МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

SATBAYEV UNIVERSITY

Институт металлургии и промышленной инженерии

Кафедра металлургии и обогащения полезных ископаемых

Каналы Темирбек Серикулы

Исследование возможности применения органического продукта, полученного из рисовой шелухи, в качестве вспенивателя при флотации золотосодержащих руд

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

6М073700 – Обогащение полезных ископаемых

Алматы 2020

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

SATBAYEV UNIVERSITY

Институт металлургии и промышленной инженерии

Кафедра металлургии и обогащения полезных ископаемых

УДК 622.765 На правах рукописи

Каналы Темирбек Серикулы

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

На соискание академической степени магистра

Название диссертации	Исследование возможности применения органического продукта, полученного из рисовой шелухи, в качестве вспенивателя при флотации золотосодержащих руд
Направление подготовки	6М073700 – Обогащение полезных ископаемых

Научный руководитель:
Кандидат технических наук,
доцент, профессор кафедры МиОПИ

_____ Ш. А. Телков

«07» июля 2020 г.

Рецензент:
Доктор Ph.D, с. н. с.
ГНПОПЭ «Казмеханобр»

_____Б. Н. Суримбаев

«07» июля 2020 г.

Нормоконтроль,
Доктор PhD, ассистент профессора кафедры МиОПИ

_____ И. Ю. Мотовилов

«07» июля 2020 г.

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

заведующая кафедрой МиОПИ, кандидат технических наук

М.Б. Барменшинова

«06» июля 2020 г.

Алматы 2020

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

SATBAYEV UNIVERSITY

Институт Металлургии и промышленной инженерии

Кафедра «Металлургия и обогащение полезных ископаемых»

6М073700 – «Обогащение полезных ископаемых»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой МиОПИ, кандидат технических наук,
_____ М. Б. Барменшинова
«06» июля 2020 г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение магистерской диссертации

Магистранту Каналы Темирбек Серикулы
Тема: Исследование возможности применения органического продукта, полученного из рисовой шелухи, в качестве вспенивателя при флотации золотосодержащих руд
Утверждена *приказом ректора университета № 1202-М от «29» октября 2018 г.*
Срок сдачи законченной диссертации *«8» июля 2020 г.*
Исходные данные к магистерской диссертации: Получение органического продукта из рисовой шелухи для использование как флотореагент, методики анализа материалов и экспериментальное лабораторные оборудование.
Перечень вопросов, подлежащих разработке в магистерской диссертации:
Сравнение показателей флотационного обогащения при использовании традиционного реагента МИБК и органического продукта из рисовой шелухи.
Перечень графического материала: *демонстрационный материал с результатами исследований не менее чем на 25 слайдах.*

Рекомендуемая основная литература:
1 Ефремова С.В. Физико-химические основы и технология термической переработки рисовой шелухи. – Алматы, 2011. – С.127 - 131.
2 Бочаров В. И., Игнаткина В.И. Технология обогащения золотосодержащего сырья. Учебник пособие для ВУЗов. - М.: «Руда и металлы». 2003. - С. 56-57.
3 Глембоцкий В. А., Классен В. И. Флотация. М., «Недра», 1973. - С. 48.

ГРАФИК
подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	**Сроки представления научному руководителю**	**Примечание**
Введение	14.01.2018	
Аналитический обзор литературы	11.03.2018	
Основные методы анализа и исследований	13.05.2018	
Экспериментальная часть	15.10.2018	

Подписи
консультантов и нормоконтролера на законченную магистерскую диссертацию с указанием относящихся к ним разделов

Наименования разделов	**Научный руководитель, консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)**	**Дата подписания**	**Подпись**
Введение	Ш. А. Телков Канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры МиОПИ		
Аналитический обзор литературы			
Основные методы анализа и исследований			
Экспериментальная часть			
Заключение			
Нормоконтроль	И.Ю. Мотовилов Доктор PhD, ассистент профессор		

Научный руководитель _____ (Телков Ш.А.)

Задание принял к исполнению обучающиеся _____(Каналы Т. С.)

Дата «07» июля 2020 г.

АННОТАЦИЯ

Диссертационная работа состоит из задания, введения, 3 глав, заключения, списка литературы. Диссертационная работа изложена на 56 страницах, содержит 24 рисунка, 20 таблицу.

Настоящая работа посвящена изучению возможности применения органического продукта (ОП), получаемого при термодеструкции органических полимеров рисовой шелухи при 600 ºС без доступа воздуха в качестве вспенивателя в процессе обогащения золотосодержащих руд Казахстана.

Результаты реализации сравнительных открытых опытов с традиционным вспенивателем МИБК (метилизобутилкарбинола) показали конкурентоспособность ОП по показателям качества концентрата и извлечение в них полезных компонентов.

АНДАТПА

Диссертациялық жұмыс тапсырмадан, кіріспеден, 3 тараудан, қортындыдан, әдебиеттер тізімінен тұрады. Диссертациялық жұмыс 56 бетте мазмұндалып, 24 сурет, 20 кестемен қамтылған.

Осы жұмыс органикалық өнімнің мүмкіндігіне арналған, яғни күріш қабығынан 600 ºС термодеструкция арқылы алынған органикалық полимерді Қазақстан алтынқұрамды кендерін кен байыту үрдісінде көбіктендіргіш ретінде қолдану. Органикалық өнімнің көрсету сапасы бойынша МИБК (метилизобутилкарбинола) көбіктендіргіші бәсекеге қабілетті минералдан концентратты шығару үрдісін нәтижелі қолданыстағы салыстырмалы ашық тәжірибеде көрсетті.

ANNOTATION

The thesis is composed of job introduction, 3 chapters, conclusion, list of references. The thesis is stated on page 56, contains 24 figures, 20 tables.

This paper studies the possibility of using an organic product (OP) produced during thermal degradation of organic polymers rice husk at 600 ºC without air as a blowing agent in the process of gold ores.

Results of the comparison of open experiences with conventional blowing MIBK showed competitiveness OP in terms of quality of the concentrate and extract minerals in a testing of reagent mode flotation process with OP will improve its manifold characteristics.

СОДЕРЖАНИЕ

	ВВЕДЕНИЕ	8
1	Аналитический обзор литературы	11
1.1	Обзор существующих способов применения, переработки и проблемы утилизации рисовой шелухи	11
1.2	Основные тенденции в применении флотационных реагентов на обогатительных фабриках	12
1.3	Строение и состав рисовой шелухи	13
1.3.1	Технология термической переработки рисовой шелухи	13
1.3.2	Химический и компонентный составы органического продукта	17
1.3.3	Практическое использование продуктов термической переработки рисовой шелухи	20
1.4	Флотация золота	22
1.5	Назначение и классификация флотационных реагентов	23
1.6	Минералогический состав полезных ископаемых	25
2	**Методы исследований**	27
2.1	Характеристика исследуемых проб. Подготовка технологических проб к исследованиям	27
2.1.1	Результаты пробирных и химических анализов	31
2.1.2	Минералогическое изучение композита	34
2.1.3	Результаты фазового анализа на золото	40
2.1.4	Физические и ситовые характеристики руды, график измельчения пробы композита	41
3	Исследования флотационной обогатимости пробы	45
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	55
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	57
	Приложение А	

ВВЕДЕНИЕ

Современное состояние научно-технической проблемы.

Прогресс в области обогащения минерального сырья в значительной мере определяется усовершенствованием реагентных режимов флотации - улучшением способов использования флотационных реагентов, расширением области их применения, разработкой и внедрением новых эффективных реагентов и их комбинаций. При этом решаются принципиальные задачи, другими методами не решаемые или решаемые неудовлетворительно, вовлечение в переработку труднообогатимого сырья, повышение технологических показателей в уже освоенном процессе, снижение себестоимости обогащения, решение экологических вопросов (использование малотоксичных реагентов, вовлечение в переработку отходов производства и т. п.). Реагентные режимы флотации во многом определяют возможности технологии, и её показатели извлечение ценных компонентов и качество получаемых концентратов и как следствие, экономику процесса в целом [1].

Безотходная технология переработки рисовой шелухи с получением продуктов пригодных для использования его в качестве флотореагентов универсального действия в процессах флотации полиметаллических руд разработанной в лаборатории кремнеуглеродных композитов РГП «НЦ КПМС РК» показывает, что сочетание различных соединений во флотореагентах улучшает технологические показатели процесса, увеличивая извлечение минерала в пенный продукт [2, 3]. Проект создан решить вопрос утилизации отходов, которые не утрачиваются после переработки рисовых зерен, кроме того, представить возможность применения органического продукта, полученного из рисовой шелухи, в качестве вспенивателя при флотации золотосодержащих руд.

Доля отходов из перерабатываемого рисового зерна в мире каждый год доходят до 610 миллионов тонн, в том числе в Кызылординской области 80 тысяч тонн шелухи. В тоже время шелуха не распадается в земле ввиду наличия в ней диоксида кремния. Такого рода качество рисового производства делают нужным создание новых технологий, которых можно было бы утилизировать рисовую шелуху, чтобы снизить риски для здоровья населения связанных с загрязнением и вредным воздействием окружающей среды.

Актуальность работы. Актуальность работы обусловлена необходимостью утилизации большого количества шелухи, образующейся в результате переработки риса.

В Кызылординской области настоящее время стоят две острые проблемы касательно производстве риса: утилизация большого количества рисовой шелухи и очистка воды и воздуха от загрязняющих веществ. Первая связана с высокими темпами производства риса, которое достигло в 2019 году рекордное количество, 530,5 тысяч тонн, и образования при его

переработке ~ 20% массы рисовой шелухи. Кроме этого, органический продукт из рисовой шелухи также может найти применения в качестве сырья для получения различных материалов и ценных химических продуктов.

Решать обозначенные проблемы позволяет комплексный подход к переработке рисовой шелухи с одновременным производством востребованного флотореагента – вспенивателя на основе органического продукта.

Реализация инновационной технологии, осуществляемой впервые в мировой практике, открывает перспективы утилизации отходов рисопереработки с получением товарных продуктов полуфунцианального назначением.

Обоснование необходимости проведения научно-исследовательской работы.

Решение вопроса об использовании любого материала в том или ином направлении должно предшествовать детальное изучение его состава, структурных особенностей, свойств и закономерностей их изменения под влиянием тех или иных внешних факторов. Первые публикации о составе, свойствах и возможном использовании рисовой шелухи появились более 100 лет назад. Перечень областей использования рисовой шелухи настолько велик, что, казалось бы, не должно существовать проблем её утилизации. Однако, до сих пор одним из наиболее распространенных способов её утилизации, учитывая её теплотворность, является сжигание с целью производства энергии, газа, пара, в то время как содержание в ней двух важнейших элементов C и Si делает её потенциальным источником для получения углерод - и кремнийсодержащих материалов. Это связано с тем, что в большинстве случаев большую роль помимо технических причин играет сочетание экологических, социальных и политических причин. Поэтому в настоящее время нет ни одной реализованной в промышленности безотходной технологии переработки рисовой шелухи.

Таким образом, при наличии резерва перспективного углерод – и кремнезёмсодержащего сырья создание технологии комплексной переработки с получением новых материалов полифункционального назначения представляет крупный научный и прикладной интерес.

Цель и задачи исследования.

Целью настоящей работы является получение в процессе термодеструкции рисовой шелухи органического продукта и изучение возможности использования его в качестве флотореагента при обогащении золотосодержащих руд. Для достижения поставленной цели в работе решались следующие задачи:

- провести анализ литературных данных существующих способов применения, переработки и проблем утилизации рисовой шелухи;
- изучить процессы, протекающие при термической переработке рисовой шелухи с образованием органического продукта;

- изучить состав и физико-химические свойства органического продукта;
- исследовать эффективность применение органического продукта в качестве нового флотореагента при обогащении золотосодержащих руд;
- изучить характеристику исследуемой пробы;
- рассмотреть перспективы практического применения органического продукта в качестве нового флотореагента при обогащении золотосодержащих руд.

Научная новизна работы заключается в том, что:

Впервые определены физико-химические свойства органического продукта, образующегося в процессе термической деструкции рисовой шелухи, характеризующие его, как новый флотореагент для обогащение золотосодержащих руд.

1 Аналитический обзор литературы

1.1 Обзор существующих способов применения, переработки и проблем утилизации рисовой шелухи

Рис представляет собой один из наиболее значимых пищевых продуктов в мире, занимая 2-е место по посеву после пшеницы. После переработки рисового зерна в крупу остаётся немало отходов (до 20 %), называемых рисовой шелухой (или лузгой), содержащей в себе уникальные пористые слои кремнезема. В результате обмолота образуется громадное количество рисовой шелухи. Большей частью она сжигается в печах либо подвергается захоронению, требующему привлечения больших земельных угодий. Кроме того, шелуха не распадается в земле ввиду наличия в ней диоксида кремния. А при сжигании лузги выделяются вещества, способные негативно влиять на природу и здоровье человека [4].

Рисовая шелуха является практически не востребованным на практике отходом переработки риса.

Проблема утилизации шелухи в промышленных условиях до сих пор не решена. Рисовая шелуха в ограниченных количествах используется в качестве топлива, для получения абразивов, адсорбентов, как добавка в стройматериалы, в сельском хозяйстве – как подстилка для животных и добавка к кормам, в качестве источника кремнезема и сырья для химической переработки [5-9], что не всегда экономически оправданно [10].

Поэтому более половины этого количества рисовой шелухи не находит в мировой практике применения и направляется в отвалы, создавая экологические проблемы.

Утилизация рисовой шелухи представляет собой актуальную проблему во всём мире, особенно в странах, где рис является основным злаковым продуктом (Китай, Индия, Египет, Южная Корея, страны Африки и частично Россия, Узбекистан).

Между тем утилизированная рисовая шелуха может приносить большую пользу человеку; её потенциал пока мало используется в промышленности и сельском хозяйстве [11].

Можно выделить два основных направления утилизации рисовой шелухи. Одно из них связано с сельским хозяйством, где рисовая шелуха применяется в качестве добавки в корм животных, подстилочного материала, для обработки почв и мульчирования, в качестве балластного материала при высеве мелких семян. Введение рисовой шелухи в почву приводит к поглощению растениями фосфора и кремнезема и тем самым способствует повышению их устойчивости к полеганию и поражению насекомыми-вредителями. Такими же свойствами обладает и зола рисовой шелухи, которая также является источником кремнезема. Это очень важно при возделывании риса, с урожаем которого с полей выносится значительное его количество. По некоторым данным [12], внесение рисовой шелухи в почву

повышает урожайность, хотя при этом задерживается появление всходов и замедляется начальный рост растений. Известны способы получения гуматизированного органического удобрения путем высокотемпературной пропарки рисовой шелухи с последующим смешением со специальным пропиточным раствором [13] и биоудобрения путем биоконверсии органических отходов (рисовой шелухи) в определенных условиях [14].

Другое направление утилизации рисовой шелухи - использование ее в качестве сырья для получения различных материалов и ценных химических продуктов.

1.2 Основные тенденции в применении флотационных реагентов на обогатительных фабриках

С применением флотации в настоящее время перерабатывают сотни миллионов тонн в год различных типов горнорудного сырья. В соответствующие концентраты извлекается более 100 минералов практически все минералы цветных металлов, многие минералы редких металлов, горно-химического сырья и других типов руд. Процесс флотации широко используется также для решения проблем разделения веществ в различных современных промышленных процессах. Повышение технико-экономических показателей флотации, комплексности использования минерального сырья и эффективность охраны окружающей среды в значительной степени зависят от ассортимента и селективности действия применяемых флотационных реагентов [15].

Технический прогресс в области флотационного обогащения основном определяется усовершенствованием реагентного режима - улучшением способов использования флотационных реагентов, расширением области их применения, разработкой и внедрением новых более эффективных реагентов.

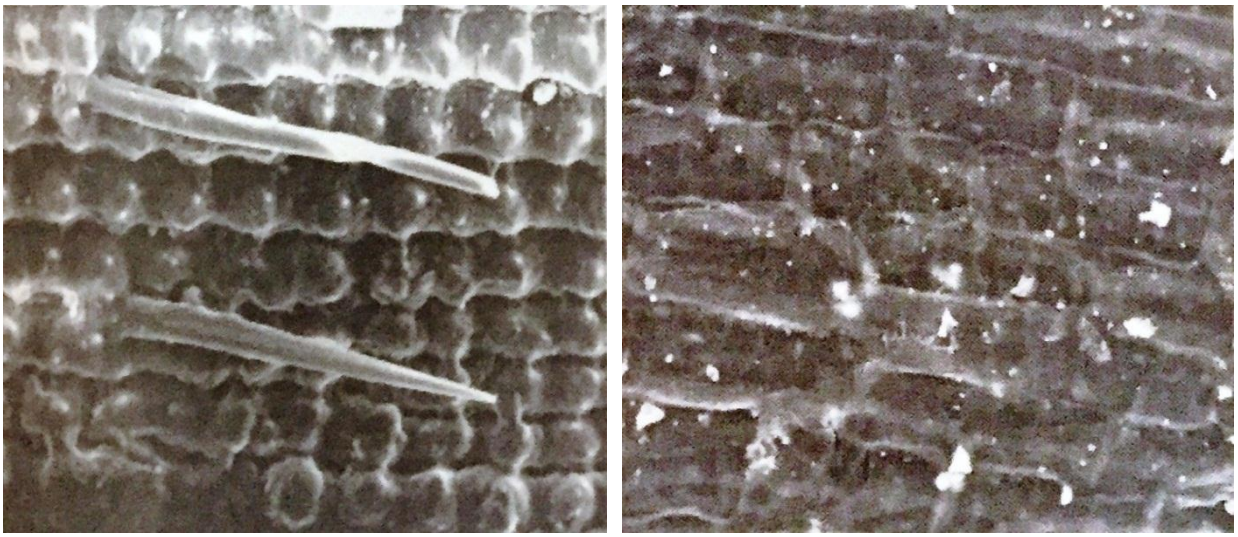
Внедрение новых реагентов в настоящее время связано главным образом с необходимостью повышения селективности флотации, использования процесса флотации применительно к специфическим объектам (флотация цементной меди, окисленных минералов свинца, цинка и др.), а также с изысканием дешевых и нетоксичных реагентов.

За последние время, как и в СНГ, так и за рубежом предложено большое число новых флотационных реагентов, однако практическое применение из них находят не более 10-15.

Изыскания новых флотационных реагентов в настоящее время ведут в направлении исследования обладающих специфическими свойствами индивидуальных химически чистых соединений (или их сочетаний) и в направлении исследования отходов и побочных продуктов различных химических производств [16].

1.3 Строение и состав рисовой шелухи

Рисовая шелуха представляет собой жесткие чешуйки, которые, как видно под микроскопом (растровую электронную микроскопию (РЭМ) и электронно-зондовый микроанализ проводили на микроанализаторе Superprobe 783 (JEOL, Japan). Анализы и фотосъемку во вторичных и обратно рассеянных (состав) электронах осуществляли с помощью энерго-дисперсионного спектрометра INCA ENERGY (OXFORD INSTRUMENTS, England). Во избежание образования на анализируемом материале заряда, способного отклонить электронный пучок, образцы предварительно покрывали тонкой бесструктурной пленкой золота в установке ионного распыления FINE COATE (Japan). Для уточнения распределения отдельных элементов выполняли съемку в характеристическом рентгеновском излучении соответствующих элементов имеют зубчатую, покрытую волосками внешнюю и гладкую внутреннюю поверхности (рисунок 1). [17]



а *б*

Рисунок 1 - Растровые фотографии рисовой шелухи:
а - внешняя сторона; б - внутренняя сторона

1.3.1 Технология термической переработки рисовой шелухи

Результаты, полученные в ходе лабораторных исследований термической переработки рисовой шелухи и изучения получаемых продуктов, позволили предложить комплексную технологию термической переработки рисовой шелухи, сущность которой заключается в следующем (рисунок 2) [18, 19].

Высушенное до остаточной влажности ~ 3-5% исходное сырье подвергают термообработке при 600-650 °С в течение 30 минут. При этом образуется твердый кремнеуглеродный продукт ($C_{общ}$ – 48-53%, SiO_2 – 37-40%, углеводороды 10-15%) и жидкий органический продукт (алифатические углеводороды – 45-55%, ароматические углеводороды – 22-28%, остальное H_2O).

