. Ташкент

Икрамова Мукаддас Эралиевна
зав. лаб. ГУ Фан ва тараққиёт, Ташкентский государственный технический университет
Республика Узбекистан, г. Ташкент

Бозоров Дамир
соискатель

ГУ Фан ва тараққиёт, Ташкентский государственный технический университет
Республика Узбекистан, г. Ташкент

Курбонов Урал Меликулович
докторант

ГУ Фан ва тараққиёт, Ташкентский государственный технический университет
Республика Узбекистан, г. Ташкент

Негматов Сойибжон Садикович
научный руководитель ГУ Фан ва тараққиёт, Ташкентский государственный технический университет
Республика Узбекистан, г. Ташкент

Библиографическое описание: Разработка кондиционных составов и исследование физико-химических свойств композиционных химических флотореагентов -вспенивателей на основе органо-неорганических ингредиентов с использованием местного сырья и отходов производств // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. Негматов Ж.Н.У. [и др.]. 2026. 9(150). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/23443>

Development of conditional components and research of physicochemical properties of composite chemical flotation agents – foaming agents based on inorganic ingredients using local raw materials and production waste

Negmatov Jahongir Nosir ugli

*Applicant of the Fan va taraqqiyot, SE Tashkent State Technical University
Republic of Uzbekistan, Tashkent*

Khursanov Abdulla Khalmuradovich

*Chairman of the Board of JSC Almalyk MMC
Republic of Uzbekistan, Almalyk*

Negmatova Komila Sayibjanovna

*Laboratory Manager Fan va taraqqiyot SE
Tashkent State Technical University
Republic of Uzbekistan, Tashkent*

Abed Nodira Sayibjanovna

*Director of the Fan va taraqqiyot, SE
Tashkent State Technical University
Republic of Uzbekistan, Tashkent*

Ikramova Mukaddas Eralievna

*Laboratory Manager Fan va taraqqiyot SE
Tashkent State Technical University
Republic of Uzbekistan, Tashkent*

Bozorov Damir

*Applicant of the Fan va taraqqiyot, SE
Tashkent State Technical University
Republic of Uzbekistan, Tashkent*

Kurbonov Ural Melikulovich

*Doctoral student of the Fan va taraqqiyot, SE
Tashkent State Technical University
Republic of Uzbekistan, Tashkent*

Аннотация

В работе представлены результаты исследований, направленных на разработку и обоснование кондиционных составов композиционных химических флотореагентов-вспенивателей класса КХФ-ВС-МЗС-КСвс на основе органо-неорганических компонентов с использованием местного сырья и отходов производств для флотационного обогащения медно-молибденовых руд. Разработаны композиционные флотореагенты-вспениватели на водно-спиртовой основе и проведена комплексная оценка их физико-химических свойств в сравнении со стандартным промышленным флотореагентом-вспенивателем Т-92. На основании экспериментальных исследований определен наиболее перспективный кондиционный состав КХФ-ВС-МЗС-КС-Звс, характеризующийся оптимальным сочетанием основных физико-химических показателей и пенообразующих свойств. Для установления состава и особенностей химического строения разработанного флотореагента проведены ИК-спектроскопические исследования. Полученные спектральные данные свидетельствуют о наличии гидроксильных и эфирных функциональных групп, принимающих участие в формировании и стабилизации пенной структуры, что обуславливает улучшение физико-химических и эксплуатационных характеристик флотореагента-вспенивателя. Установлено, что разработанный состав КХФ-ВС-МЗС-КС-Звс по основным физико-химическим показателям сопоставим со стандартным флотореагентом Т-92. На основании полученных

результатов композиционный химический флотореагент-вспениватель КХФ-ВС-МЗС-КС-Звс рекомендован и передан для проведения лабораторно-производственных испытаний на опытно-обогащительной фабрике Технологического центра разработки и внедрения инновационных технологий (ООФ ТЦРиВИТ) АО «Алмалыкский ГМК» с целью оценки его технологической эффективности при флотационном обогащении медно-молибденовых руд месторождения «Кальмакыр».

Abstract

The paper presents the results of studies aimed at the development and substantiation of conditioned compositions of composite chemical flotation reagents-foaming agents of the КХФ-ВС-МЗС-КСвс class based on organic and inorganic components using local raw materials and industrial waste for the flotation beneficiation of copper-molybdenum ores. Composite flotation reagents-foaming agents based on a water-alcohol system were developed, and a comprehensive assessment of their physicochemical properties was carried out in comparison with the standard industrial flotation reagent-foaming agent T-92. Based on the experimental studies, the most promising conditioned composition, КХФ-ВС-МЗС-КС-Звс, was determined, characterized by an optimal combination of the main physicochemical parameters and foaming properties. To determine the composition and specific features of the chemical structure of the developed flotation reagent, infrared (IR) spectroscopic studies were performed. The obtained spectral data indicate the presence of hydroxyl and ether functional groups involved in the formation and stabilization of the foam structure, which contributes to the improvement of the physicochemical and operational characteristics of the flotation reagent-foaming agent. It was established that the developed КХФ-ВС-МЗС-КС-Звс composition is comparable with the standard flotation reagent T-92 in terms of its main physicochemical parameters. Based on the obtained results, the composite chemical flotation reagent-foaming agent КХФ-ВС-МЗС-КС-Звс was recommended and submitted for laboratory and pilot-industrial testing at the Experimental Ore Beneficiation Plant of the Technological Center for Development and Implementation of Innovative Technologies (EEP TCDIIT), JSC “Almalyk Mining and Metallurgical Company”, in order to evaluate its technological efficiency in the flotation beneficiation of copper-molybdenum ores from the Kalmakyr deposit.