Твердый кремнеуглеродный продукт непрерывно выгружают в приемный бункер. Парогазовую смесь конденсируют с получением жидкого органического продукта. Неконденсирующиеся газы используют в качестве топлива, например, на стадии сушки исходного сырья. Возможно также их использование для получения чистой сажи по существующей технологии.

Для апробации предлагаемой технологии на практике и отработки режимных параметров была спроектирована и смонтирована в опытно-экспериментальном комплексе РГП «НЦ КПМС РК» опытная установка по переработке (300 кг/сутки) рисовой шелухи, включающая следующую цепь аппаратов и узлов:

- аппарат сушки рисовой шелухи;
- трубчатую печь с вращающимся реактором;
- двухшлюзовой узел загрузки сырья;
- шлюзовой узел выгрузки твердого продукта;
- газоотвод;
- водокольцевой насос;
- систему конденсации отходящих газов;
- систему водяного охлаждения разгрузочных бункеров;
- систему вентиляции;
- контрольно-измерительные приборы;
- источник питания нагревателей.

Принцип действия установки достаточно прост.

Рисовую шелуху со склада подают на сушку, которую осуществляют горячим воздухом до остаточной влажности ~ 3-5%.

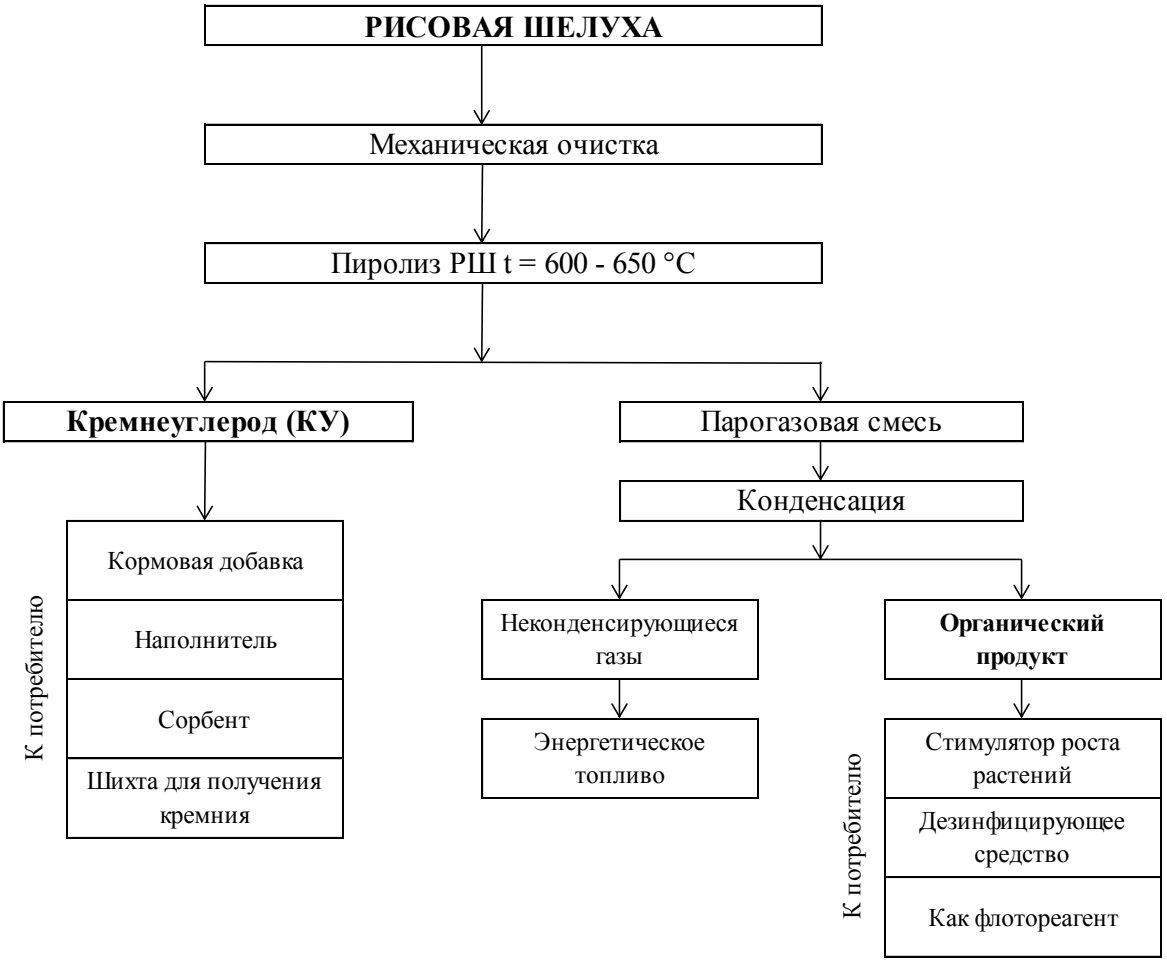
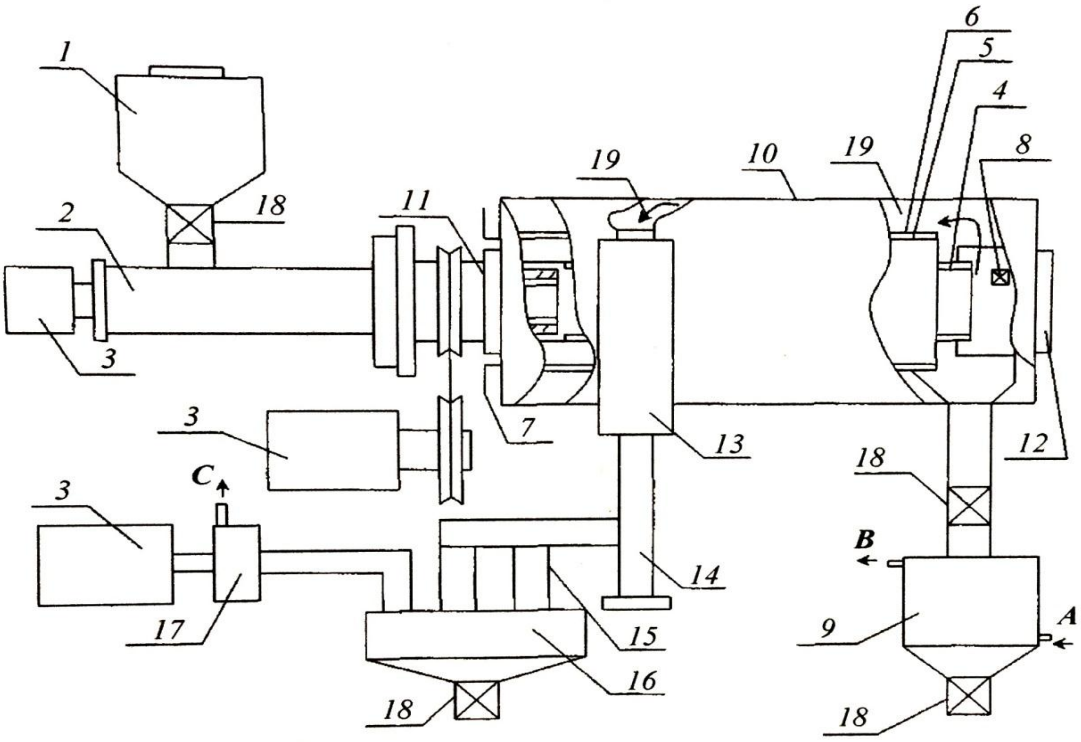


Рисунок 2 – Представлена Технологическая схема переработки рисовой шелухи с получением полифункционального назначением

Подготовленное сырье засыпают в два загрузочных бункера, представляющих собой ёмкости объемом 1,0 м^3, снабженные затворами, выполняющими роль дозаторов. Загрузочная система герметична. Рисовая шелуха поочередно из одного и другого загрузочного бункера непрерывно поступает через открытый затвор в шнековый питатель, расположенный в верхней части реактора, осуществляющий подачу рисовой шелухи в последний (рисунок 3).



1 – загрузочный бункер; 2 – шнековый дозатор; 3 – электродвигатель; 4 – вращающийся реактор; 5 – нагревательный элемент; 6 – кожух нагревательного элемента; 7 – токоподводы; 8 – датчик регулятора температуры; 9 – приемный бункер КУ (водоохлаждаемый); 10 – корпус печи; 11 – передний опорный подшипник; 12 – задний опорный подшипник; 13 – воздушный колорифер; 14 – вентилятор; 15 – конденсатор; 16 – сборник конденсата; 17 – водокольцевой насос; А – подача охлаждающей воды; В – выход охлаждающей воды; С – выход неконденсируемых газов. Стрелками показано движение парогазовой смеси.

Рисунок 3 – Схема цепи агрегатов установки

Реактор, длиной 3 м и диаметром 0,3 м, выполненный из нержавеющей стали в соответствии с требованиями вакуумного аппаратостроения, установленный на 2-х подшипниках и снабженный приводом для вращения (3-5 об/мин), помещен в трубчатую печь сопротивления, состоящую из двух разъёмных секций длиной по 0,75 м каждая. Печь установлена под наклоном к горизонту 3-5°.

Рисовая шелуха в реакторе в течение 30 минут подвергается термообработке при температуре 600-650 °С и атмосферном давлении, создаваемом в результате отвода газа с помощью водокольцевого насоса. Вращение реактора обеспечивает перемешивание и равномерный нагрев рисовой шелухи.

За счет наклона печи получаемый твердый продукт непрерывно перемещается к разгрузочному устройству и ссыпается поочередно через

затворы в две охлаждаемые водой ёмкости, объёмом 0,3 $м^3$ каждая, где он остывает до 50-60 °С (охлаждение предусмотрено для предотвращения возможности самовозгорания горячего продукта, содержащего до 52% углерода, в случае его контакта с воздухом). Приёмные бункера оснащены взрывными клапанами и штуцером для натекания воздуха. Узел выгрузки выполнен в соответствии с требованиями вакуумного аппаратостроения.

Парогазовая смесь из реактора выводится через газоотвод и направляется в конденсационную систему, включающую форконденсатор со смолоотстойником и конденсатор. Конденсат собирается в сборнике для жидких продуктов, из которого периодически сливается в специальную тару.

Неконденсирующиеся газы подаются на стадию сушки рисовой шелухи, где используются в качестве топлива для нагрева сушильного агента – воздуха. Возможно также использование неконденсирующихся газов для получения сажи по существующей технологии.

Для температурного контроля процесса использованы стандартные термопары типа ТХА и электронные измерительные регуляторы температуры.

Пульт управления снабжен звуковой и световой сигнализацией [20].

1.3.2 Химический и компонентный составы органического продукта

В процессе пиролиза рисовой шелухи, образуется парогазовая смесь, которая, проходя через охлаждаемую водой ловушку, конденсируется.

Получаемый конденсат является органическим продуктом, представляющим собой бурую маслянистую жидкость с сильным фенольным запахом. Водные растворы конденсата имеют кислую реакцию (pH = 4).

Конденсат хорошо растворяется в спирте, частично – в эфире.

Установлено, что с повышением температуры пиролиза от 300 до 500 ^{0}С, выход конденсата возрастает от 12 до 35% от загружаемого количества рисовой шелухи. При дальнейшем повышении температуры до 800 ^{0}С выход конденсата снижается.

Химический состав водорастворимой части органического конденсата определяли с помощью газового хроматографа с масспектрометрическим детектором GC/MS Agilent 6890 W/5973N. Расшифровку хроматограми провадили с помощью компьютерного поиска в базе данных.

Изучено влияние температура пиролиза на выход продуктов и состав конденсата.

Определение химического состава пиролизата последние подвергали разделению на эфиро-, спирто-растворимую, фенольную, кислотную фракции.

Таблица 1 - Выход и состав продуктов в зависимости от температуры пиролиза

Температура пиролиза, ^{0}С	Выход конденсата, в % от рисовой шелухи	Выход фракции, в % от конденсата		Выход фракции, в % от серно-эфирной фракции		
		Серноэфирная	Спиртовая	Фенольная	Кислотная	Нейтральные вещества
300	12,0	4,0	0,1	5,0	49,0	20,0
350	20,0	10,2	0,3	10,0	48,0	22,0
400	22,0	39,1	0,4	15,0	47,0	25,0
500	35,0	41,0	0,5	19,0	43,0	38,0
800	30,0	24,5	11,0	15,0	46,0	29,0

В таблице 1 видно, что с повышением температуры пиролиза от 500 ^{0} С возрастает выход конденсата и содержание в нем фенолов и нейтральных веществ. Тогда как кислотная фракция практически не увеличивается. При повышений температуры до 800 ^{0}С снижается общий выход конденсата и содержание в нем фенолов и нейтральных веществ.

Фракции конденсата, полученного при 500 ^{0}С и 800 ^{0}С анализировали методом ГЖХ на хроматографе «Бырухром» с пламенно-ионизационным детектором. Качественный состав фракции определяли по метчикам по времени удерживания, количественный – методом внутренней нормировки (таблица 2).

Таблица 2 - Групповой состав органического продукта (по классам органических соединений)

Вещество	Содержание, % масс.
Вода	Не более 25
Карбоновые кислоты	21-23
Фенолы	14
Кетоны	13
Циклические алифатические углеводороды	4
Гетероциклические соединения	4
Эфиры, спирты	3
Неидентифицированные вещества	16

Состав фенолов и изменение их количества в конденсате в зависимости от температуры пиролиза рисовой шелухи приведены в таблице 3 (вещества приведены в порядке их выхода с колонки, по времени удерживания).

Таблица 3 - Состав фенолов в зависимости от температуры пиролиза

№ пика на хроматограмме	Наименование компонентов	Содержание, в % от фенольной фракции	
		Температура пиролиза 500 ^{0}С	Температура пиролиза 800 ^{0}С
1	X_1	3,2	2,3
2	Креозол	9,7	4,7
3	Метилкреозол	4,3	2,4
4	Пропилкреозол	4,6	3,2
5	X_2	10,4	1,8
6	X_3	13,9	14,4
7	Фенол	17,0	31,2
8	О-креозол	8,7	11,7
9	М- и п-крезол	13,6	19,0
10	Гваякол	12,5	7,2
11	Метилгваякол	0,9	0,7
12	X_4	0,5	–
13	X_5	0,7	1,4

В фенольной фракции было установлено наличие 13 компонентов, 8 из которых удалось идентифицировать. Главными среди них являлись фенол, мета- и пара-крезолы, креозол и 2 неидентифицированных фенола. Эти компоненты составили 85% фенольной фракции, полученной при 500 ^{0}С и 83% - при 800 ^{0}С. Остальные компоненты – метил и пропилкреозол, метилгваякол и другие присутствуют лишь в небольших количествах.

Результаты исследование показали, что повышение температуры пиролиза существенно влияет не только на выход фенолов, но и на их состав.

В фенольной фракции, выделенной из конденсата с температурой пиролиза 800 ^{0}С, значительно (на 22,6%) возрастает количество фенола, о-, м- и п-крезолов и примерно на столько же снижается содержание гваякола, креозола, неидентифицированного компонента Х. Полученные данные свидетельствуют о том, что с ростом температуры пиролиза рисовой шелухи возрастает степень диметилирования образующихся фенолов. Косвенно это указывает на то, что неидентифицированные компоненты X_1, X_2, X_3 являются метилированными фенолами. С ростом температуры пиролиза возрастает степень диметилирования образующихся фенолов.

Методом ГЖХ на том же приборе при аналогичных условиях была исследована кислотная фракция конденсата, полученного при температурах пиролиза 500 и 800 ^{0}С. Результаты анализа приведены в таблице 4.

Таблица 4 - Состав кислотной фракции в зависимости от температуры пиролиза

№ пика на хроматограмме	Наименование компонентов	Выход от суммарных кислот, %	
		Температура пиролиза 500 ^{0}С	Температура пиролиза 800 ^{0}С
1	Пропионовая	0,8	1,2
2	Масляная	2,0	1,4
3	Изо-валериановая	5,3	1,9
4	Бензойная	4,5	1,5
5	Н-валериановая	3,8	1,1
6	Капроновая	5,3	1,6
7	Салициловая	5,6	1,7
8	Энантовая	3,1	0,9
9	X_1	3,4	0,5
10	Каприловая	3,3	1,1
11	Вератровая	2,3	0,6
12	Коричная	24,9	3,6
13	Ванилиновая	2,2	0,6
14	Терефталевая	0,9	0,6
15	Феруловая	4,5	1,4
16	Протокатеховая	19,6	1,7
17	П-оксибензойная	7,8	0,5
18	β-резорциловая	0,6	57,6
19	γ- резорциловая	0,1	20,5

Как видно из приведенных данных, главным компонентом кислотной фракции (500 ^{0}С) являются коричная, протокатеховая, п-оксибензойная, салициловая, капроновая и изовалериановая кислоты, на долю которых приходится 68,5% от общей суммы.

При повышении температуры пиролиза до 800 ^{0}С резко возрастает содержание β и γ резорциловой кислоты, тогда как количество коричной, протокатеховой и п-оксибензойной, салициловой, вератровой значительно снижается [21].

1.3.3 Практическое использование продуктов термической переработки рисовой шелухи

Производство композиционных материалов на основе эластомеров

В связи с тем, что в Казахстане отсутствует производство технического углерода - второго после каучука ингредиента, определяющего эксплуатационные качества резиновых изделий, и организация последнего

представляется нецелесообразной ввиду необходимости сжигания дорогого истощаемого углеводородного сырья (нефти, газа, угля), представляло интерес апробировать кремнеуглеродный продукт в качестве наполнителя эластомеров. Тем более, что изучение кремнеуглерода с применением стандартных методов, используемых для исследования макро- и микроструктуры, показало, что по фазовому составу и параметрам графитоподобной компоненты он аналогичен промышленным сажам, но характеризуется большим содержанием углеводородных фаз и меньшей степенью упорядоченности собственно углеродной структуры. [22]

Сорбция и катализ. Очистка вод и извлечение металлов из растворов

Спектр использования углеродных сорбентов достаточно широк. Они применяются на золотодобывающих предприятиях, на обогатительных фабриках и другие [23]. Ввиду отсутствия собственного промышленного производства активных углей отечественные предприятия сталкиваются с необходимостью ввоза дорогостоящих сорбентов из-за рубежа. Следовательно, организация их выпуска весьма актуальна [24].

Обогащение

Органический продукт был апробирован как флотореагент для обогащения труднообогатимых руд.

Было показано [25, 26], что он является высокоселективным коллектором по отношению к минералам свинца и при введении 20 г/т в дополнение к стандартному режиму в свинцовую флотацию способствует повышению содержания свинца в свинцовом концентрате в зависимости от природы руды более чем на 4% при извлечении, соответствующем стандартному реагентному режиму, либо с увеличением (до 3%). При введении 10 г/т в основную цинковую флотацию возрастает извлечение цинка в цинковый концентрат на 5,57% при практически неизмененном качестве цинкового концентрата; становится возможным сокращение расхода цианида натрия в 2 раза [27].

Сельское хозяйство и ветеринария. Кормовая добавка

Состав, структура, физико-химические свойства кремнеуглеродного продукта термической переработки рисовой шелухи, изначально обусловленные специфичным биологическим строением последней, позволяют рассматривать его в качестве сорбционно-активной кормовой добавки, названной авторами «Рисостим», способной понижать степень воздействия токсинов на организм, повышать продуктивность, обеспечивать экологическую чистоту и высокое качество получаемой продукции. Наличие диоксида кремния в «Рисостиме» придает прочность зернам и предотвращает их слеживаемость. Кроме того, кремнезем будет оказывать положительное влияние на развитие сельскохозяйственных животных, т.к. известно, что включение кремнийсодержащих добавок в кормовые рационы птицы стимулирует рост молодняка, повышает продуктивность взрослой птицы, положительно влияет на прочность скорлупы яиц и подскорлупной

оболочки, увеличивает их удельную массу и плотность. Соединения кремния необходимы для формирования и нормального функционирования эпителиальных и соединительных тканей, которым они придают прочность, эластичность и непроницаемость. Скармливание коровам мелкодисперсного диоксида кремния в качестве кормовой добавки обеспечивает повышение биологической и экологической чистоты молока [28, 29].

Все вышесказанное указывает на перспективность использования «Рисостима» в качестве кормовой добавки в животноводстве и как основы для получения биопрепаратов в ветеринарии [30].

1.4 Флотация золота

Флотация золота применяется для труднообогатимых золотосодержащих руд и продуктов, содержащих 1-2 г/т золота. Флотация обеспечивает рентабельное извлечение золота и ценных сопутствующих компонентов из убогих бедных руд, комплексных руд цветных металлов, из урановых и теллуридных руд; флотацией выделяют вредные примеси перед цианированием (сульфиды, графит, сланцы и другие). Ее применяют и после цианирования для извлечения теллуридов золота, золотосодержащих сульфидов (пирит, сфалерит, галенит, пирротин и др.). При флотационном обогащении золото попутно извлекается в соответствующие концентраты, которые затем для извлечения золота цианируют, плавят или применяют другие методы, например гидрометаллургическую переработку.

Флотируемость золота зависит от природы золота (крупности, формы золотин, химической чистоты, наличия примесных компонентов, состава поверхностных пленок и вещественного состава руды), степени его ассоциации с сульфидными рудными минералами и состояния поверхности.

Частицы золота с чистой поверхностью хорошо флотируются, но несколько труднее сульфидов. Флотируемость сростков золота с минералами породы, сульфидами зависит от флотируемости минерала-носителя золота. Если это сростки сульфидные, то они хорошо флотируются сульфгидрильными собирателями. При флотации сульфидных минералов и их сростков с золотом, сростки минералов пустой породы с золотом преимущественно переходят в камерный продукт.

Крупность частиц золота значительно влияет на флотируемость. Предельный размер флотируемых золотин зависит от их формы, структуры, плотности пульпы, характера лены, конструкции флотомашины. Частицы золота пластинчатой формы флотируются значительно лучше. В хвостах флотации обычно остаются частицы золота с большей массой, малоразвитой поверхностью и округлой формы. В тоже время, крупные тяжелые золотины лучше флотируются в более плотной пульпе во флотокамерах с обильной устойчивой пеной.

Флотация частиц золота с примесными компонентами или покрытыми пленками (так называемое золото "в рубашке") отличается от флотации химически чистого золота. Золото с примесями легче подавляется, особенно в известковой среде. Золото, покрытое пленками гидроксидов железа, ошламованными сульфидами, плохо флотируется. Образование на золотинах всевозможных пленок одна из причин потерь золота при флотации. В хвостах флотации часто присутствуют золотины, покрытые пленками гидроксидов железа. Хуже флотируются золотины с покрытиями из ошламованных сульфидов - халькопирита, галенита и сфалерита. Флотируемость сростков золота в значительной мере зависит от того, с какими минералами связано золото. Сростки мелкого и среднего по крупности золота с сульфидами при обычной флотации с сульфгидрильными собирателями переходят в концентрат. Сростки с кварцем, гидроксидами железами, другими несульфидными минералами в условиях сульфидной флотации флотируют лишь при определенных соотношениях между весом золотины и связанного с ней минерала, и между величинами поверхностей вскрытых частей золотин и минерала [31].

1.5 Назначение и классификация флотационных реагентов

Реагенты, применяемые при флотации, обеспечивают высокую избирательность и эффективность флотационного процесса, а также создают наибольшие возможности совершенствования и интенсификации этого метода обогащения. Без применения флотационных реагентов флотация практически невозможна [32].

Имеется очень небольшое число природных минералов, обладающих естественной флотируемостью (например, тальк, слюда, графит, сера), которые могут флотироваться в обычной воде без реагентов. Однако и в этом случае для достижения высокого извлечения оказывается необходимой добавка гидрофобизаторов и пенообразователей [33].

Воздействие флотационных реагентов позволяет в широком диапазоне изменять поверхностные свойства минералов, что делает флотацию наиболее универсальным методом обогащения полезных ископаемых.

Состав флотационных реагентов весьма разнообразен. В их число входят органические и неорганические соединения, кислоты и щелочи, соли различного состава, вещества, хорошо растворимые и практически не растворимые в воде. В зависимости от назначения реагенты классифицируют следующим образом [34].

Реагенты-собиратели призваны повышать гидрофобность поверхности минералов путем создания на их поверхности гидрофобного слоя, состоящего из молекул органических веществ. Реагенты-собиратели имеют гетерополярную структуру молекул: часть молекулы, закрепляющаяся на

минерале, полярна, другая - представлена углеводородной цепочкой, обусловливающей гидрофобность покрытия.

Реагенты-собиратели могут быть анионными, катионными и аполярными. Под первыми имеют в виду гетерополярные молекулы, диссоциирующие в воде с выделением органического аниона, под вторыми - диссоциирующие с выделением органического катиона, и, наконец, последние не диссоциируют в воде и закрепляются на минеральной поверхности в виде молекул. Реагенты-собиратели концентрируются на границе раздела фаз твердое - жидкость (минерал - раствор).

Для флотации золота применяются следующие собиратели: ксантогенаты, дитиофосфаты, меркаптаны, дитиокарбаматы, соли жирных кислот и другие. Адсорбция ксантогената на поверхности золота представляет сложный процесс; образующиеся при этом сорбционные пленки соединений ксантогената, имеют неравномерный пятнистый характер [35].

Реагенты-пенообразователи также являются органическими веществами и выполняют следующие функции: снижают поверхностное натяжение на границе раздела жидкость — газ, облегчая аэрирование пульпы, стабилизируют водо-воздушную смесь, предотвращая коалесценцию воздушных пузырьков, и снижают скорость подъема пузырьков, чем также способствуют аэрации пульпы [36]. Пенообразователи, как и собиратели, имеют гетерополярную структуру молекул. Они концентрируются на границе раздела фаз жидкость - газ и ориентируются в пространстве таким образом, что аполярная часть молекулы обращена в газовую фазу.

Из большого числа соединений, предложенных в качестве пенообразователей, наибольшее распространение получили гетерополярные соединения с неионизирующейся полярной группой, сосновое масло и синтетические реагенты, ОПСБ, Т-66, МИБК, циклогексанол, Э-1, ТЭБ, Д-3 и другие.

Сосновое масло состоит в основном из терпеновых спиртов и углеводородов. Обладающее слабыми избирательными способностями сосновое масло, ранее широко применялось при флотации всех типов минерального сырья. Расход его составляет 10 - 100 г/т. В настоящее время область применения соснового масла значительно сужена синтетическими реагентами.

Из синтетических реагентов хорошо зарекомендовал себя, особенно при селективной флотации сульфидов свинца циклогексанол, имеющий структурную формулу [37].

В качестве реагентов-регуляторов - активаторов, депрессоров и регуляторов pH среды применяются главным образом неорганические соединения; существуют также регуляторы органического состава. Активаторы способствуют закреплению собирателя на минерале, вызывая флотацию последнего; депрессоры либо предотвращают закрепление

собирателя, либо способствуют снятию гидрофобного покрова с минерала, чем и обеспечивают временное (или постоянное) подавление флотируемости минерала. Регуляторы pH среды изменяют концентрацию водородных ионов в пульпе, создавая условия для протекания важных для флотации физико-химических процессов в растворе и на границе раздела фаз [38].

1.6 Минералогический состав полезных ископаемых

Минералогический состав характеризует минеральные формы проявления элементов, входящих в состав полезного ископаемого.

В соответствии с минеральными формами проявления основных ценных компонентов руды цветных металлов различают как сульфидные, окисленные, смешанные.

Руды железа: магнетитовые, титаномагнетитовые, гематитомартитовые, бурожелезняковые, сидеритовые.

Руды золота: селениды, теллуриды, сурьмяные соединения, сурмяно-теллуридные соединения, золото-кварцевые.

Руды марганца: браунитовые, псиломелановадовые, гшролюзитовые, смешанные, комплексные.

Горно-химическое сырье: апатитовые, апатит-нефелиновые, фосфоритовые, сильвинитовые руды.

Ископаемые угли представлены различными литотипами (витрен, кларен, дюрен, фюзен), отличающимися по внешней структуре, химическому составу, физическим свойствам и представляющими собой определенное сочетание микрокомпонентов.

Минералогический состав полезных ископаемых оказывает существенное влияние, как на выбор методов, так и на технологические показатели обогащения [39]. Технологические показатели извлечения каждого компонента из руды и качество получаемых концентратов зависят от минерального состава руды. Это, во-первых, связано с тем, что каждый металл или элемент может быть представлен разными минералами, обладающими разной флотируемостью. Разные группы минеральных форм требуют, разных реагентных режимов и при их совместном присутствии трудно обеспечить оптимальные условия флотации всех минералов. Поэтому в технологической схеме обычно предусматривают раздельное флотационное извлечение; например, сначала сульфидных, а затем окисленных минералов. Изменение соотношения минеральных форм в сторону увеличения труднофлотируемых разностей извлекаемого компонента приводит к уменьшению его извлечения в концентрат.

Во-вторых, возможность селективной (избирательной) флотации зависит от степени близости физико-химических свойств разделяемых минеральных компонентов; трудности осуществления селективной флотации возрастают при разделении минералов с одинаковым анионом или катионом.

Например, если флотационное отделение сульфидных минералов от несульфидных является обычно простой операцией, то разделение сульфидов протекает гораздо труднее. Трудности селективной флотации минералов с одинаковым катионом или анионом обусловлены еще и тем, что разные минеральные формы одного и того же металла или элемента обладают различными свойствами.

В-третьих, селективная флотация осложняется при наличии в рудах легкофлотируемых алюмосиликатов и при значительном содержании шламистых минералов и пород, обладающих большой поглотительной способностью по отношению к флотационным реагентам. Например, флотационное извлечение окисленных минералов свинца из сильно разрушенных руд становится практически невозможным, если в них присутствуют окислы и гидроокислы марганца. Трудной задачей является также эффективная депрессия флотоактивных силикатов, резко понижающих содержание извлекаемого компонента в концентрате [40].

Для определения минералогического состава полезных ископаемых используют макроскопический, микроскопический, фазовый, термический, люминесцентный, рентгенографический, микрорентгенографический методы анализа.

2 Методы исследований

2.1 Характеристика исследуемых проб. Подготовка технологических проб к исследованиям

Месторождение Онжас расположено в Кербулакском районе Алматинской области в непосредственной близости от одноименного поселка и в 31 км к юго-востоку от поселка Рудничный – Коксу. Асфальтовая дорога Алматы-Онжас и Талдыкорган-Онжас доходит практически до участка. Снабжение осуществляется автомобильным транспортом из городов Алматы и Талдыкорган. По площади участка проходит несколько грунтовых дорог, пригодных для передвижения в сухое время. В 6 км к северу от месторождения проходит высоковольтная линия электропередачи.

На исследования поступили 3 частных пробы ~ по 100 кг каждая с различным содержанием золота, из которых должен быть составлен композит, отвечающий среднему содержанию золота по месторождению – 1,8-1,9 г/т.

Технологические пробы были отобраны из поверхностных горных выработок и скважин колонкового бурения. Материал проб преимущественно пирит-арсенопиритовый с незначительными количествами халькопирита, галенита, сфалерита, блеклых руд. Содержание рудных минералов колеблется в широких пределах.

Интервал содержаний золота в отобранных частных пробах:

- №1 0,5-1,0 г/т (среднее 0,71 г/т);
- №2 1,0-2,0 г/т (среднее 1,34 г/т);
- №3 более 2 г/т (среднее 4,50 г/т).

Поступившие пробы были дробленые, ориентировочной крупности -5 мм. Перед составлением композита каждая проба была высыпана из мешков, предварительно разделана по схеме, рисунок 4 и проанализирована на содержание золота.

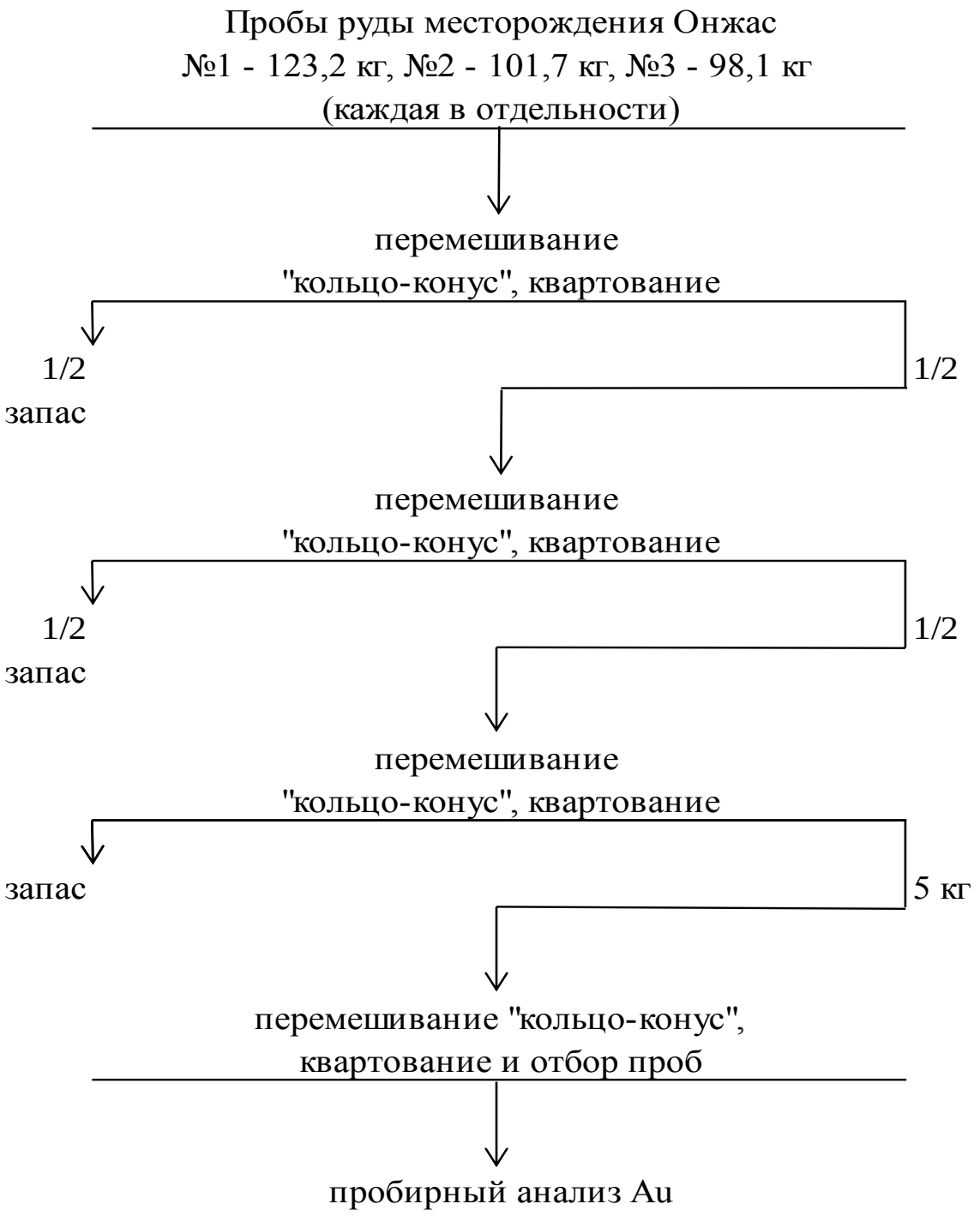


Рисунок 4 – Схема разделки каждой частной пробы

Внешний вид исходных проб и разделка их приведена на рисунке 5.

Проба №1

Проба №2

Проба №3

Рисунок 5 – Фотографии исходных проб руды Онжас

Как видно из фотографий, проба №1 представлена окисленной рудой, в пробах №№ 2 и 3 визуально присутствует первичная руда.

В таблице 5 приведены результаты пробирно-гравиметрического анализа трех проб.

Таблица 5 – Содержание золота в трех частных пробах

№ определений	Содержание золота, г/т		
	проба №1	проба №2	проба №3
по анализу	0,76	1,24	4,66

Скомпонованная композитная проба была тщательно перемешана и подготовлена к исследованиям (рисунок 6) по схеме, рисунок 7.

Рисунок 6 – Усреднение композита методом «кольцо и конус» и отбор проб

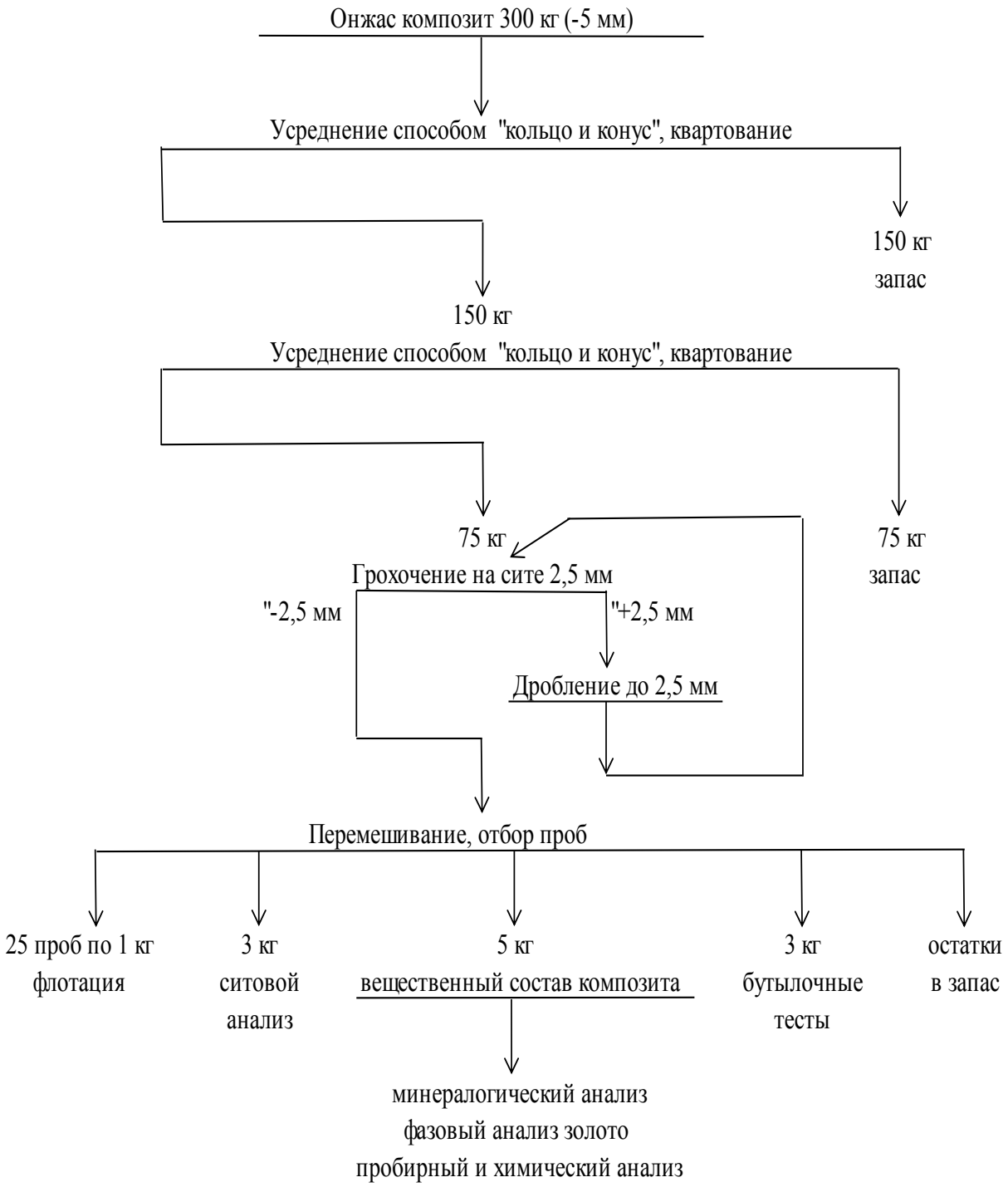


Рисунок 7 - Схема подготовки композита Онжас

2.1.1 Результаты пробирных и химических анализов

Для выполнения пробирного, спектрального и химического анализов из композита крупностью -2,5 мм отобраны частные пробы и истерты до крупности 100% класса -0,04 мм. Результаты анализов приведены в таблицах 6-8.

Таблица 6 – Результаты пробирно-гравиметрического анализа композита

№ определений	Содержание, г/т	
	золота	серебра
1	1,78	8,84
2	1,70	8,68
3	1,90	-
4	1,74	-
среднее	1,76	8,76

Среднее содержание золота в композитной пробе составило 1,76 г/т, серебра 8,76 г/т.