Ключевые слова: флотация, флотореагент-вспениватель, пенообразование, медно-молибденовая руда, композиция, извлечение металлов.

Keywords: flotation, flotation reagent-foamer, foaming, copper-molybdenum ore, composite, metal recovery.

Введение

В настоящее время одним из приоритетных направлений в области обогащения минерального сырья является разработка и совершенствование эффективных химических флотореагентов-вспенивателей, обеспечивающих повышение технологических показателей флотационного процесса при переработке медно-молибденовых руд. Особое значение при этом приобретает повышение степени извлечения меди и молибдена, а также сопутствующих ценных компонентов, включая золото, серебро и другие редкие и редкоземельные металлы, содержащиеся в составе рудного сырья. Эффективность их извлечения в значительной

степени определяется физико-химическими свойствами применяемых флотореагентов, устойчивостью и дисперсностью образуемой пены, а также характером взаимодействия реагентов с минеральной поверхностью [1, 2, 7].

В настоящее время в мире при флотационном обогащении руд в качестве реагентов-вспенивателей, использует обычно спирты и их продукты, в том числе флотореагенты Т-66, Т-80, Т-92 Российского и Китайского производства, а также фосфорорганические и сульфгидрильные реагенты [3, 6, 10, 16, 21].

Исходя из анализа литературных данных и результатов ранее проведенных исследований, следует отметить, что, несмотря на значительное количество работ, посвященных совершенствованию физико-химических свойств композиционных флотореагентов-вспенивателей, применяемых при флотационном обогащении медно-молибденовых руд, ряд вопросов остается недостаточно изученным. В частности, недостаточное внимание уделено обоснованию рационального состава композиционных флотореагентов-вспенивателей, закономерностям процесса пенообразования, а также формированию и устойчивости пенной структуры в условиях флотации руд цветных, редких и благородных металлов. Особого внимания требует установление взаимосвязи между составом и физико-химическими характеристиками флотореагентов-вспенивателей, параметрами пенообразования и технологическими показателями процесса, включая выход и степень извлечения ценных компонентов в медно-молибденовый концентрат.

В Республике Узбекистан проводятся научно-исследовательские работы, направленные на разработку и применение композиционных флотореагентов-вспенивателей на основе органо-неорганических компонентов с использованием местного сырья и вторичных материальных ресурсов. Результаты проведенных исследований свидетельствуют о перспективности использования местных видов сырья и производственных отходов в качестве компонентов флотореагентов и возможности создания эффективных композиционных реагентных систем [13, 15, 18, 22].

В связи с этим разработка рациональных составов и комплексное исследование физико-химических свойств импортозамещающих композиционных химических флотореагентов-вспенивателей на основе органо-неорганических компонентов с использованием местного сырья и отходов производств представляет собой актуальную научно-практическую задачу. Решение данной задачи направлено на повышение эффективности реагентного режима флотации, расширение сырьевой базы для производства флотореагентов и снижение зависимости от импортных реагентных материалов.

Материалы и методы

В данной работе объектами исследования являются КППС (композиционная порошкообразная госсиполовая смола), глицерин, инжекционно-адгезионная фракция (ИАФ) – производства спирта, композиционный полимерный клей – (Na-KMЦ), триэтаноламин, каустическая сода, алкил бензол, лаурил сульфат натрия, медно-молибденовая руда АО «Алмалыкский ГМК».

Для анализа полученных результатов использовались современные методы физико-химического анализа, включая ИК-спектроскопию, рентгенофазовый (РФА) и дифференциально-термический (ДТА) анализы, масс-спектроскопию, а также флотационную машину ФМЛ-12 (247 ФЛ) и другие стандартные методы анализа, разрешённые в странах СНГ.

Результаты и обсуждение

Для оценки флотационной способности разработанного кондиционного состава флотореагента была использована проба текущей медно-молибденовой руды месторождения «Кальмакыр». Был исследован химический состав и фазовый анализ текущей медно-молибденовой руды месторождения «Кальмакыр», которые представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1.

Химический состав медно-молибденовой руды

Наименование пробы	Cu	Al ₂ O ₃	MgO	CaO	SiO ₂	S _{общ}	Fe	Mo	Au	Ag
Руда 2019 г.	0,44	12,33	2,58	3,5	56,73	1,92	5,65	0,0068	0,84	3,16

Таблица 2.

Фазовый состав медно-молибденовой руды

Содержание фазовых составляющих				Содержание Cu в сумме фракций, %	Сульфидность, %
Окисленные минералы		Сульфидные минералы			
Свободные	Связанные	Первичные	Вторичные		
0,01	0,01	0,01	0,39	0,42	95,2

Как следует из представленных в таблице данных, исследуемая руда характеризуется наличием цветных, редких и благородных металлов, содержание которых является относительно невысоким. Это обуславливает необходимость применения эффективных методов обогащения, обеспечивающих повышение степени извлечения ценных компонентов и получение концентратов требуемого качества.

Для разработки и исследования рациональных составов композиционных химических флотореагентов-вспенивателей, с учетом результатов проведенного анализа и ранее установленных закономерностей, в качестве основных компонентов модельного состава были выбраны органо-неорганические соединения и продукты переработки местного сырья и производственных отходов. В соответствии с результатами предварительных исследований и литературными данными [11, 12, 14, 20] в модельный состав композиционного флотореагента были включены следующие компоненты: 1 % композиционной модифицированной госсиполовой смолы в виде 10 %-ного водного раствора, 1 % триэтаноламина, 1 % каустической соды, 80 % инъекционно-адгезионной фракции (ИАФ), 7 % лаурилсульфата натрия и композиционный полимерный клей на основе Na-KMЦ.

Выбор указанных компонентов обусловлен их функциональной ролью в формировании физико-химических и пенообразующих свойств композиционного флотореагента. Комбинирование органических и неорганических компонентов позволяет регулировать

поверхностно-активные свойства реагентной системы, интенсивность и устойчивость пенообразования, а также обеспечить необходимые условия для эффективного взаимодействия реагента с минеральной поверхностью в процессе флотации.

На основании анализа современных литературных данных, результатов ранее выполненных исследований и собственных экспериментальных исследований в области разработки флотореагентов [4, 5, 9, 19] были разработаны рациональные составы композиционных химических флотореагентов-вспенивателей класса КХФ-ВС-МЗС-КС. Разработка указанных составов была направлена на получение эффективных импортозамещающих реагентов с заданными физико-химическими и пенообразующими характеристиками на основе доступного местного сырья и производственных отходов.

В таблице 3 приведены рецепты разработанных кондиционных составов композиционных химических флотореагентов-вспенивателей класса КХФ-ВС-МЗС-КС на водно-спиртовой основе.

Таблица 3.

Разработанные составы композиционного химического флотореагента-вспенивателя на водно-спиртовой основе

№	Органо-неорганические ингредиенты	КХФ-ВС-МЗС-КС1вс	КХФ-ВС-МЗС-КС 2вс	КХФ-ВС-МЗС-КС 3вс	КХФ-ВС-МЗС-КС -4вс	КХФ-ВС-МЗС-КС 5вс
		Массовая часть, кг				
1	Композиционная порошкообразная модифицированная госсиполовая смола (10% водный раствор)	280	240	205	213	111
2	Композиционный полимерный клей (10% водный раствор)	260	230	200	150	100
3	Глицерин (50% вод.р)	220	350	440	470	590
4	Инжекционно-адгезионная фракция (ИАФ)	200	132,5	100	72	40
5	Лаурил сульфат натрия	15	20	25	50	94
6	Алкил бензол	10	15	20	37,5	60
7	Каустическая сода	15	12,5	10	7,5	5,0

Примечание: содержание компонентов предусмотрен для получения одной тонны композиционного флотореагента-вспенивателя.

Для исследования физико-химических и технологических свойств разработанных кондиционных композиционных химических флотореагентов-вспенивателей на водно-спиртовой основе класса КХФ-ВС-МЗС-КСвс была изучена зависимость состава разработанных флотореагентов-вспенивателей от плотности, вязкости и pH, по сравнению с флотореагентом Т-92, которые представлены на рисунках 1, 2 и 3.

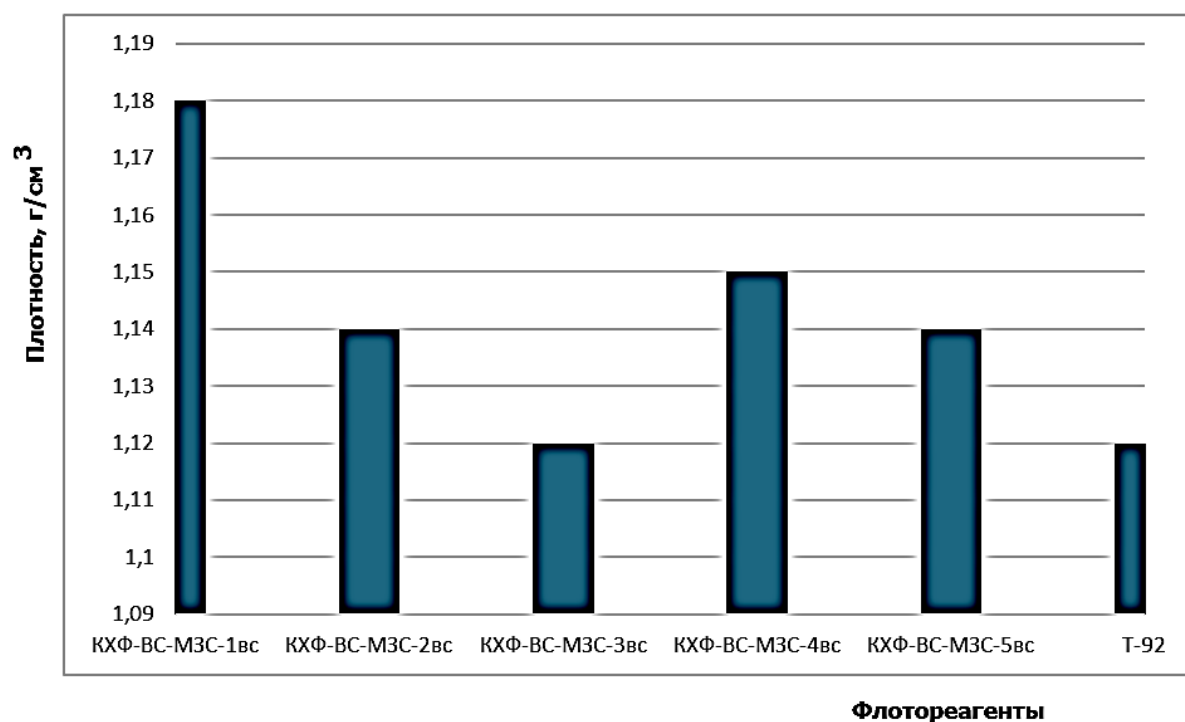


Рисунок 1. Зависимость плотности разработанных флотореагентов-вспенивателей от их состава сравнительно с флотореагентом Т-92

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что разработанный композиционный химический флотореагент-вспениватель КХФ-ВС-МЗС-КС-3вс характеризуется значением плотности, сопоставимым с плотностью промышленного флотореагента-вспенивателя Т-92. Близость значений данного показателя свидетельствует о сходстве исследуемых реагентов по плотностным характеристикам и подтверждает возможность их сравнительной оценки при проведении дальнейших исследований пенообразующих и технологических свойств.