Таблица 7 - Результаты полуколичественного атомно-эмиссионного спектрального анализа средней пробы композитной пробы руды месторождения Онжас

Элементы	Содержание элементов, %	Элементы	Содержание элементов, %
Золото	<0,0002	Серебро	0,0007
Кремний	>>1,0	Мышьяк	0,2
Алюминий	>>1,0	Свинец	0,02
Натрий	>1,0	Цинк	0,03
Калий	<1,0.	Молибден	0,005
Железо	>1,0	Сурьма	0,01
Медь	0,02	Кадмий	<0,0005
Марганец	0,15	Висмут	0,002
Титан	0,1	Стронций	<0,01
Кальций	0,1	Вольфрам	0,03
Галлий	0,0015	Теллур	<0,002
Фосфор	<0,07	Скандий	0,0005
Магний	>1,0	Ртуть	<0,003
Иттрий	<0,001	Бериллий	0,0002
Ванадий	0,01	Ниобий	0,001
Циркон	0,01	Барий	0,02
Хром	0,005	Иттербий	<0,0001
Кобальт	0,0015	Церий	0,015
Таллий	<0,0005	Германий	<0,0002
Лантан	0,01	Никель	0,002
Палладий	<0,0002	Платина	<0,001
Литий	0,003	Олово	0,0005

Таблица 8 – Результаты химического анализа пробы композита Онжас

Компоненты	Содержание, %
Медь	0,06
Никель	н/о
Кобальт	0,002
Цинк	0,01
Свинец	0,005
Железо общее	4,13
Оксид кальция	2,80
Оксид магния	1,50
Оксид натрия	2,53
Оксид калия	3,48
Оксид кремния	60,71
Оксид алюминия	13,29
Мышьяк	0,22
Сурьма	0,002
Сера общая	1,43
Сера сульфатная	0,22
Сера сульфидная	1,21
Степень окисления серы	15,38
Тип руды: - по количеству S сульфид	малосульфидная
- по степени окисления S	первичная

Промышленную ценность в руде месторождения Онжас представляет золото. Серебро имеет подчиненное значение. Другие металлы содержатся в незначительных количествах и не представляют интереса для промышленного производства. Сурьма практически отсутствует, содержание мышьяка составило 0,22 %.

В соответствии с известной классификацией проведено определение типа руды по количеству сульфидной серы:

- < 1% серы – убогосульфидная руда;
- 1-5% серы – малосульфидная руда;
- 5-30% серы – умеренно сульфидная руда;
- > 30% серы – существенно сульфидная руда.

Композитная проба отнесена к малосульфидной руде первичного типу руды.

2.1.2 Минералогическое изучение композита

На изучении вещественного состава представлены средняя проба исходной руды крупностью -2,5 мм, гравитационный концентрат, полученный при обогащении руды на концентраторе Нельсона, средняя проба исходной руды, истертая до -0,044 мм для проведения спектрального и рентгенофазового анализов.

Рентгенодифрактометрический анализ средних проб выполнен на дифрактометре ДРОН-4 с Cu –излучением, графитовый монохроматор. Условия съемки дифрактограмм: U=35 kV; I=20 mA; шкала : 2000 имп; постоянная времени 2с; съемка θ-2θ; детектор 2 град/мин.

Рентгенофазовый анализ на полуколичественной основе проводился по дифрактограммам порошковых проб с применением метода равных навесок и искусственных смесей. Определялись количественные соотношения кристаллических фаз.

Интерпретации дифрактограмм проводилась с использованием картотеки ASTM Powder diffraction file и дифрактограммы чистых от примесей минералов. Для основных фаз проводился расчет содержаний. Возможные примеси, идентификация которых не может быть однозначной из-за малых содержаний и присутствия только 1-2 дифракционных рефлексов или плохой окристаллизованности, указаны в таблице 9.

Все приведенные дифракционные пики принадлежат только указанным выше фазам. Отмечены характерные дифракционные рефлексы, позволяющие провести идентификацию присутствующих фаз.

Идентификация минеральных фаз по данным рентгендифрактометрического анализа приведена на дифрактограмме рисунок 8.

Таблица 9 - Межплоскостные расстояния и фазовый состав

d, Å	*I* %	фаза	*d*, Å	*I* %	фаза
10.02557	15.2	слюда	2.89923	18.7	доломит
4.48108	14.3		2.70975	13.3	пирит
4.25418	32.1	кварц	2.55765	15.4	
4.03278	16.3		2.45553	16.1	
3.77483	17.5		2.28163	14.5	
3.67022	18.5		2.23756	12.2	
3.46845	14.0		2.12702	16.1	
3.34212	100.0	кварц	1.97984	11.7	
3.23487	19.2	КПШ	1.81736	20.3	
3.19023	43.1	ПШ	1.67197	13.9	
3.03117	14.0	кальцит	1.54209	12.9	

Примечание: ПШ – полевой шпат

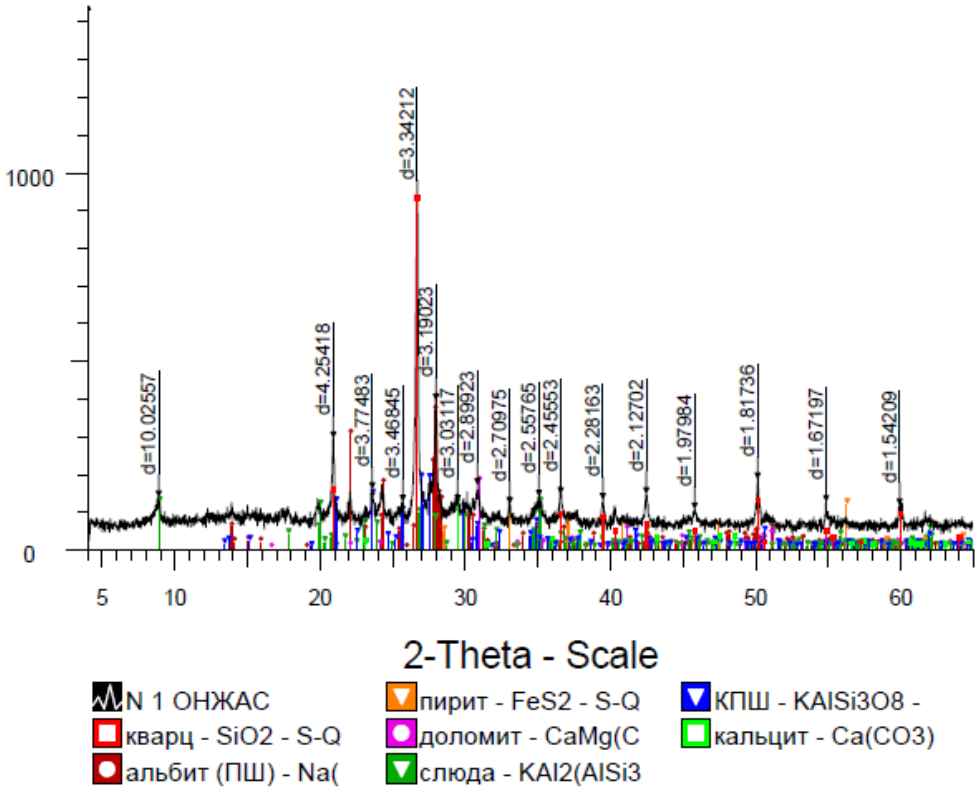


Рисунок 8 - Дифрактограмма исходной пробы руды месторождения Онжас

Расчет количественных соотношений минералов средней пробы выполнялся по минералогическим данным с привлечением результатов анализов всех вышеперечисленных методов, что нашло отражение в таблице 10.

Таблица 10 – Минеральный состав средней пробы месторождения Онжас

Название продукта	Минеральный состав пробы, %										
	Рудные					Породообразующие					
	Золото, г/т	Пирит	Арсенопирит	Окситды железы	Минералы меди, блеклая руда и др.	Кварц	Доломит	Кальцит	Плагиоклаз	КПШ	Слюда
Средняя проба	1,76	2,2-2,5	0,5	≥1,0	Зн.	38-40	8-9	6-7	20-22	6-7	15

Из таблицы видно, что основным промышленно-ценным минералом является золото. Сопутствующие минералы – пирит, составляющий около 2,2- 2,5%, арсенопирит – порядка 0,5%, около 1% приходится на долю оксидов железа, в знаковых значениях присутствуют минералы меди – халькопирит, халькозин, ковеллин, а также галенит, сфалерит, блеклая руда. Из породообразующих минералов преобладают кварц, плагиоклазы, слюда, в меньшем количестве присутствуют карбонаты (доломит и кальцит) и калиевый полевой шпат.

Средняя проба состоит из породообразующих минералов, составляющих порядка 96-97%, сульфидных минералов, оксидов и гидроксидов железа. Сумма сульфидных минералов составляет около 2-2,5%. Основным сульфидным минералом является пирит. Присутствует он в виде свободных зерен размером от 0,02 до 0,3 мм. Форма обломков чаще неправильная, но отдельные зерна имеют форму, близкую к кубической. Наряду с этим пирит образует довольно густую равномерную вкрапленность с размером зерен от 0,02 до 0,06 мм в обломках пород. Из продуктов окисления присутствуют гетит и гидрогетит.

В плоскости брикета обнаружено одно зерно самородного золота размером 0,02 х 0,05 мм. Золото ярко-желтое с высокой отражательной способностью (рисунок 9).

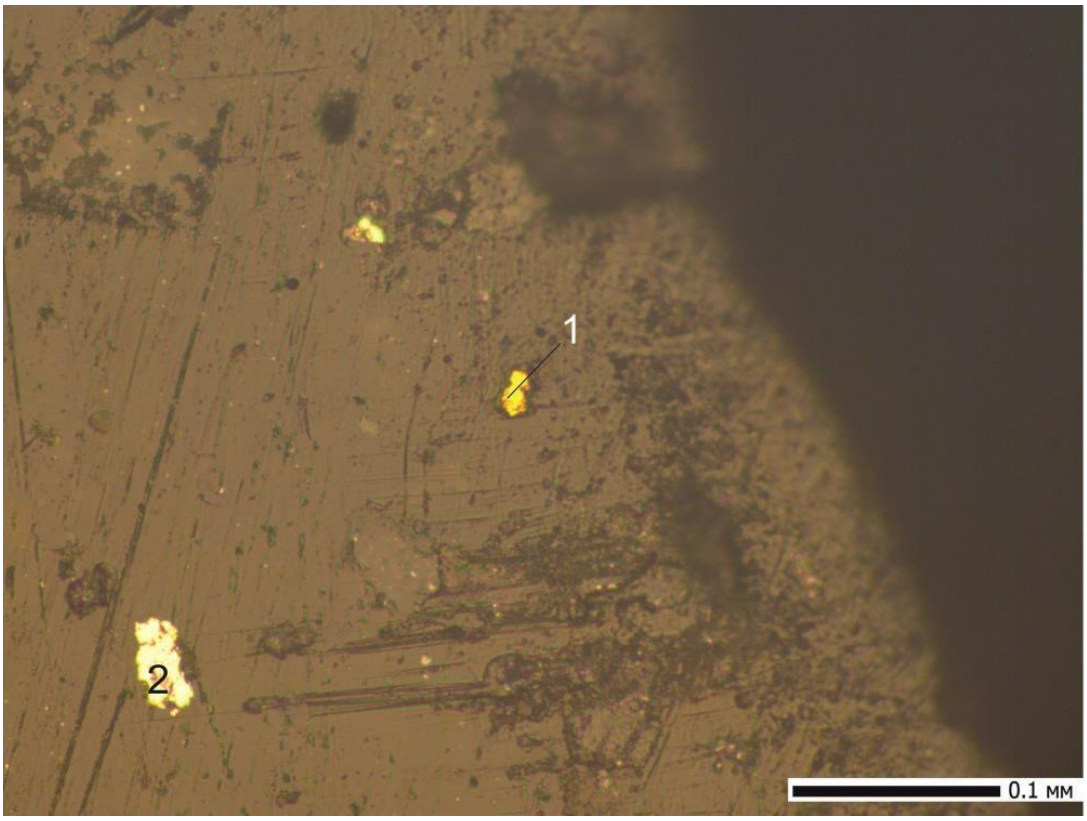


Рисунок 9 - Средняя проба. Золото (1) и пирит (2). Полированный искусственный брикет, увел. 200.

Краткая характеристика гравитационного концентрата, тяжелой фракции, золота и сопутствующих рудных минералов

С целью концентрации рудных минералов и золота на концентраторе Нельсона был выделен гравитационный концентрат, из которого был изготовлен искусственный полированный брикет. В концентрате основным рудным минералом является пирит. Обломки зерен размером от сотых до 0,05- 0,2 мм. Зерна обычно свободные. В одном зерне в сростке с пиритом отмечен галенит. Присутствуют единичные кристаллики арсенопирита в виде копьевидных зерен и их ромбовидных срезов. Нередко встречаются зерна марказита. Он представляет собой параллельно-шестоватые пластинчатые агрегаты, с промежутками, заполненными блеклой рудой (рисунок 10). Отмечены оксиды железа без реликтов сульфидов. Золота в плоскости брикета не обнаружено.

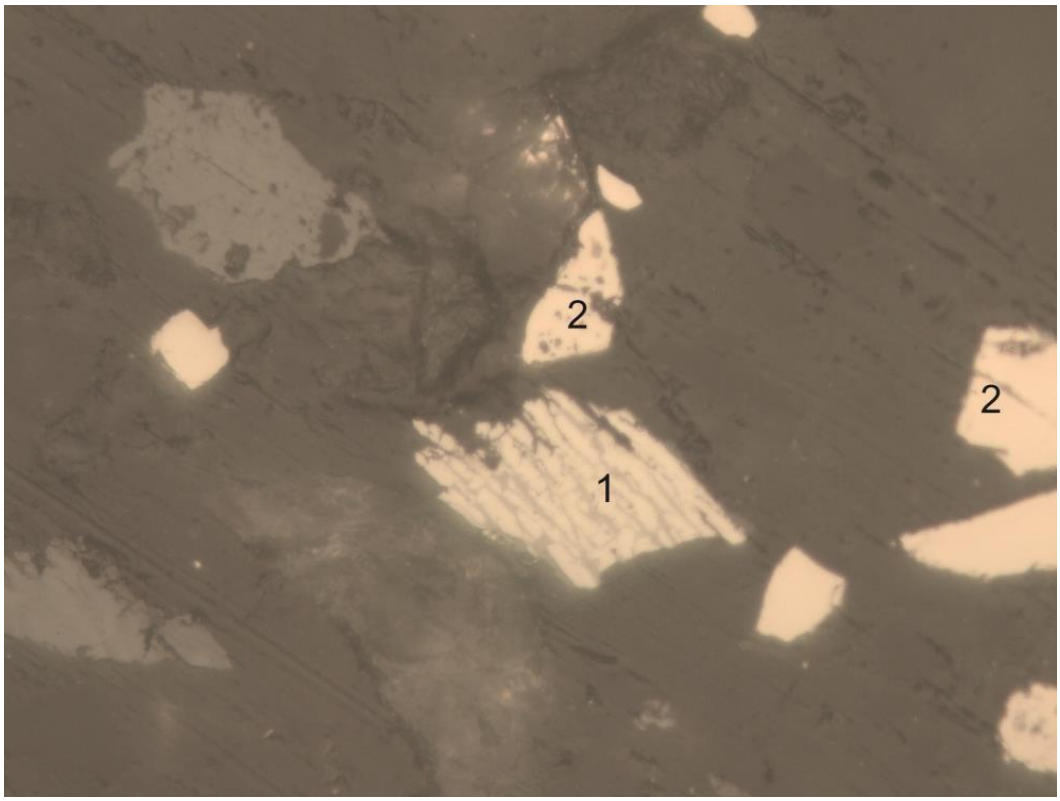


Рисунок 10 - Гравиоконцентрат. Марказит с прослоями блеклой руды (1) и пирит (2). Полированный брикет, увел. 400.

Из гравитационного концентрата в жидкости с удельным весом 2,9 г/см^3 выделена тяжелая фракция, из которой было изготовлено несколько полированных брикетов (рисунок 11). По качественному составу материал тяжелой фракции аналогичен гравиоконцентрату. В ней наряду с вышеописанными минералами присутствуют в единичных зернах минералы меди – халькопирит, халькозин, борнит и ковеллин (таблица 11).

Таблица 11 - Состав рудных минералов и золота в тяжелой фракции гравиоконцентрата (результаты в весовых %%)

№ анализа	1	2	3	4	5
Минерал	Золото	Марказит	Блеклая руда	Блеклая руда	Оксид железа
S	-	52,98	29,40	28,57	-
Fe	1.07	47,02	8,56	6,81	62,07
Au	98,93	-	-	-	-
Cu	-	-	40,25	42,32	1,85
Zn	-	-	2,44	1,93	-
As	-	-	16,61	18,72	0,62
Sb	-	-	2,73	1,66	-
O	-	-	-	-	33,53
Si	-	-	-	-	1,72
Ca	-	-	-	-	0,23

Микрозонд ICXA-733

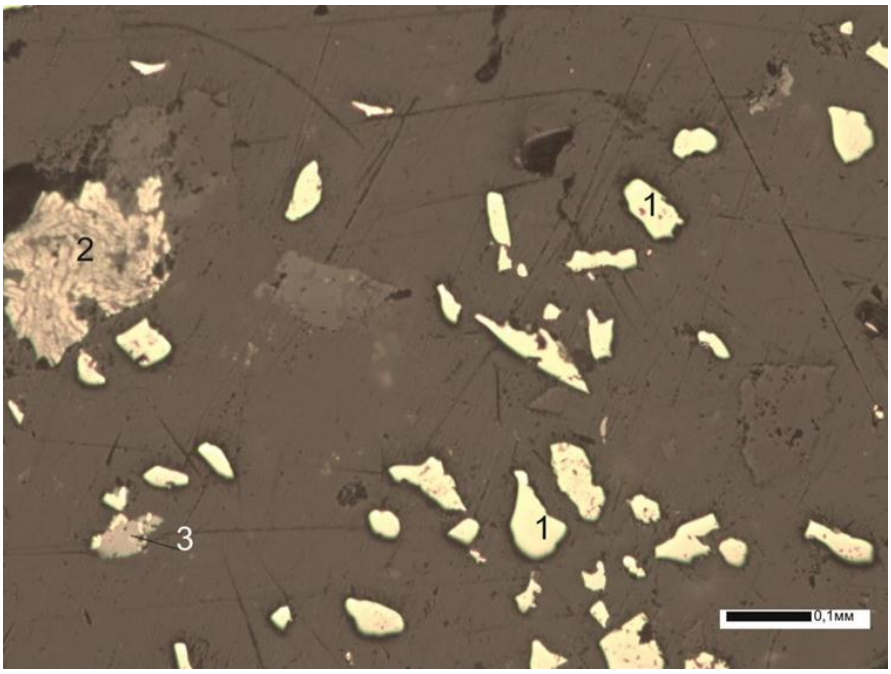


Рисунок 11 - Тяжелая фракция. В поле зрения пириты (1), марказит с блеклой рудой (2), сфалерит (3).Полированный брикет, увел. 100.

Марказит аналогичен описанному в гравиоконцентрате, но в тяжелой фракции встречено также скопление его зерен удлиненно-призматической формы (рисунок 11).

Халькопирит встречен в виде реликтов в халькозине, который находится в сростке с ковеллином (рисунок 13). Иногда встречаются зерна

свободного ковеллина без реликтов замещаемого халькопирита и сростки халькопирита с борнитом, который в свою очередь замещается халькозином.

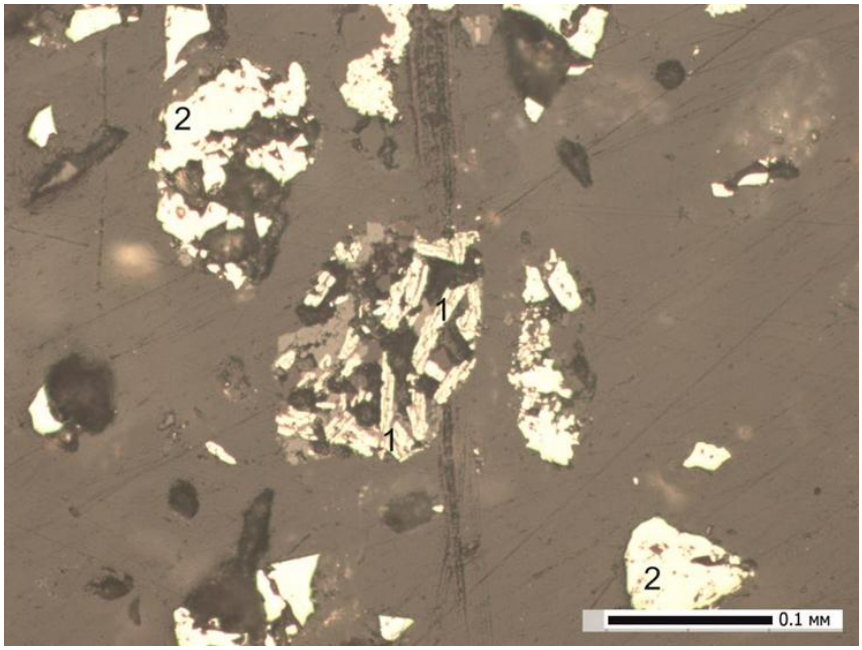


Рисунок 12 - Тяжелая фракция гравиокоцентрата. Скопление марказита (1) и пирит (2). Полированный брикет, увел. 200.

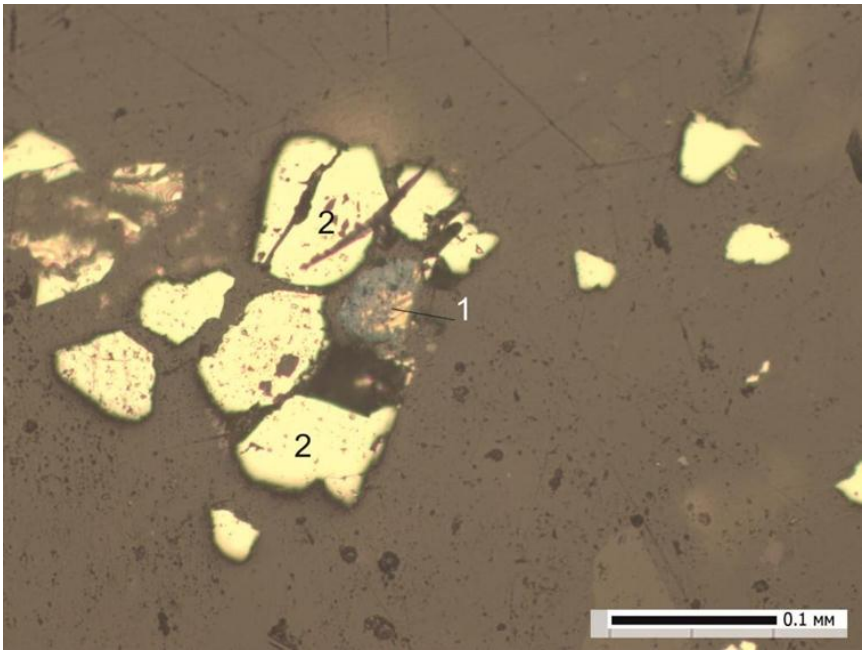


Рисунок 13 - Тяжелая фракция. Реликты халькопирита (1) в ковеллине, вокруг – зерна пирита (2). Полированный брикет, увел. 200.

Сфалерит и галенит представляют исключительно минералогический интерес. Галенит встречен в сростке с пиритом, сфалерит также в срастании пиритом, иногда с включениями галенита.

При тщательном сканировании и изучении материала пробы под микроскопом в плоскости брикетов были встречены мелкие свободные зерна золота (рисунок 14, см. таблицу 11) размером 0,03 и 0,10 мм. Золото ярко-желтое, высокопробное. Его состав (%): Au 98,93%, Fe 1,07%.

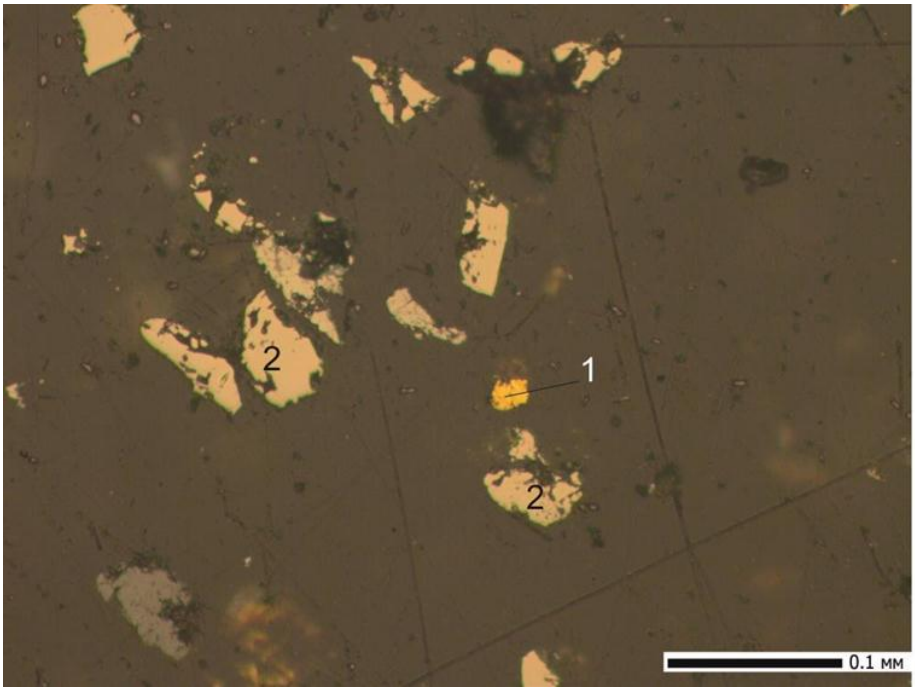


Рисунок 14 - Тяжелая фракция гравиоконцентрата. Золото (1) и пирит (2). Полированный искусственный брикет, увел. 200.

2.1.3 Результаты фазового анализа на золото

Фазовый анализ руды выполнен по стандартной методике при крупности руды 90% класса -0,071 мм. Результаты анализа приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Результаты фазового анализа на золото пробы

Формы нахождения золота и характер его связи с рудными компонентам	Распределение золота	
	г/т	%
Свободное и в виде сростков с рудными компонентами (цианируемое)	1,19	65,75
Покрытое пленками гидроксидов железа, карбонатами, хлоритами и др.	0,02	1,10
Ассоциированное с сульфидами	0,50	27,62
Тонко вкрапленное в породообразующие минералы	0,10	5,52
Итого в руде (по балансу)	1,81	100,00

По результатам фазового анализа большая часть золота (65,75%) представлена в свободном виде и в открытых сростках. Отмечено достаточно большое количество золота ассоциированное с сульфидами (27,62%).

2.1.4 Физические и ситовые характеристики руды, график измельчения пробы композита

При изучении физических характеристик определена удельная масса дробленой руды крупностью -2,5 мм, проведены мокрые ситовые анализы дробленой руды крупностью -2,5 мм. Определено содержание золота в различных классах крупности и распределение золота по классам крупности. Определены временные характеристики по измельчаемости дробленой руды крупностью 2,5 мм в шаровой мельнице, построены графики измельчения.

Удельная масса композита крупностью 2,5 мм составила по трем измерениям 2,70 т/м^3 (2,69; 2,71; 2,70).

В таблице 13 приведены результаты мокрых ситовых анализов дробленой руды, содержание и распределение золота, мышьяка и серы по классам крупности. На рисунках 15-17 графически показана взаимосвязь содержания и распределения золота и сопутствующих элементов с классами крупности.

Таблица 13 – Гранулометрическая характеристика дробленой руды

Класс крупности, мм	Выход класса		Содержание			Распределение, %		
	г	%	Au, г/т	As, %	S, %	Au	As	S
-2,5+1,2	245,40	24,68	1,08	0,12	0,88	14,59	15,92	15,30
-1,2+0,63	161,00	16,19	1,28	0,14	1,04	11,34	12,18	11,86
-0,63+0,30	138,90	13,97	1,34	0,16	1,35	10,24	12,01	13,28
-0,30+0,15	141,90	14,27	1,80	0,17	1,92	14,06	13,04	19,30
-0,15+0,071	85,40	8,59	1,86	0,21	2,29	8,74	9,69	13,85
Руда	994,40	100,00	1,83	0,19	1,42	100,0	100,0	100,0

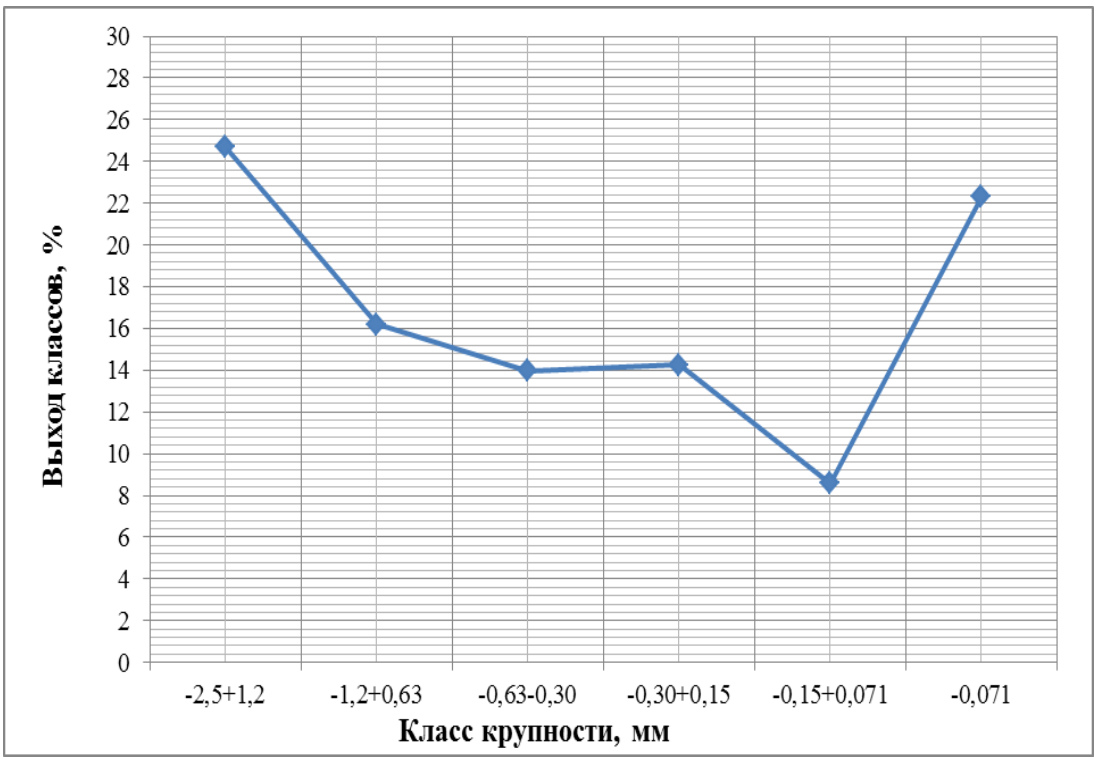


Рисунок 15 – Гранулометрическая характеристика

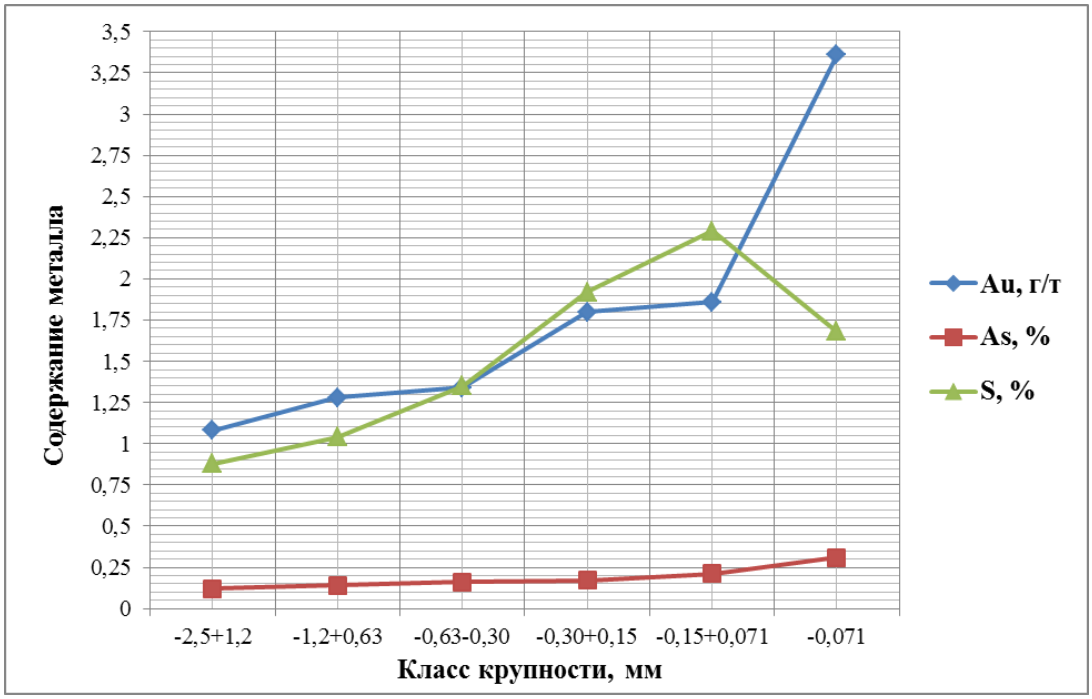


Рисунок 16 – Изменение содержания золота, мышьяка и серы по классам крупности

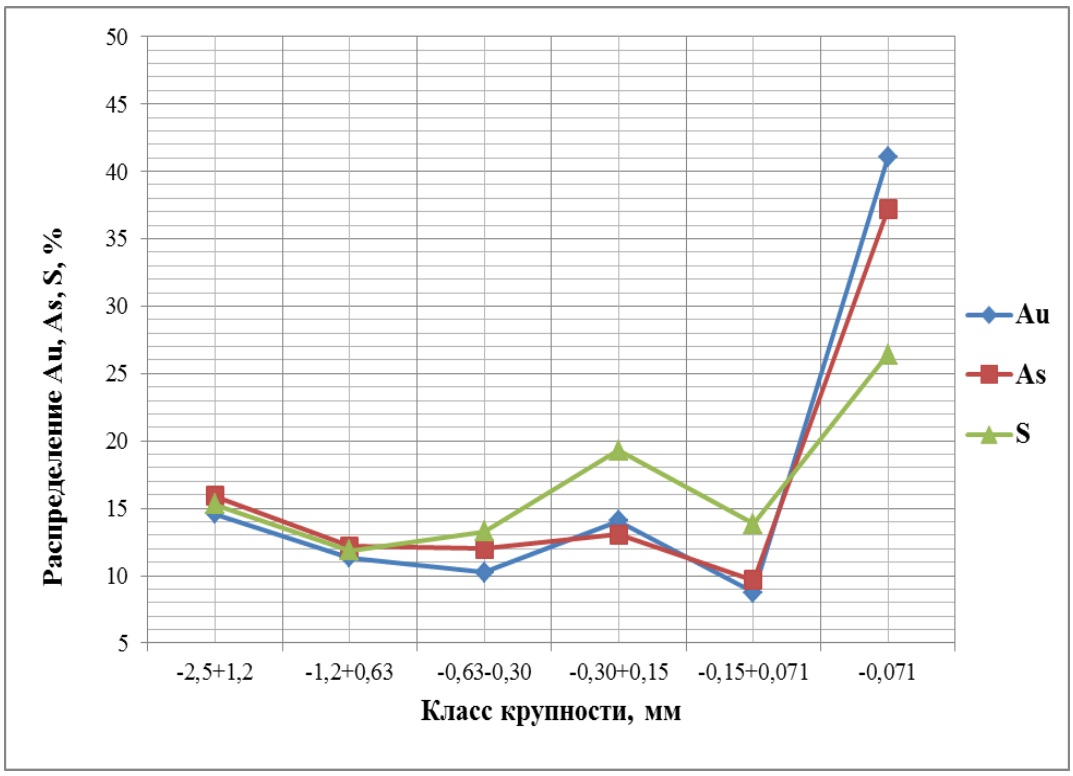


Рисунок 17 – Распределение золота, мышьяка и серы по классам крупности

Мелкого класса в дробленой пробе достаточно большое количество – более 22%. Мелкий класс обогащен золотом, в этих же классах повышенные содержания мышьяка и серы. Данный факт подтверждает, что определенное количество золота связано с сульфидными минералами – арсенопиритом и пиритом.

Для получения требуемой крупности проведены тесты по измельчаемости дробленой руды крупностью -2,5 мм. Тесты проведены в шаровой лабораторной мельнице при следующих параметрах: загрузка руды 0,3 кг; воды 0,3 л; шары 3,0 кг (отношение руда : вода : шары = 1: 1 : 10).

В таблице 14 приведены результаты тестов по измельчаемости руды и на рисунке 18 график зависимости выхода класса -0,071 мм от продолжительности измельчения пробы руды.

Таблица 14 – Выход класса – 0,071 мм при различном времени измельчения дробленой пробы крупностью -2,5 мм

Продолжительность измельчения, мин	Выход класса -0,071 мм, %
0	23,30
5	38,53
15	68,83
25	93,00

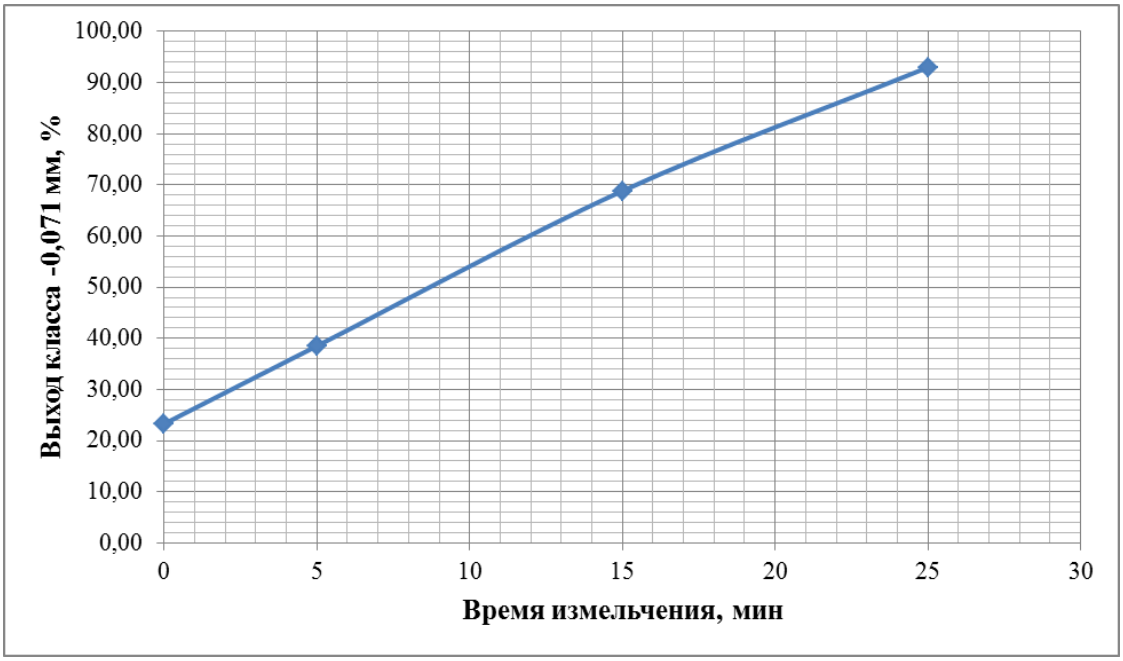


Рисунок 18 – График измельчения пробы композита

По характеру измельчения все пробы руды отнесены к категории руд средней крепости.

3 Исследования флотационной обогатимости пробы

Флотация - крайне многофакторный процесс. Следовательно, выбрать наилучшие сочетания факторов для ведения процесса можно лишь на основе многосторонних исследований. При обычных испытаниях ставится более простая задача: по известной априорной информации и некоторым предварительным опытам получить приемлемые результаты обогащения.

Последовательность такой работы при одностадиальной флотации [41]:

- по известному вещественному составу руды выбирают номенклатуру реагентов из числа наиболее распространенных в практике флотации;
- определяют крупность измельчения, для чего измельчают ряд навесок руды до разной крупности и флотируют их в одинаковых условиях, определяя по графику «крупность - извлечение и качество» необходимую крупность измельчения;
- определяют плотность пульпы, для чего из одной навески, измельченной до выбранной крупности материала, формируют пульпу разной плотности и флотируют руду, подбирая по графику «плотность - извлечение и качество» необходимую плотность;
- определяют продолжительность флотации, снимая кривую кинетики, для чего проводят дробный съем концентрата за интервалы 2, 5, 10 и т.д. минут флотации [42].