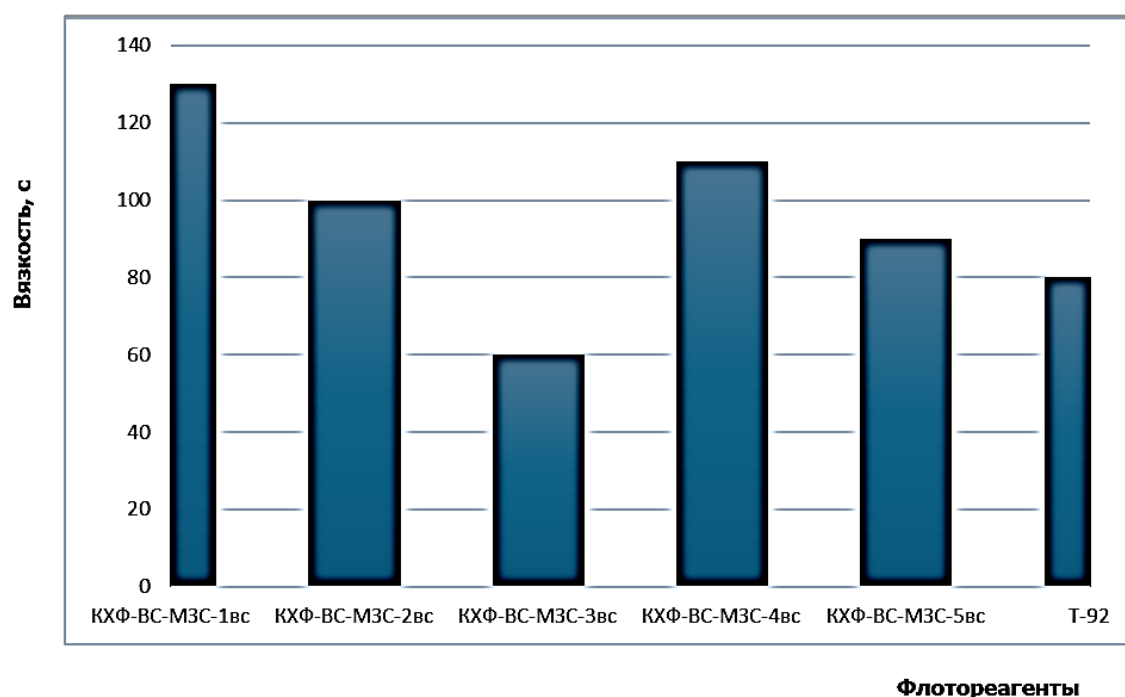


Рисунок 2. Зависимость вязкости разработанных флотореагентов-вспенивателей от их состава сравнительно с флотореагентом Т-92

Полученные экспериментальные данные по разработанным композиционным химическим флотореагентам-вспенивателям свидетельствуют о том, что образцы КХФ-ВС-МЗС-КС-2вс и КХФ-ВС-МЗС-КС-5вс характеризуются значениями вязкости, близкими к соответствующему показателю промышленного флотореагента-вспенивателя Т-92. В то же время образцы КХФ-ВС-МЗС-КС-1вс, КХФ-ВС-МЗС-КС-3вс и КХФ-ВС-МЗС-КС-4вс отличаются от Т-92 по величине вязкости. Выявленные различия обусловлены, вероятно, особенностями компонентного состава разработанных композиционных флотореагентов-вспенивателей и соотношением входящих в них органических и неорганических компонентов.