Реагентный режим при флотации определяется ассортиментом применяемых реагентов, их расходом, порядком подачи в процесс и продолжительностью контакта реагентов с пульпой. Реагентный режим устанавливается опытным путем на основании изучения флотационных свойств минералов данной руды, крупности минеральных частиц, состава воды и других факторов.

Подача реагентов в процесс происходит в такой последовательности: вначале к пульпе добавляют реагенты-регуляторы pH среды, затем реагенты-активаторы и реагенты-подавители, затем собиратель и в последнюю очередь пенообразователь [43].

Правильный выбор пенообразователя позволяет существенно повысить результаты флотации. Это обусловлено тем, что скорость флотации, перечистка в пене и циркуляция твердой фазы в значительной степени определяются свойствами пены. При этом эффективно одновременное применение двух пенообразователей: одного - активного стабилизатора пены и диспергатора воздуха, другого - активного диспергатора, но слабого стабилизатора пены [44].

Тесты по флотации руды проводили на стандартном лабораторном оборудовании. Использовались флотомашины марки ФМЛ-240 и ФМЛ-237 с объемом камер 3,0 л. В качестве собирателя использовали амиловый ксантогенат калия (PAX), который является достаточно сильным коллективным собирателем. В качестве вспенивателя для сравнения с

органическим продуктом (ОП) применяли метилизобутилкарбинол (МИБК) который широко применяется в отечественной и зарубежной практике. Это сильный спиртовый высокоэффективный пенообразователь, применяющийся при флотации медно-молибденовых, медно-никелевых, медно-золотосодержащих, золотосодержащих руд. Растворим в воде, температура кипения 135-137 ºС, температура замерзания – 90 ºС (рисунок 19).

Рисунок 19 – Фотография использованных флотореагентов

В открытом цикле изучали влияние крупности руды на показатели обогащения, кинетику флотации, использование активатора арсенопирита - медного купороса.

Первым тестом провели флотацию при различной крупности руды. Расход реагентов составили:

- для основной флотации РАХ 200 г/т, ОП 4 л/т;
- для контрольной флотации РАХ 100 г/т, ОП 2 л/т.

В таблице 15 и на рисунке 20 приведены результаты тестов.

Таблица 15 – Показатели флотации при различной крупности руды

Продукты	Время флот., минут	Выход, %	Содержание Au, г/т	Распределение Au, %
70% класса -0,071 мм				
Концентрат основной флот.	7	5,61	15,44	48,41
Концентрат контрольной флот.	20	6,11	6,00	20,50
Хвосты		88,28	0,63	31,09
Руда	27	100,00	1,79	100,00
80% класса -0,071 мм				
Концентрат основной флот.	7	6,67	15,85	57,90
Концентрат контрольной флот.	20	6,57	4,83	17,38
Хвосты		86,76	0,52	24,72
Руда	27	100,00	1,83	100,00
90% класса -0,071 мм				
Концентрат основной флот.	7	7,01	13,88	56,02
Концентрат контрольной флот.	20	7,56	4,12	17,92
Хвосты		85,43	0,53	26,06
Руда	27	100,00	1,74	100,00

Увеличение степени помола руды приводит к небольшому повышению извлечения золота. При крупности измельчения 80% класса -0,071 мм достигается наиболее высокое извлечение золота, во флотоконцентраты, которое, составило 75,28% при выходе 13,24%. Содержание золота в концентрате основной флотации составило 15,85 г/т. Потери золота с хвостами флотации составило – 0,52 г/т.

Извлечение золота в концентраты основной и контрольной флотации при испытанных крупностях руды изменяется от 68,91% до 75,28%. Содержание золота в хвостах флотации немного снизилось с уменьшением крупности с 0,63 до 0,52 г/т. За оптимальную крупность руды для флотации принято 80% класса -0,071 мм.

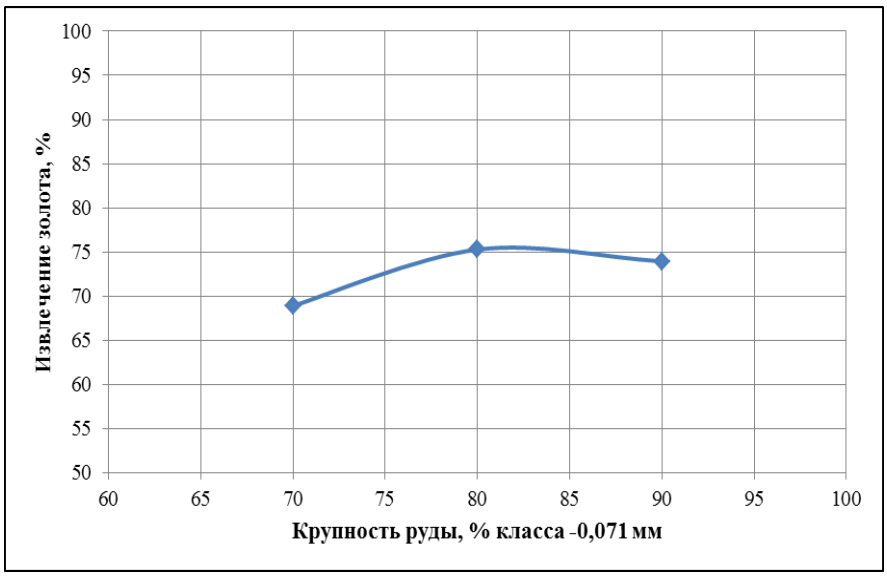


Рисунок 20 – Влияние крупности руды на показатели обогащения

Дальнейшие тесты проведены при указанной крупности измельчения 80% класса – 0,071 мм.

В следующей серии опытов изучали влияние ОП используемого в качестве вспенивателя при различном расходе на показатели флотации. Полученные результаты сравнивали с показателями, получаемыми при использовании в качестве вспенивателя МИБК (таблица 16). Расход реагентов составили:

- для основной флотации PAX 200 г/т, ОП 1, 3, 4 л/т;
- для контрольной флотации PAX 100 г/т, ОП 1, 1, 2 л/т.

Таблица 16 – Сравнительные показатели флотационного обогащения с вспенивателями ОП и МИБК

Продукты	Время флот., минут	Выход, %	Содержание Au, г/т	Распределение Au, %
ОП 2 л/т				
Концентрат основной флот.	7	3,94	20,74	47,50
Концентрат контрольной флот.	20	7,30	5,93	25,16
Хвосты		88,76	0,53	27,34
Руда	27	100,00	1,72	100,00
ОП 4 л/т				
Концентрат основной флот.	7	7,24	14,67	60,94
Концентрат контрольной флот.	20	6,57	2,62	9,88

Продолжение таблицы 16

Продукты	Время флот., минут	Выход, %	Содержание Au, г/т	Распределение Au, %
Хвосты		86,19	0,59	29,18
Руда	27	100,00	1,74	100,00
ОП 6 л/т				
Концентрат основной флот.	7	7,84	15,23	64,55
Концентрат контрольной флот.	20	7,98	3,47	14,97
Хвосты		84,18	0,45	20,48
Руда	27	100,00	1,85	100,00
МИБК 90 г/т				
Концентрат основной флот.	7	8,19	14,10	60,77
Концентрат контрольной флот.	20	7,37	3,24	12,57
Хвосты		84,44	0,60	26,66
Руда	27	100,00	1,90	100,00

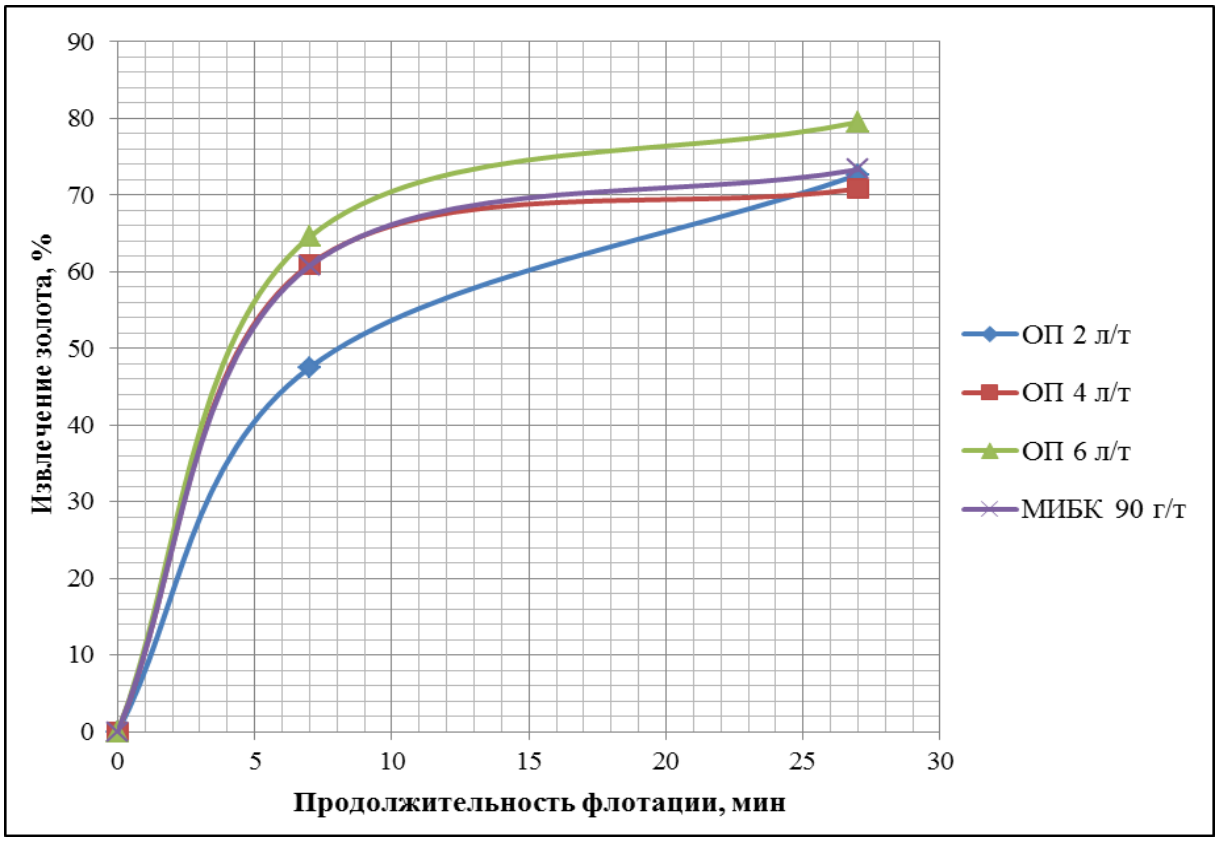


Рисунок 21 – Зависимость извлечения золота от продолжительности флотации

Полученные результаты (таблица 16, рисунок 21) показывают что, с увеличением расхода вспенивателя из органического продукта повышается извлечение золота в концентрат с 70,82% до 79,52%.Также по сравнении с тестом с использованием МИБК, потери содержании золота в хвостах уменьшается 0,60 г/т на 0,45 г/т.

После подбора оптимальной крупности измельчения руды и расходов реагентов уточнялось время основной и контрольной флотации. Для определения необходимого времени флотации был проведен тест с фракционным съемом флотоконцентрата. В таблице 17 и на рисунке приведены 22 результаты теста с фракционным съемом концентрата. Расход реагентов составили:

- для первой фракции PAX 200 г/т, ОП 4 л/т;
- для третий фракции PAX 100 г/т, ОП 2 л/т.

Таблица 17 – Флотация золота с фракционным съемом концентрата

Продукты	Время флот., минут	Выход, %	Содержание Au, г/т	Распределение Au, %
1 фракция	3	6,57	15,43	53,94
2 фракция	4	3,64	6,80	13,17
3 фракция	5	3,59	4,50	8,60
4 фракция	5	1,87	2,13	2,12
5 фракция	5	1,41	1,99	1,49
6 фракция	5	1,16	1,79	1,10
хвосты		81,76	0,45	19,58
руда	27	100,00	1,88	100,00

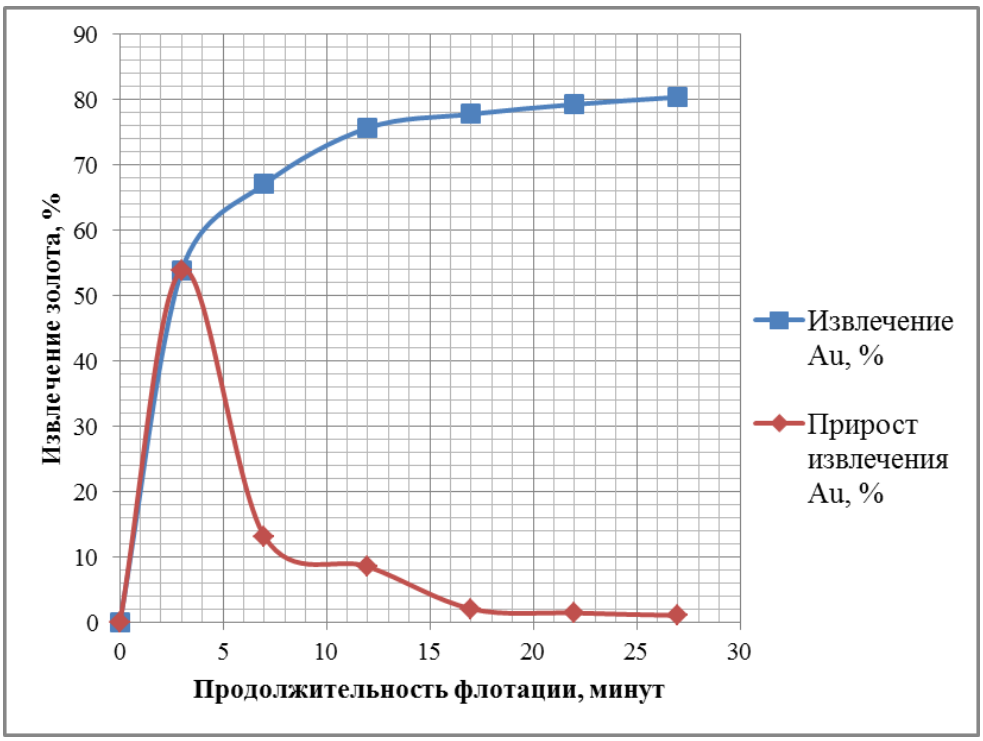


Рисунок 22 – Зависимость извлечения золота от продолжительности флотации

Из данных таблицы 17 и рисунка 22 следует, что кинетика флотации достаточно высокая. В первые 5 минут флотации во флотационный концентрат извлекается 53,94% золота. Концентрат при этом содержит 15,43 г/т золота, степень концентрирования золота невысокая - 13. Основной прирост извлечения золота происходит в первые 7 минут, затем резко сокращается. Это время 7 минут принято за продолжительность основной флотации. В последней фракции содержание золота во фракционном концентрате уже было ниже содержания его в руде. Время контрольной флотации составило 20 минут. Таким образом, за 27 минут флотация практически завершается.

По результатам химического анализа (см. таблицу 8 - Результаты химического анализа пробы композита Онжас) в руде содержится мышьяк (0,22%), который представлен арсенопиритом. Из практики работы флотационных обогатительных фабрик известно, что из руд, содержащих арсенопирит, золото лучше флотируется после предварительной активации арсенопирита сульфатом меди (медным купоросом). Медный купорос активирует флотацию арсенопирита и пирита и, следовательно, связанное с ними золото [45].

В таблице 18 и на рисунке 23 приведены результаты флотации с предварительной активацией арсенопирита и других сульфидных минералов сульфатом меди. Расход реагентов составили:

- для основной флотации PAX 200 г/т, ОП 4 л/т;
- для контрольной флотации PAX 100 г/т, ОП 2 л/т.

Таблица 18 – Результаты флотации с медным купоросом

Продукты	Время флот., минут	Выход, %	Содержание Au, г/т	Распределение Au, %
$CuSO_4$ 100 г/т				
Концентрат основной флот.	7	8,21	14,56	66,38
Концентрат контрольной флот.	20	9,99	2,54	14,09
Хвосты		81,80	0,43	19,53
Руда	27	100,00	1,80	100,00
$CuSO_4$ 200 г/т				
Концентрат основной флот.	7	8,30	15,14	70,07
Концентрат контрольной флот.	20	10,36	2,04	11,79
Хвосты		81,34	0,40	18,14
Руда	27	100,00	1,79	100,00
$CuSO_4$ 500 г/т				
Концентрат основной флот.	7	7,87	14,12	59,08
Концентрат контрольной флот.	20	9,07	4,00	19,29
Хвосты		83,06	0,49	21,64
Руда	27	100,00	1,88	100,00

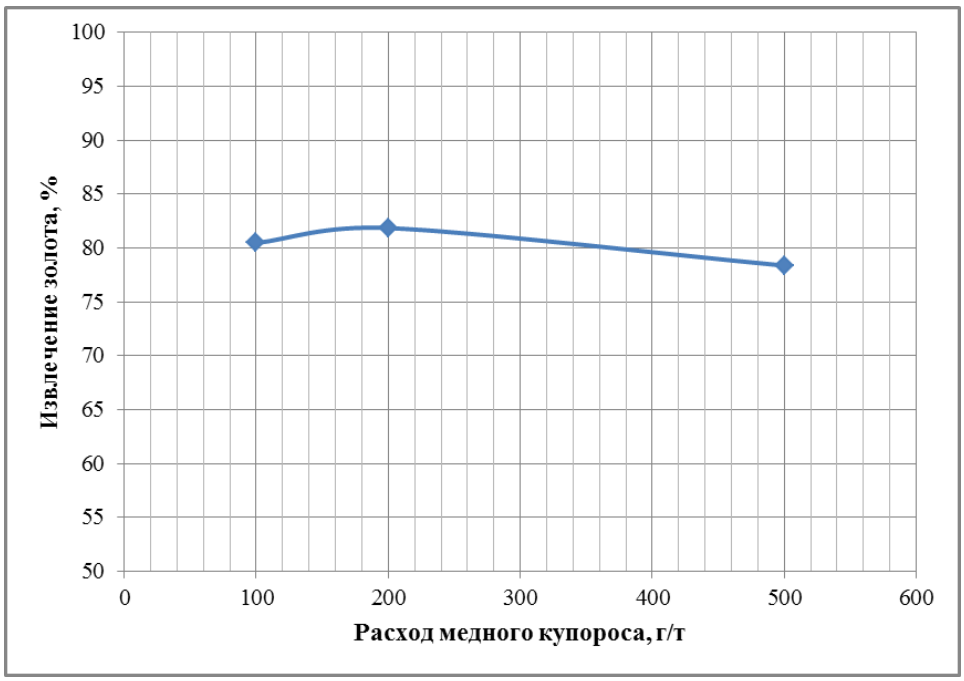


Рисунок 23 – Влияние медного купороса на показатели извлечения золота

Наиболее лучшие результаты получены при расходе медного купороса 200 г/т, содержание золото в основной флотации составило 15,14 г/т, суммарное извлечение золота в концентраты (основной и контрольной флотации) составило 81,86%.

Химический состав по основным компонентам флотационного концентрата и хвостов приведен в таблице 19.

Таблица 19 - Химический состав продуктов обогащения по основным компонентам

Компоненты	Содержание, %	
	концентрат перечистки	хвосты флотации
Железо общее	13,69	-
Сера общая	20,40	0,22
Сера сульфатная	0,32	0,10
Сера сульфидная	20,08	0,12
Мышьяк	0,75	0,176
Сурьма	0,12	-
Оксид кремния	41,02	-
Оксид алюминия	11,13	-

Полученный концентрат имеет простой состав и практически содержит не высокие вредные примесей, такие как мышьяк и сурьма.

Также был проанализован химический состав жидкой фазы хвостов флотации. Результаты отображены в таблице 20.

Таблица 20 – Химический состав жидкой фазы хвостов флотации

Компоненты	Содержание, мг/л	Компоненты	Содержание, мг/л
pH	8,02	Натрий	18,40
Хлорид-ионы	не обнаружено	Калий	28,00
Сульфат-ионы	134,24	Сурьма	0,12
Кальций	14,20	Мышьяк	0,40
Магний	134,97	Медь	0,01
Железо общее	40,08	Цинк	0
Карбонат-ионы	19,45	Сухой остаток	360,00
Гидрокарбонат-ионы	0,50	Общая щелочность	2,20 ммоль/л

На рисунке 24 приведена схема флотационного обогащения пробы руды Онжас с применением в качестве вспенивателя органического продукта полученного из рисовой шелухи.

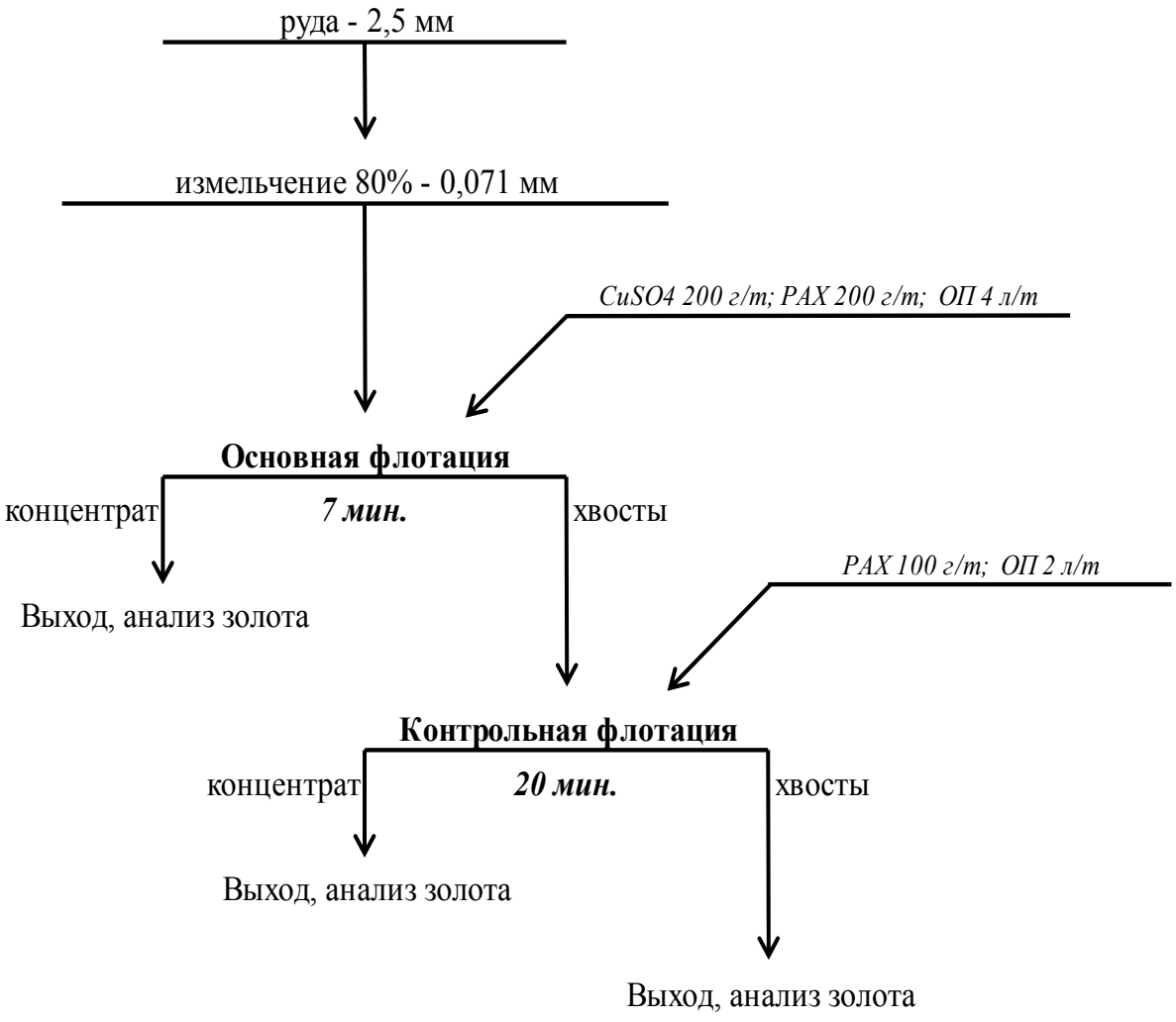


Рисунок 24 – Схема флотационного обогащения пробы руды Онжас

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В последние годы стремительно возрос интерес к многотоннажным возобновляемым отходом сельского хозяйства, как к одному из перспективных видов сырья для производства различных полезных компонентов. К таким видам сырья можно отнести рисовую шелуху, из которой полученные продукты кремнеуглерод (КУ), органический продукт (ОП) апробированы в различных отраслях хозяйства.

Впервые проведены исследования по использованию органического продукта, получаемого из рисовой шелухи в реакторе в течение 30 минут подвергается термообработке при температуре 600-650 °С и атмосферном давлении, создаваемом в результате отвода газа с помощью водокольцевого насоса. Вращение реактора обеспечивает перемешивание и равномерный нагрев рисовой шелухи. При этом образуется твердый кремнеуглеродный продукт ($C_{общ}$ – 48-53%, SiO_2 – 37-40%, углеводороды 10-15%) и жидкий органический продукт (алифатические углеводороды – 45-55%, ароматические углеводороды – 22-28%, остальное H_2O).

Литературный анализ существующих способов применения и переработки и проблем утилизации рисовой шелухи показывает, использование органического продукта перспективного в качестве флотореагента-пеноборазователя и имеет универсальное действие в процессах флотации полиметаллических руд, т.к. практика флотации показывает, что сочетание различных соединений во флотореагенте улучшает технологические показатели процесса, увеличивая извлечение минерала в пенный продукт.

Оценку флотационной обогатимости руды проводили в открытом цикле. Изучали влияние крупности руды на показатели обогащения, расхода реагентов и кинетику флотации.

Наиболее высокие показатели получены при следующих режимных параметрах флотационного обогащения:

- степень измельчения 80% класса -0,071 мм;
- расход реагентов: активатора CuSO4 200 г/т; собирателя PAX 200+100 г/т; вспенивателя ОП 4+2 л/т;
- время основной флотации 7 минут, контрольной 20 минут;

При данных режимах в открытых тестах получены следующие показатели:

- извлечение золота в концентраты 79 - 81%;
- содержание золота в хвостах флотации ~ 0,4 - 0,5 г/т;
- содержание золота в концентрате основной флотации ~ 15 г/т при выходе концентрата на уровне 7%.

Таким образом, полученные результаты проведенных флотационных тестов указывают на достаточно высокую флотационную обогатимость руды с применением в качестве вспенивателя органического продукта

полученного из рисовой шелухи. Это связано с тем, что руда относится к типу малосульфидных руд первичного типа.

Следует отметить положительные характеристики нового продукта. Органический продукт является побочным продуктом в результате конденсации парогазов получаемым в процессе пиролиза рисовой шелухи. Поэтому стоимость его будет ниже стоимости специально синтезируемых продуктов.

На основании изложенного, исследования по использованию органического продукта от рисовой шелухи, в качестве вспенивателя при флотации золотосодержащей руды показали его конкурентоспособность по отношению к традиционно применяемому флотореагенту МИБК. Предлагаемый продукт является перспективным, так как он получен из отходов рисового производства и может производиться в Республике Казахстан.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1 Шубов Л.Я., Иванков С. И., Щеглова Н. К. Флотационные реагенты в процессах обогащения минерального сырья. Книга 2 – М. "Недра" 1990. – С. 3.

2 Есенгараев Е. К. Получение органического продукта из рисовой шелухи и применение его в качестве флотореагента при обогащении полиметаллических руд. Диссертационная работа, Алматы, 2015. – С. 45-58.

3 Ефремова С.В., Бунчук Л.В., Ли Э.М., Ниязов А.А., Сухарников Ю.И. Полупромышленные испытания флотореагента из рисовой шелухи в качестве собирателя // Журнал «Комплексная использование минерального сырья» №4. – Алматы, 2017. – С. 5 - 10.

4 Журнал о качестве жизни «Greenologia» Москва, 2014 – 2020 [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://greenologia.ru/othody/utilizaciya-i-pererabotka/risovaya-sheluxa.html

5 Сергиенко В.И., Земнухова Л.А., Егоров А.Г. и др. Возобновляемые источники химического сырья: комплексная переработка отходов производства риса и гречихи // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева), 2004. – Т. 48. - № 3. – С. 116-124.

6 Lathrop E.C. Industrial utilization of rice hulls // Rice J. Ann. Issue, 1952. – P. 13.

7 Щибря А.Ю. Эффективный теплоизоляционный материал из поризованного арболита на рисовой лузге: автореф. канд. тех. наук: 05.23.05. – Ростов-на-Дону, 2000. – С. 20.

8 Нгуен Тиен Хоа. Высококачественный бетон с использованием золы рисовой шелухи в условиях жаркого влажного климата Вьетнама: автореф. канд. тех. наук: 05.23.05. – М., 2005. – С. 17.

9 Земнухова Л.А., Сергиенко В.И., Давидович Р.Л. и др. Получение ксилита и аморфного диоксида кремния из рисовой шелухи // Вестник ДВО РАН, 1996. - № 3. – С. 82-87.

10 Хьюстон Д.Ф. Рис и его качество – М.: «Колос», 1976. – С. 400.

11 Журнал о качестве жизни «Greenologia» Москва, 2014 – 2020 [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://greenologia.ru/othody/utilizaciya-i-pererabotka/risovaya-sheluxa.html

12 Рис и его качество. - М., 1976. - С. 271-305.

13 Патент 2227130 Российской Федерации. Способ получения гуматизированного органического удобрения // Полоскин Р.Б., Поляков Ю.Ю., Гладков О.А., Соколова И.В., Иванова Р.Г., Алексеева С.В.; опубл. 20.04.04., Бюл. № 11. - С. 503.

14 Патент 2186753 Российской Федерации. Способ биоконверсии органических отходов для получения модифицированного удобрения и питательного субстрата / Чекасина Е.В., Егоров И.В.; опубл. 10.08.02, Бюл. №22. – С. 418.

15 Абрамов А.А. Флотация. Реагенты-собиратели: Учебное пособие. Собрание сочинений: Т. 7: - М.: Издательство «Горная книга», 2012. – С. 5.

16 Дуденков С. В., Шубов Л. Я., Глазунов Л. А., Щербаков В. А. и другие. Основы теории и практика применения флотационных реагентов. – М.: «Недра», 1969. – С. 236.

17 Ефремова С.В. Физико-химические основы и технология термической переработки рисовой шелухи. – Алматы, 2011. – С. 17.

18 Предварительный патент 17867 Республики Казахстан. Способ термической переработки рисовой шелухи и ее лигнинных остатков / Сухарников Ю.И., Ефремова С.В., Corby Anderson, Жарменов А.А, Бунчук Л.В., Савченко А.М.; опубл. 16.10.06, Бюл. № 10. – С. 98.

19 Ефремова С.В., Сухарников Ю.И., Бунчук Л.В. Перспективы получения композиционных материалов и поликристаллического кремния с использованием продуктов термической переработки рисовой шелухи // Матер. Межд. научно-практ. конф. «Рациональное использование недр – важный фактор устойчивого развития региона» в рамках Второй Межд. выставки технолог., оборуд. для горнодобыв. и металлург. комплекса и рац. использов. недр Min Tek 2006. – Караганда, 2006. – С. 69.

20 Есенгараев Е. К. Получение органического продукта из рисовой шелухи и применение его в качестве флотореагента при обогащении полиметаллических руд. Диссертационная работа, Алматы, 2015. – С. 17 - 20.

21 Есенгараев Е. К. Получение органического продукта из рисовой шелухи и применение его в качестве флотореагента при обогащении полиметаллических руд. Диссертационная работа, Алматы, 2015. – С. 29 - 33.

22 Ефремова С.В. Физико-химические основы и технология термической переработки рисовой шелухи. – Алматы, 2011. – С. 122.

23 Меретуков М.А., Орлов А.М.., Металлургия благородных металлов. – М.: Металлургия, 1991. – С. 415.

24 Ефремова С.В. Физико-химические основы и технология термической переработки рисовой шелухи. – Алматы, 2011. – С. 127.

25 Ефремова С.В., Сухарников Ю.И., Жарменов А.А., Бунчук Л.В. Переработка рисовой шелухи с получением новых материалов полифункционального назначения // Комплексная переработка минерального сырья Казахстана. Состояние, проблемы, решения. – Алматы, 2008. – Т. 10. – С. 243-277.

26 Ефремова С.В., Сухарников Ю.И., Еремин Ю.П., Бунчук Л.В., Андерсон К.Дж. Оценка флотационной активности пиролизита от рисовой шелухи при обогащении труднообогатимых руд // Абишевские чтения – 2006 «Жидкость на границе раздела фаз – теория и практика»: материалы Межд. научно-практ. конф., посвящ. 70-летию Лауреата гос. премии РК, член-корр. НАН РК Ж. Н. Абишева. – Караганда, 2006. – С. 84-87.

27 Ефремова С.В. Физико-химические основы и технология термической переработки рисовой шелухи. – Алматы, 2011. – С. 130.

28 Ефремова С.В., Сухарников Ю.И., Жарменов А.А., Бунчук Л.В. Переработка рисовой шелухи с получением новых материалов полифункционального назначения // Комплексная переработка минерального сырья Казахстана. Состояние, проблемы, решения. – Алматы, 2008. – Т. 10. – С. 243-277.

29 Сухарников Ю., Толстова Н., Ефремова С., Бунчук Л. Углеродминеральный нанопрепарат из рисовой шелухи – эффективная кормовая добавка для сельскохозяйственной птицы // Труды 1 Межд. конф. «Современное состояние и проблемы инженерной экологии, биотехнологии и устойчивого развития». – Алматы, 2010. – С. 406-410.

30 Ефремова С.В. Физико-химические основы и технология термической переработки рисовой шелухи. – Алматы, 2011. – С. 131.

31 Бочаров В. И., Игнаткина В.И. Технология обогащения золотосодержащего сырья. Учебник пособие для ВУЗов. - М.: «Руда и металлы». 2003. - С. 246-247.

32 Глембоцкий В. А., Классен В. И. Флотация. М., «Недра», 1973. - С. 48.

33 Бергер Г. С. Флотируемость минералов государственное научно-техническое издательство литературы по горному делу. – Москва: 1962. – С. 68.

34 Глембоцкий В. А., Классен В. И. Флотация. М., «Недра», 1973. - С. 48.

35 Бочаров В. И., Игнаткина В.И. Технология обогащения золотосодержащего сырья. Учебник пособие для ВУЗов. - М.: «Руда и металлы». 2003. - С. 247.

36 Саградян А. Л. Контроль технологического процесса флотационных фабрик. - Металлургиздат 1954. – С. 32.

37 Абрамов А. А. Флотационные методы обогащения. Учебник для вузов. М.: Недра, 1984. - С. 200.

38 Бергер Г. С. Флотируемость минералов государственное научно-техническое издательство литературы по горному делу. – Москва: 1962. – С. 68.

39 Авдохин В. М. Основы обогащения полезных ископаемых: Учебник для вузов: В 2 т. - М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2006. - Т. 1. Обогатительные процессы. - С 18-19.

40 Абрамов А. А. Флотационные методы обогащения. Учебник для вузов. М.: Недра, 1984. - С. 204-205.

41 Технологическая оценка минерального сырья: справочник в 10 томах.- М.: Недра, 1990 – 1995; ВИМС, 1997 – С. 36.

42 В. С. Козин Исследование руд на обогатимость. Екатеринбург 2008. С. 184.

43 Авдохин В. М. Основы обогащения полезных ископаемых: Учебник для вузов: В 2 т. - М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2006. - Т. 1. Обогатительные процессы. - С. 314.

44 Абрамов А.А. Флотация. Реагенты-собиратели: Учебное пособие. Собрание сочинений: Т. 7: - М.: Издательство «Горная книга», 2012. – С. 462.

45 Абрамов А.А. Технология переработки и обогащения руд цветных металлов. Том 3. Книга 2. – С. 405.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Список опубликованных работ по теме магистерской диссертации:

1. Т.С. Каналы, Е.К. Есенгараев, Ш.А. Телков «Применение реагента из органического продукта для флотационного обогащения золотосодержащей руды» // «Вестник» КазНТУ – Алматы, 2020. – №2(138) С. 521 – 527.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

ҚазҰТЗУ ХАБАРШЫСЫ

ВЕСТНИК КазНИТУ

VESTNIK KazNRTU

№ 2 (138)

АЛМАТЫ 2020 АПРЕЛЬ

ISSN 1680-9211

Главный редактор
И. К. Бейсембетов – ректор

Зам. главного редактора
Б.К. Кенжалиев **– проректор по науке**

Отв. секретарь
Н.Ф. Федосенко

Редакционная коллегия:

З.С. Абишева- акад. НАНРК, Л.Б. Атымтаева, Ж.Ж. Байгунчеков- акад. НАНРК, А.Б. Байбатша, А.О. Байконурова, В.И. Волчихин (Россия), К. Дребенштед (Германия), Г.Ж. Жолтаев, Г.Ж. Елигбаева, Р.М. Искаков, С.Е. Кудайбергенов, Б.У. Куспангалиев, С.Е. Кумеков, В.А. Луганов, С.С. Набойченко – член-корр. РАН, И.Г. Милев (Германия), С. Пежовник (Словения), Б.Р. Ракишев – акад. НАН РК, М.Б. Панфилов (Франция), Н.Т. Сайлаубеков, А.Р. Сейткулов, Фатхи Хабаши (Канада), Бражендра Мишра (США), Корби Андерсон (США), В.А. Гольцев (Россия), В. Ю. Коровин (Украина), М.Г. Мустафин (Россия), Фан Хуаан (Швеция), Х.П. Цинке (Германия), Е.М. Шайхутдинов-акад. НАНРК, Т.А. Чепуштанова

Учредитель:

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

Регистрация:

Министерство культуры, информации и общественного согласия
Республики Казахстан № 951 – Ж “25” 11. 1999 г.

Основан в августе 1994 г. Выходит 6 раз в год

Адрес редакции:

г. Алматы, ул. Сатпаева, 22,
каб. 609, тел. 292-63-46
Nina. Fedorovna. 52 @ mail.ru

© КазНИТУ имени К.И. Сатпаева, 2020

и x_k – решение исходной системы (8) при начальных условиях (9).

Шаг 3. При найденных x_k и u_k вычисляется значение функционала J_k.

Шаг 4. Если $\left|J_k - J_{k-1}\right| \leq \varepsilon$ то переход к шагу 5, иначе $k = k + 1$ и переход к шагу 2. (Здесь $\varepsilon > 0$- требуемая точность вычисления).

Шаг 5. Найденная пара (x_k, u_k) является оптимальным решением.

Работа выполнена за счет средств грантового финансирования научных исследований на 2018-2020 годы по проекту AP05131027 «Разработка биометрических методов и средств защиты информации».

ЛИТЕРАТУРА

[1] Кафаров В.В. Методы кибернетики в химии и химической технологии. – М.: Химия, 1976. – 464 с.

[2] Кафаров В.В., Глебов С.А. Математическое моделирование основных процессов химических производств. – М.: Высшая школа, 1991. – 429 с.

[3] Айсагалиев С.А., Кабидолданова А.А., Оспанова М.К. К теории оптимального управления химическим реактором // Известия НАН РК. Серия физико-математическая, 2003. – № 5. – С. 53-61.

[4] Воронов А.А. Устойчивость, управляемость, наблюдаемость. – М.: Наука, 1979. – 336 с.

[5] Емельянов С.В., Коровин С.К. и др. Математические методы теории управления. Проблемы устойчивости, управляемости и наблюдаемости. – М.: Физматлит, 2014. – 200 с.

[6] Воскресенский Е.В. Управляемость и синтез управления нелинейных систем // Известия ВУЗов. Математика. – 2009. – № 10. – С. 3-13.

[7] Львова Л.Л. Условия управляемости нелинейных систем с параметром // Вестник ТГУ. – 2000. – Т. 5. Вып. 4. – С. 475-476.

[8] Давыдов А.А., Закалюкин В.М. Управляемость нелинейных систем: типичные особенности и их устойчивость // Успехи матем. наук. – 2012. – Т. 67. Вып. 2 (404). – С. 65-92.

[9] Шокин Ю.И. Интервальный анализ. – Новосибирск: Наука, 1986. – 224 с.