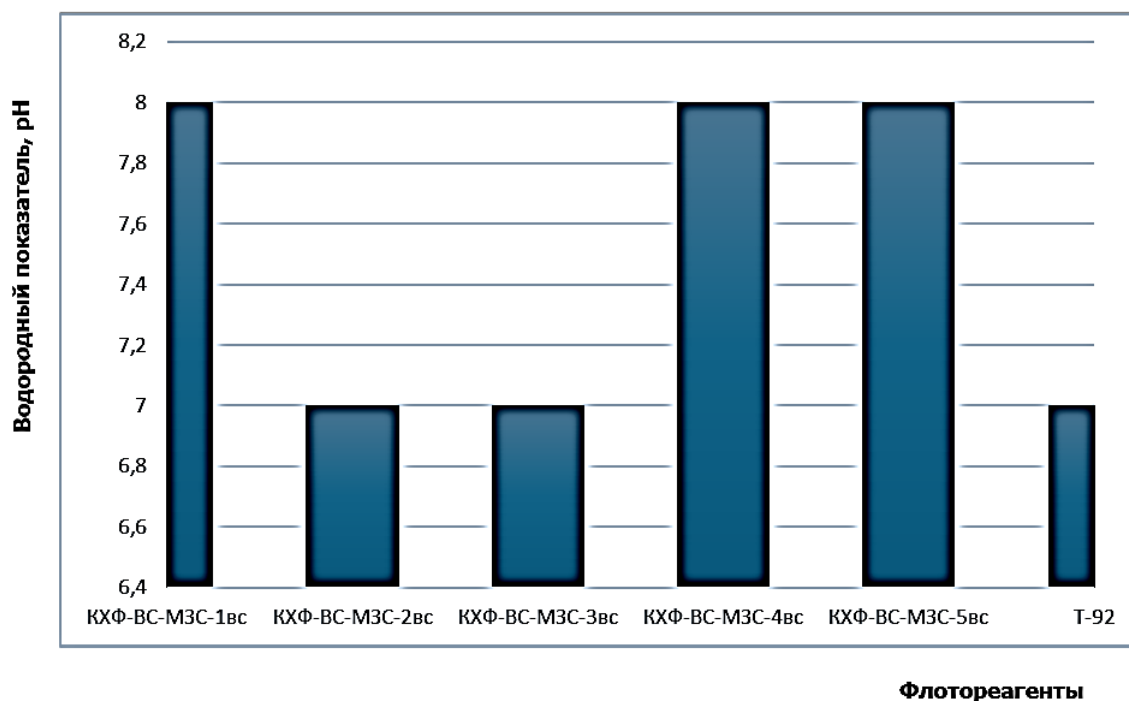


Рисунок 3. Зависимость показателя водорода (рН) разработанных флотореагентов-вспенивателей от их состава сравнительно с флотореагентом Т-92

Как следует из данных, представленных на рисунке 3, образцы КХФ-ВС-МЗС-КС-2вс и КХФ-ВС-МЗС-КС-3вс характеризуются нейтральной реакцией среды с водородным показателем $\text{pH} = 7$, что соответствует значению pH промышленного флотореагента-вспенивателя Т-92. Остальные разработанные композиционные химические флотореагенты-вспениватели имеют слабощелочную реакцию среды, соответствующую $\text{pH} = 8$. Таким образом, по показателю pH составы КХФ-ВС-МЗС-КС-2вс и КХФ-ВС-МЗС-КС-3вс наиболее близки к промышленному аналогу Т-92.

В таблице 4 приведены результаты исследований физико-химических свойств всех разработанных композиционных химических флотореагентов-вспенивателей класса КХФ-ВС-МЗС-КСвс на водно-спиртовой основе.

Таблица 4.

Физико-химические характеристики рассматриваемых составов композиционных флотореагентов-вспенивателей на водно-спиртовой основе

№	Образцы	γ , г/см ³	T_{500} с	рН	Внешний вид	Растворимость
1	КХФ-ВС-МЗС-КС-1вс	1,18	140	8	Темно-коричневый	Растворяются в воде и спиртах
2	КХФ-ВС- МЗС-КС-2вс	1,15	104	7	Темно-коричневый	Растворяются в воде и спиртах
3	КХФ-ВС- МЗС-КС-3вс	1,11	68	6	Светло-коричневый	Растворяются в воде и спиртах
4	КХФ-ВС- МЗС-КС-4вс	1,16	112	8	Темно-коричневый	Растворяются в воде и спиртах
5	КХФ-ВС- МЗС-КС-5вс	1,15	100	8	Темно-коричневый	Растворяются в воде и спиртах
6	Флотореагент Т-92	1,11	84	7	Светло-коричневый	Растворяются в воде и спиртах

Как известно, эффективное флотационное извлечение медно-молибденовых минералов и получение кондиционных концентратов в значительной степени зависят от величины водородного показателя (рН) флотационной пульпы. В соответствии с установленными технологическими условиями флотации медно-молибденовых руд оптимальный диапазон рН флотационной пульпы составляет 10,2–11,0. В связи с этим для корректировки щелочности флотационной пульпы в исследуемую систему вводили оксид кальция (СаО), с последующим доведением значения рН до требуемого диапазона 10,2–11,0.

На основании результатов проведенных исследований среди разработанных кондиционных составов был определен наиболее перспективный композиционный химический флотореагент-вспениватель КХФ-ВС-МЗС-КС-Звс, полученный на основе местного сырья и производственных отходов. Для выбранного состава проведено комплексное исследование физико-химических и пенообразующих свойств. Установлено, что по основным физико-химическим показателям КХФ-ВС-МЗС-КС-Звс характеризуется значениями, сопоставимыми с показателями промышленного флотореагента-вспенивателя Т-92, что свидетельствует о перспективности его дальнейшего технологического применения.

Установлено, что формирование требуемых физико-химических и пенообразующих характеристик композиционного флотореагента-вспенивателя класса КХФ-ВС-МЗС-КС определяется природой используемых компонентов, их физико-химическими свойствами, количественным содержанием и соотношением в композиции, а также особенностями флотируемого минерального сырья. Рациональное сочетание органо-неорганических компонентов в составе разработанного реагента обеспечивает формирование устойчивой пенной структуры и требуемых пенообразующих свойств, что создает предпосылки для его применения в процессе флотационного обогащения медно-молибденовых руд.

По результатам проведенных исследований композиционный химический флотореагент-вспениватель КХФ-ВС-МЗС-КС-Звс рекомендован для дальнейших лабораторно-производственных испытаний при флотационном обогащении руд цветных и благородных металлов. Разработанный реагент передан для проведения соответствующих испытаний в условиях опытно-обогатительной фабрики Технологического центра разработки и внедрения инновационных технологий (ОФ ТЦРиВИТ) АО «Алмалыкский ГМК».

Для дополнительного обоснования эффективности и установления особенностей химического строения разработанного композиционного флотореагента-вспенивателя КХФ-ВС-МЗС-КС-Звс были проведены исследования методом инфракрасной (ИК) спектроскопии. С целью сравнительной оценки полученных результатов аналогичные спектроскопические исследования были выполнены для промышленного флотореагента-вспенивателя Т-92. Результаты ИК-спектроскопических исследований разработанного реагента и промышленного аналога представлены на рисунках 4 и 5 соответственно.

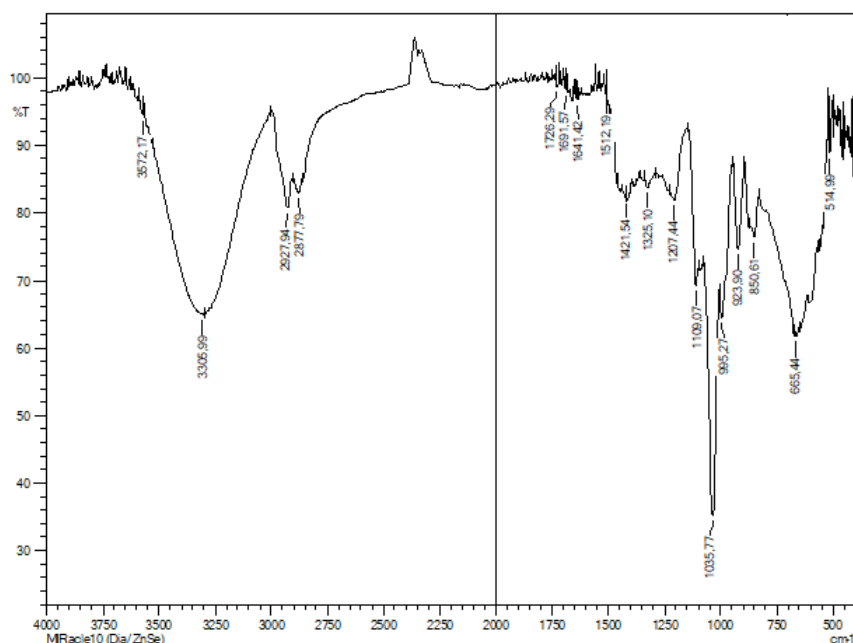


Рисунок 4. ИК-спектр флотореагента-вспенивателя КХФ-ВС-МЗС-Звс

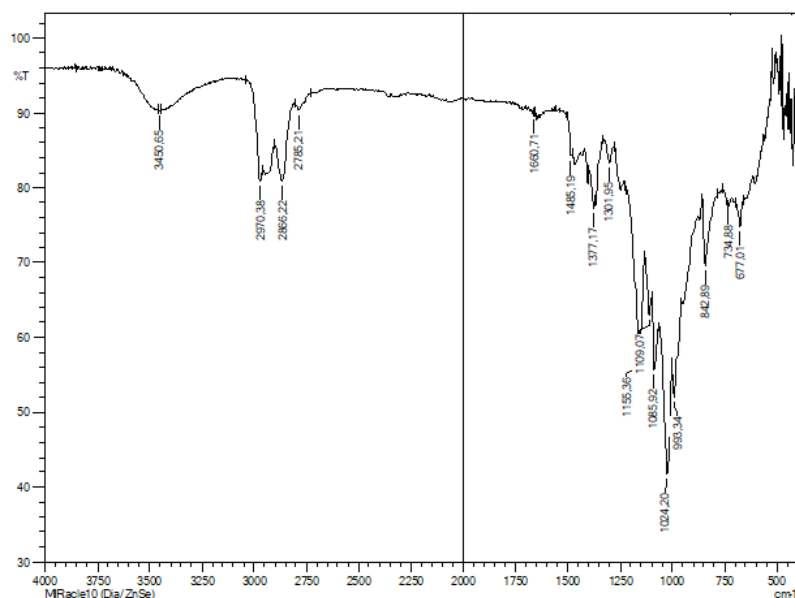


Рисунок 5. ИК-спектр стандартного флотореагента-вспенивателя Т-92

ИК-спектроскопическое исследование разработанного композиционного химического флотореагента-вспенивателя КХФ-ВС-МЗС-КС-Звс проведено с целью идентификации основных функциональных групп, формирующих его химическую структуру и определяющих физико-химические и эксплуатационные характеристики. Полученные ИК-спектры исследуемого композиционного флотореагента и промышленного аналога Т-92 представлены на рисунках 4 и 5.

В спектре КХФ-ВС-МЗС-КС-Звс наблюдается широкая интенсивная полоса поглощения в области $3306\text{--}3450\text{ см}^{-1}$, которая может быть отнесена к валентным колебаниям гидроксильных групп О–Н, характерных для спиртовых и других кислородсодержащих компонентов композиции. Наличие полос поглощения в области 1161, 1087, 1026 и 995 см^{-1} связано с колебаниями связей С–О и может свидетельствовать о присутствии эфирных фрагментов в составе исследуемого композиционного флотореагента. Наличие указанных

функциональных групп обуславливает комплекс поверхностно-активных и межфазных взаимодействий компонентов реагента, которые могут оказывать существенное влияние на формирование, дисперсность и устойчивость пенной структуры в процессе флотации [8, 17].

Таким образом, результаты ИК-спектроскопического анализа подтверждают наличие в составе КХФ-ВС-МЗС-КС-Звс кислородсодержащих функциональных групп, характерных для компонентов разработанной композиционной системы. Установленные структурные особенности в совокупности с полученными физико-химическими характеристиками свидетельствуют о перспективности применения разработанного реагента в качестве флотореагента-вспенивателя при флотационном обогащении медно-молибденовых руд.

Проведенные исследования показали, что формирование физико-химических и пенообразующих свойств композиционного химического флотореагента-вспенивателя КХФ-ВС-МЗС-КС-Звс определяется природой, составом, количественным соотношением и физико-химическими характеристиками входящих в композицию органо-неорганических компонентов, а также условиями проведения флотационного процесса и характеристиками перерабатываемого минерального сырья.

Заключение

В результате проведенных исследований разработаны кондиционные составы композиционных химических флотореагентов-вспенивателей класса КХФ-ВС-МЗС-КСвс на водно-спиртовой основе с использованием местного сырья и отходов производств. Проведена комплексная оценка их физико-химических характеристик и осуществлено сравнительное исследование с промышленным флотореагентом-вспенивателем Т-92. На основании совокупности полученных экспериментальных данных определен наиболее перспективный состав КХФ-ВС-МЗС-КС-Звс, характеризующийся оптимальным сочетанием плотности, вязкости, водородного показателя и пенообразующих свойств.

Установлено, что по основным физико-химическим показателям разработанный флотореагент КХФ-ВС-МЗС-КС-Звс характеризуется значениями, сопоставимыми с показателями промышленного аналога Т-92. При этом рациональное сочетание органо-неорганических компонентов обеспечивает формирование требуемых пенообразующих характеристик композиционного реагента, что подтверждает перспективность его использования при флотационном обогащении медно-молибденовых руд.

Результаты ИК-спектроскопического анализа свидетельствуют о наличии в составе КХФ-ВС-МЗС-КС-Звс гидроксильных и эфирных функциональных групп, которые могут участвовать в межфазных взаимодействиях и оказывать влияние на формирование и стабилизацию пенной структуры. Полученные результаты позволяют связать особенности химического состава разработанного реагента с его физико-химическими и эксплуатационными характеристиками.

Разработанный композиционный химический флотореагент-вспениватель КХФ-ВС-МЗС-КС-Звс рекомендован для дальнейшей экспериментально-технологической оценки и передан для проведения лабораторно-производственных испытаний на опытно-обогатительной фабрике Технологического центра разработки и внедрения инновационных технологий (ОФ ТЦРиВИТ) АО «Алмалыкский ГМК». Проведение испытаний направлено

на установление технологической эффективности разработанного реагента и оценку его влияния на показатели флотационного обогащения медно-молибденовых руд месторождения «Кальмакыр».

Список литературы

1. Абрамов А.А. Абрамов А.А. Требования к выбору и конструированию селективных реагентов-собирателей. Ч. 2. Требования к физико-химическим свойствам селективного собирателя // Цв. металлы. – 2012. – № 5.
2. Абрамов А.А. Абрамов А.А. Флотационные методы обогащения. Москва: МГГУ. – 710 С. с. – Москва: МГГУ, 2008. – 710 с.
3. Абрамов А.А. Флотационные методы обогащения: Учебник. 4-е изд. – Москва: Издательство «Горная книга», 2016. – 595 с.
4. Абрамов А.А. Флотация. Реагенты-собиратели: Учебное пособие. Собрание сочинений: Т. 7: – М.: Издательство «Горная книга», 2012. – С. 462.
5. Авдохин В.М. Основы обогащения полезных ископаемых: Учебник для вузов: В 2 т. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2006. – Т. 1. Обогащительные процессы. – С. 314.
6. Байченко А.А., Батушкин А.Н. Влияние аполярного реагента на прочность закрепления частиц на пузырьке воздуха при флотации // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2005. – № 4.
7. Бочаров В.А., Рыскин М.Я. Технология кондиционирования и селективной флотации руд цветных металлов. – М.: Недра, 1993. – 288 с.
8. Бухоров Ш.Б., Хайдаров А.А., Хамраев С.С. Композиционные пенообразующие реагенты на основе отхода местного производства при флотации медно-молибденовых руд // Журн. Композиционные материалы. Ташкент. – 2009. – № 1.
9. Горячев Б.Е. Особенности действия флотационных сил на частицы с химически неоднородной поверхностью // Цветные металлы. – 2002. – № 1.
10. Григорьев А.А. Производство флотореагентов // Катализ и нефтехимия. – 2001. – № 9.
11. Григорьев А.А. Производство флотореагентов / А.А. Григорьев // Катализ и нефтехимия. – 2001. – № 9–10.
12. Кенжалиев Б.К., Тусупбаев Н.К., Медяник Н.Л., Семушкина Л.В. Изучение физико-химических и флотационных характеристик композиционных флотореагентов // Разработка полезных ископаемых. – 2019. – Т. 17, № 3. – DOI: 10.18503/1995-2732-2019-17-3-4-11.
13. Осеров Т.Б. О кинетике флотационного процесса / Т.Б. Осеров, Г.Д. Гусейнова // Вестник Национальной инженерной академии Республики Казахстан. – 2018. – № 2. – С. 47–52.
14. Родина Т.А. Флотационные реагенты: учебное пособие для самостоятельной работы по органической химии / Т.А. Родина. – Благовещенск: Изд-во АмГУ, 2015. – 36 с.
15. Рябой В.И. Проблема использования и разработки новых флотореагентов в России // Цветные металлы. – 2011. – № 3.

16. Рябой В.И. Проблема использования и разработки новых флотореагентов в России // Цветные металлы. – 2011. – № 3.
17. Сорокин М.М. Флотационные методы обогащения. Химические основы флотации: Учебное пособие. Издательство «МИСИС». – 2011. – 411 с.
18. Тропман Э.П., Сулаквелидзе Н.В., Ермаков Л.М. Промышленные испытания нового спиртового вспенивателя ОФС (Ин-т «ВНИИцветмет», Ленинагорская обогатительная фабрика) // «Цветные металлы». – 2001. – № 11.
19. Челноков А.А., Ющенко Л.Ф., Жмыхов И.Н., Юращик К.К. Обращение с отходами // Учебное пособие. Издательство «Вышэйшая школа» Минск. – 2018.
20. Юшина Т.И. Материаловедение. Флотационные реагенты. Учебное пособие. Часть 1. С. 123. – М.: МГГУ, 2002.
21. Negmatova K.S.A. Kh. Khursanov, S.S. Negmatov, M.E. Ikramova, J.N. Negmatov. Development of Import Substitutional Composite Chemical Flotoreagents Based on Local Raw Materials and Production Waste for Flotation of Non-Ferrous and Premium Metal Ore // JOURNAL OF OPTOELECTRONICS LASER ISSN:1005–0086. – 2022. – T. 41, № 6. URL: <http://www.gdzjg.org/index.php/JOL/article/view/619>.

References

1. Abramov A.A. [Abramov A.A. Requirements for the Selection and Design of Selective Collector Reagents]. Ch. 2. Trebovaniya k fiziko-khimicheskim svojstvam selektivnogo sobiratelya // Tsv. metally. – 2012. – No. 5. (In Russ.)
2. Abramov A.A. [Abramov A.A. Flotation Methods of Ore Dressing. Moscow: MGGU]. – 710 S. – Moskva: MGGU, 2008. – 710 s. s (In Russ.)
3. Abramov A.A. [Flotation Methods of Ore Dressing: Textbook. 4th Edition]. – Moskva: Izdatel'stvo «Gornaya kniga», 2016. – 595 s (In Russ.)
4. Abramov A.A. [Flotation. Collector Reagents: Textbook. Collected Works: Vol. 7: – M.: Publishing House 'Mining Book', 2012]. – S. 462 (In Russ.)
5. Avdokhin V.M. [Fundamentals of Mineral Enrichment: Textbook for Universities: In 2 volumes]. – M.: Izdatel'stvo Moskovskogo gosudarstvennogo gornogo universiteta, 2006. – T. 1. Obogatitel'nye protsessy. – S. 314 (In Russ.)
6. Bajchenko A.A., Batushkin A.N. [Effect of Nonpolar Reagent on the Strength of Particle Attachment to Air Bubbles in Flotation] // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2005. – No. 4. (In Russ.)
7. Bocharov V.A., Ryskin M.Ya. [Technology of Conditioning and Selective Flotation of Non-Ferrous Metal Ores]. – M.: Nedra, 1993. – 288 s (In Russ.)
8. Bukhorov Sh.B., Khajdarov A.A., Khamraev S.S. [Composite Foaming Reagents Based on Local Production Waste in Copper-Molybdenum Ore Flotation] // Zhurn. Kompozitsionnye materialy. Tashkent. – 2009. – No. 1. (In Russ.)
9. Goryachev B.E. [Characteristics of the Action of Flotation Forces on Particles with Chemically Heterogeneous Surfaces] // Tsvetnye metally. – 2002. – No. 1. (In Russ.)

10. Grigor'ev A.A. [Production of Flotation Reagents] // Kataliz i neftekhimiya. – 2001. – No. 9. (In Russ.)
11. Grigor'ev A.A. [Production of Flotation Reagents] // Kataliz i neftekhimiya. – 2001. – No. 9. (In Russ.)
12. Kenzhaliev B.K., Tusupbaev N.K., Medyanik N.L., Semushkina L.V. [Study of Physicochemical and Flotation Characteristics of Composite Flotation Reagents] // Razrabotka poleznykh iskopaemykh. – 2019. – Vol. 17, No. 3. – DOI: 10.18503/1995-2732-2019-17-3-4-11. (In Russ.)
13. Oserov T.B., Gusejnova G.D. [On the Kinetics of the Flotation Process] // Zhurnal: «Vestnik Natsional'noj inzhenernoj akademii Respubliki Kazakhstan. – 2018. – No. 2. (In Russ.)
14. Rodina T.A. [Flotation Reagents: Study Guide for Independent Work in Organic Chemistry]. – Blagoveshchensk: Izd-vo AmGU, 2015. – 36 s (In Russ.)
15. Ryaboj V.I. [The Problem of Use and Development of New Flotation Reagents in Russia] // Tsvetnye metally. – 2011. – No. 3. (In Russ.)
16. Ryaboj V.I. [The Problem of Use and Development of New Flotation Reagents in Russia] // Tsvetnye metally. – 2011. – No. 3. (In Russ.)
17. Sorokin M.M. [Flotation Methods of Ore Dressing. Chemical Bases of Flotation: Study Guide. MISIS Publishing House]. – 411 s. – 2011. (In Russ.)
18. Tropman E.P., Sulakvelidze N.V., Ermakov L.M. [Industrial Trials of a New Alcohol Foamer OFS (Institute 'VNIItsvetmet', Leningorsk Concentration Plant)] // «Tsvetnye metally». – 2001. – No. 11. (In Russ.)
19. Chelnokov A.A., Yushchenko L.F., Zhmykhov I.N., Yurashchik K.K. [Waste Management] // Uchebnoe posobie. Izdatel'stvo «Vyshejschaya shkola» Minsk. – 2018. (In Russ.)
20. Yushina T.I. [Materials Science. Flotation Reagents. Educational Manual. Part 1. P. 123]. – M.: MGGU, 2002 (In Russ.)
21. Negmatova K.S.A.Kh. Khursanov, S.S. Negmatov, M.E.Ikramova, J.N. Negmatov. Development of Import Substitutional Composite Chemical Flotation Reagents Based on Local Raw Materials and Production Waste for Flotation of Non-Ferrous and Premium Metal Ore // JOURNAL OF OPTOELECTRONICS LASER ISSN:1005–0086. – 2022. – Vol. 41, No. 6 – URL: <http://www.gdzjg.org/index.php/JOL/article/view/619> (accessed: 14.09.2026).