[10] Алефельд Г., Херцберген Ю. Введение в интервальные вычисления. – М.: Мир, 1987. – 360 с.

[11] Назаренко Т.И., Марченко Л.В. Введение в интервальные методы вычислительной математики: Учеб. пособие. – Иркутск: Издательство Иркутского университета, 1982. – 108 с.

[12] Калмыков С.А., Шокин Ю.И., Юлдашев З.Х. Методы интервального анализа. – Новосибирск: Наука, 1986. – 224 с.

[13] Мазаков Т.Ж., Джомартова Ш.А. Применение интервального анализа в практических вычислениях // Вычислительные технологии, 2002 № 4(32) - С. 230-234.

[14] Мазаков Т.Ж., Жанабаев Е.З., Джомартова Ш.А. Критерий управляемости нестационарных линейных систем // Вестник МО и НАН РК №1, 2003 - С. 106-110.

[15] Васильев Ф.П. Численные методы решения экстремальных задач. – М.: Наука, 1980. – 400 с.

Джомартова Ш.А., Карымсакова Н.Т., Турсынбай А.Т., Жолмагамбетова Б.Р.

Химиялық реакторды басқару үшін аралық талдауды қолдану

Түйіндеме. Мақала химиялық реакторды басқару үшін аралық талдауды қолдануға арналған. Бұл жұмыста химиялық реактордың басқару қабілетін анықтау міндетінің өзектілігі көрсетілген. Сондай-ақ, химиялық реакцияның математикалық моделі қарастырылған. Бұл модель жиілік коэффициенттері мен активация энергиясы тұрақты мәндерге ие болатын заңмен құрылған. Мақалада химиялық реакторды оңтайлы басқаруды таңдау мәселесі де қарастырылған. Сандық модельдеуге арналған Паскаль тілінде бағдарлама жасалынған. Функцияның тиімді әдістері және оңтайлы басқару есебін шешудің градиенттік әдісі ұсынылған.

Түйінді сөздер: химиялық реактор, аралық талдау, температура, концентрация, реакция, оңтайлы басқару.

УДК 622.765.061.2

T.S. Kanaly[1], Ye.K. Yessengarayev[1,2], Sh.A. Telkov[1]
([1]Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

[2] Branch of RSE "NC CPMRM RK" State Scientific Production Association of Industrial Ecology "Kazmekhanobr", Almaty, Kazakhstan. E-mail: mr_temirbek_ks@mail.ru)

APPLICATION OF A REAGENT FROM AN ORGANIC PRODUCT FOR FLOTATION TREATMENT OF GOLD-CONTAINING ORE

Abstract. The results of laboratory studies on the use of an organic product obtained from rice husk as a foaming agent for flotation processing of gold-containing ore from one of the deposits of Kazakhstan are presented. The possibility of replacing traditional reagents used in existing factories with an organic blowing agent that has not previously been used in the ore ore processing flow chart is shown.

Key words: rice husk, flotation reagent, organic product, gold ore, flotation, collector, foaming agent.

Т.С. Каналы[1], Е.К. Есенгараев[1,2], Ш.А. Телков[1]
([1]Satbayev University, Алматы, Казахстан
[2]Филиал РГП «НЦ КПМС РК» Государственное научно-производственное объединение промышленной экологии «Казмеханобр», Алматы, Казахстан. mr_temirbek_ks@mail.ru)

ПРИМЕНЕНИЕ РЕАГЕНТА ИЗ ОРГАНИЧЕСКОГО ПРОДУКТА ДЛЯ ФЛОТАЦИОННОГО ОБОГАЩЕНИЯ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩЕЙ РУДЫ

Аннотация. Приведены результаты лабораторных исследований по применению в качестве вспенивателя органического продукта полученного из рисовой шелухи, для флотационного обогащения золотосодержащей руды одного из месторождений Казахстана. Показана возможность замены традиционных реагентов, применяемых на действующих фабриках, на органический вспениватель, который ранее не использовался в технологической схеме переработки руды.

Ключевые слова: рисовая шелуха, флотореагент, органический продукт, золотосодержащая руда, флотация, собиратель, вспениватель.

Введение. Флотационными реагентами называют такие вещества, добавление которых в пульпу делает возможным флотационное разделение минералов или облегчает это разделение. Современная технология флотации в значительной мере определяется правильным подбором ассортимента, расхода и характера дозировки флотационных реагентов. Изучение флотируемости минералов, их селективного отделения от других, главным образом связано с отработкой реагентного режима флотации. Для изучения флотируемости минералов в качестве флотационных реагентов необходимо использовать чистые химические вещества. Вместе с тем иногда необходимость заставляет употреблять технические продукты, состав которых должен предварительно анализироваться. Подробные сведения о синтезе и анализе флотационных реагентов приводится в работе [1].

Среди огромного разнообразия отходов сырья растительного происхождения особое внимание привлекают отходы рисопереработки - рисовая шелуха (РШ). И не только в силу большого ежегодно образующегося их количества (в мире до 200 млн. тонн в год), но и вследствие особенностей состава - наличия высокого содержания диоксида кремния и связанного с ним углерода. Поэтому рисовая шелуха является уникальным сырьевым источником для получения различных кремнеуглеродных и органических продуктов (ОП), которые являются аналогами (по применению) технического углерода и белой сажи, органических дезинфекатов, флотореагентов, стимуляторов роста, производимых из техногенного природного сырья, а также для получения кремния повышенной чистоты. [2]

Научные исследованиями по замене природного углеводородного сырья -сырьем растительного происхождения, в том числе рисовой шелухой, с целью получения углеродных материалов проводятся уже более 100 лет и на эту тему опубликованы десятки монографий и сотни статей и патентов [3-5]. Предложены десятки путей переработки рисовой шелухи, предусматривающие ее применение как топлива, компонента строительных материалов и наполнителей, получение из нее сорбентов, карбидокремниевых и кремниевых материалов и другие [6-9]. Однако до настоящего времени нет ни одного технического решения и не создано нигде в мире ни одного производства по комплексной и безотходной переработке рисовой шелухи.

Утилизация отходов рисопроизводства является насущной проблемой всех рисосеющих стран. Только в Казахстане ежегодно производится до 90 тыс. тонн рисовой шелухи. Вследствие особенностей состава последней – наличия в ней органических полимеров целлюлозы (51%), лигнина (26%), а также диоксида кремния (15%), она является уникальным сырьевым источником для получения различных неорганических и органических продуктов.

В лаборатории кремнеуглеродных композитов РГП «НЦ КПМС РК» разработана безотходная технология переработки рисовой шелухи, предполагающая карбонизацию подготовленного сырья без доступа воздуха в атмосфере собственных парогазов при температуре 600 ^{0}С. В результате деструкции органических полимеров образуется твердый продукт – кремнеуглерод, органический конденсат (жижка), представляющий собой жидкость светло-коричневого цвета с характерным запахом, в которой водонерастворимая часть представлена – смоляными маслами. Изучение вещественного состава жижки экстракционными и хроматографическими методами анализа показало, что она является водным раствором алифатических и ароматических кислот, фенолов, спиртов, кетонов и ряда гетероциклических соединений. Такой групповой состав органического продукта обозначил перспективы использования его в качестве флотореагентов универсального действия в процессах флотации полиметаллических руд, так как практика флотации показывает, что сочетание различных соединений во флотореагентах улучшает технологические показатели процесса, увеличивая извлечение минерала в пенный продукт.

Установлено, что вещественный состав органических продуктов, полученных при пиролизе рисовой шелухи и лигнина, практически одинаков, а различаются только количеством диагностируемых соединений. Очевидно, это связано с содержанием целлюлозной компоненты в исходном продукте. В рисовой шелухе ее количество в два раза больше, чем лигнина (51 % против 26 %), поэтому органический продукт обогащен водой и уксусной кислотой при суммарном количестве 50 %.

При флотации свинцово-цинковых руд с использованием органического продукта, полученного в процессе пиролиза лигнинной составляющей рисовой шелухи, было установлено, что подача его в дополнение к стандартному реагентному режиму в свинцовую флотацию существенно повышает показатели, как по качеству свинцового концентрата, так и по извлечению свинца. Таким образом, он проявляет себя как высокоселективный коллектор по отношению к минералам свинца. Одновременно были отмечены его хорошие вспенивающие способности [10-14].

Авторами статьи выполнены исследования по флотационному обогащению золотосодержащей руды одного из месторождений Восточного Казахстана с применением в качестве вспенивателя (ОП).

Методы. Изучение вещественного состава выполнено с использованием минералигического, химического и пробирного анализов.

По результатам пробирного анализа содержание золота составило 1,76 г/т, серебра 8,76 г/т. Химическим анализом установлено, что вредные примеси в виде сурьмы практически отсутствует, содержание мышьяка составило 0,22%.

В соответствии с известной классификацией проведено определение типа руды по количеству сульфидной серы ($S_{общ.}$1,43%). Согласно этому руда отнесена к малосульфидной руде смешанного (переходного - по степени окисления серы) типу руды.

По результатам минералогического анализа основным промышленно-ценным минералом является золото. Сопутствующие минералы – пирит 2,2-2,5%, арсенопирит - порядка 0,5%, около 1% приходится на долю оксидов железа, в знаковых значениях присутствуют минералы меди – халькопирит, халькозин, ковеллин, а также галенит, сфалерит, блеклая руда.

Тесты по флотации руды выполнены на стандартном лабораторном оборудовании. Использовались флотомашины марки ФМЛ-240 с объемом камер 3,0 л. В качестве собирателя использовали амиловый ксантогенат калия (PAX), который является достаточно сильным коллективным собирателем. В качестве вспенивателя для сравнения с органическим продуктом (ОП) применяли метилизобутилкарбинол (МИБК).(рисунок 1).

Рис. 1. Фотография использованных флотореагентов

Результаты. Крупность частиц золота значительно влияет на флотируемость. Предельный размер флотируемых золотин зависит от их формы, структуры, плотности пульпы, характера пены, конструкции флотомашины [15]. Первоначально был выполнен флотационный тест при различной крупности руды, время флотации 27 минут; расход PAX 300 г/т; расход ОП 4 л/т (таблица 1, рисунок 2).

Таблица 1. **Показатели флотации при различной крупности руды**

Продукты	Время флотации, минут	Выход, %	Содержание Au, г/т	Распределение Au, %
70% класса -0,071 мм				
Концентрат основной флотации	7	5,61	15,44	48,41
Концентрат контрольной флотации	20	6,11	6,00	20,50
Хвосты		88,28	0,63	31,09
Руда	27	100,00	1,79	100,00
80% класса -0,071 мм				
Концентрат основной флотации	7	6,67	15,85	57,90
Концентрат контрольной флотации	20	6,57	4,83	17,38
Хвосты		86,76	0,52	24,72
Руда	27	100,00	1,83	100,00
90% класса -0,071 мм				
Концентрат основной флотации	7	7,01	13,88	56,02
Концентрат контрольной флотации	20	7,56	4,12	17,92
Хвосты		85,43	0,53	26,06
Руда	27	100,00	1,74	100,00

Увеличение степени помола руды приводит к небольшому повышению извлечения золота. При крупности измельчения 80 % класса -0,071 мм достигается наиболее высокое извлечение золота, во флотоконцентраты, которое, составило 75,28 % при выходе 13,24 %. Содержание золота в концентрате основной флотации составило 15,85 г/т.

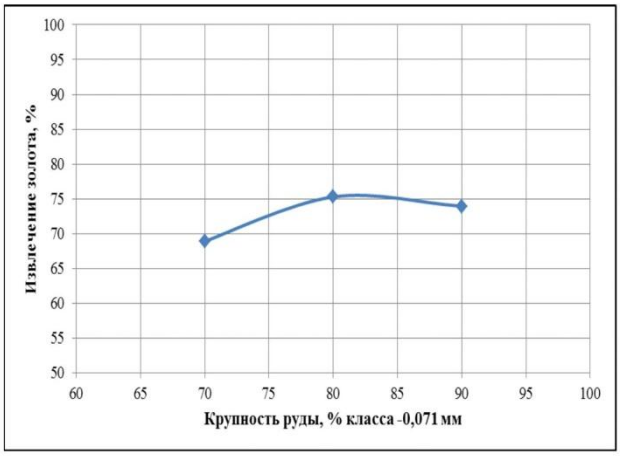


Рис. 2. Влияние крупности руды на показатели обогащения

Дальнейшие сравнительные тесты проводили при крупности измельчения 80% класса – 0,071 мм.

В следующей серии опытов изучали влияние ОП используемого в качестве вспенивателя при различном расходе на показатели флотации. Полученные результаты сравнивали с показателями, получаемыми при использовании в качестве вспенивателя МИБК (таблица 2).

Таблица 2. **Сравнительные показатели флотационного обогащения с вспенивателями ОП и МИБК**

Продукты	Время флотации, мин	Выход, %	Содержание Au, г/т	Распределение Au, %
Расход ОП 2 л/т				
Концентрат основной флотации	7	3,94	20,74	47,50
Концентрат контрольной флотации	20	7,30	5,93	25,16
Хвосты		88,76	0,53	27,34
Руда	27	100,00	1,72	100,00
Расход ОП 4 л/т				
Концентрат основной флотации	7	7,24	14,67	60,94
Концентрат контрольной флотации	20	6,57	2,62	9,88
Хвосты		86,19	0,59	29,18
Руда	27	100,00	1,74	100,00
Расход ОП 6 л/т				
Концентрат основной флотации	7	7,84	15,23	64,55
Концентрат контрольной флотации	20	7,98	3,47	14,97
Хвосты		84,18	0,45	20,48
Руда	27	100,00	1,85	100,00
Расход МИБК 90 г/т				
Концентрат основной флотации	7	8,19	14,10	60,77
Концентрат контрольной флотации	20	7,37	3,24	12,57
Хвосты		84,44	0,60	26,66
Руда	27	100,00	1,90	100,00

Полученные результаты (таблица 2) показывают, что с увеличением расхода вспенивателя из органического продукта повышается извлечение золота в концентрат с 70,82 до 79,52%.

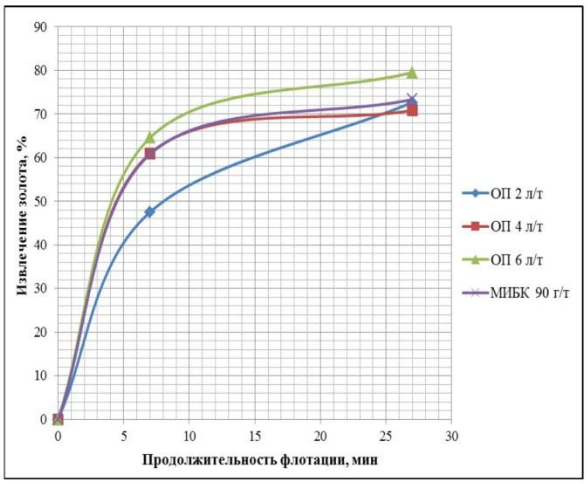


Рис. 3. Зависимость извлечения золота от продолжительности флотации

Обсуждение. По результатам сравнительных показателей, руда хорошо обогащается флотацией с использованием органического продукта. При замене стандартного вспенивателя на органический продукт, полученный при пиролизе рисовой шелухи, происходит прирост извлечения золота на 6%. Определено что, в оптимальном режиме при крупности измельчения 80% класса -0,071 мм и расходе реагентов: собирателя – амиловый ксантогенат калия 300 г/т и вспенивателя – органического продукта 6 л/т, при времени основной флотации 7 мин и контрольной флотации 20 мин получен концентрат основной флотации с содержанием золота 15,23 г/т (выход концентрата 7,84%). Хвосты флотационного обогащения содержат 0,45 г/т золота. Суммарное извлечение золота в концентраты (основной и контрольной флотации) составило 79,52%.

На основании изложенного, исследования по использованию органического продукта от рисовой шелухи, в качестве вспенивателя при флотации золотосодержащей руды показали его конкурентоспособность по отношению к традиционно применяемому флотореагенту МИБК. Предлагаемый продукт является перспективным, так как он получен из отходов рисового производства и может производиться в Республике Казахстан.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Бергер Г. С. Флотируемость минералов государственное научно-техническое издательство литературы по горному делу. – Москва: 1962. – 67 с.

[2] Сухарников Ю.И., Ефремова С.В., Бунчук Л.В., Терликбаева А.Ж., Джусупов С.А., Савченко А.М. Об использовании кремнеуглеродного продукта переработки рисовой шелухи в производстве композитов, машиностроении и металлургии. // 3 международная научная экологическая конференция, Кубанский Государственный аграрный университет, г. Краснодар, 2013.

[3] Сухарников Ю.И., Жарменов А.А., Ефремова С.В., Бунчук Л.В., Джусупов С.А., Савченко А.М. Перспективные материалы из отходов рисопереработки и их применение в различных областях техники и сельского хозяйства. // Промышленность Казахстана № 4. Алматы 2013, С. 82-86.

[4] Сухарников Ю.И., Анарбеков К.К., Кабланбеков А.А., Есенгараев Е.К. Подготовка шихтовых материалов на основе продуктов переработки рисовой шелухи для выплавки кремния повышенной чистоты. // Материалы международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития горно-металлургической отрасли», г. Караганда, 17 сентября 2013 г.

[5] Сухарников Ю.И., Жарменов А.А., Ефремова С.В., Бунчук Л.В., Джусупов С.А., Савченко А.М. Технологические и технические решения проблемы комплексной переработки рисовой шелухи. // Труды РГП «НЦ КПМС РК», 2013, С. 641-663.

[6] Щибря А.Ю. Эффективный теплоизоляционный материал из поризованного арболита на рисовой лузге: автореферат: 05.23.05. – Ростов-на-Дону, 2000. – 20 с.

[7] Нгуен Тиен Хоа. Высококачественный бетон с использованием золы рисовой шелухи в условиях жаркого влажного климата Вьетнама: автореферат: 05.23.05. – М., 2005. – 17 с.

[8] Патент 2191158 Российской Федерации. Реферат Способ подготовки рисовой шелухи для получения высокочистого диоксида кремния. Виноградов В.В., Виноградова Е.П.; опубл. 20.10.02, Бюл. № 29. – С. 315.

[9] Земнухова Л.А., Сергиенко В.И., Давидович Р.Л. и др. Получение ксилита и аморфного диоксида кремния из рисовой шелухи // Вестник ДВО РАН, 1996. - № 3. – С. 82-87.

[10] Есенгараев Е. К., Сухарников Ю.И., Телков Ш.А., Хайруллина С.Т. Флотореагент для обогащения полиметаллических руд Казахстана на основе органического продукта пиролиза рисовой шелухи. // Вестник КазНТУ №1 (107) Алматы, 2017, С. 330.

[11] Патент 17867 РК. Способ термической переработки рисовой шелухи и ее лигнинных остатков. Сухарников Ю.И, Ефремова С.В. опубл 16.10.2006, бюл №10.

[12] Никонов Г.К., Бурковская Л.Ф., Артамонова Н.А. и др. Химический состав и биологическая активность продуктов пиролиза рисовой шелухи. // Гидролизная и лесохимическая промышленность. - № 7 – 1990. – С.18-19.

[13] Ефремова С.В. Физико-химические основы и технология термической переработки рисовой шелухи. // Алматы, 2011, С. 50-100.

[14] Еремин Ю.П, Зайцев В.Г, Хайруллина С.Т, Денисова Н.В, и др. Теория и технология обогащения природного и техногенного минерального сырья. Комплексная переработка минерального сырья Казахстана - состояние, проблемы, решения, Том 2. Алматы, 2008, С.464.

[15] Бочаров В.А., Игнаткина В.А., Юшина Т.И. Флотационное обогащение полезных ископаемых. – Москва: – 2017. - 246 с.

Каналы Т.С., Есенгараев Е.К., Телков Ш.А.

Алтынқұрамды кендерді флотациалық байыту үшін органикалық өнімнен реагентті қолдану

Аңдатпа. Күріш қауызынан алынған органикалық өнімді Қазақстан кен орындарының бірінен құрамында алтыны бар кенді флотациялық өңдеуде көбіктендіргіш ретінде пайдалану жөніндегі зертханалық зерттеулердің нәтижелері келтірілген. Қолданыстағы зауыттарда қолданылатын дәстүрлі реагенттерді руданы қайта өңдеу кестесінде бұрын қолданылмаған органикалық үрлеуші затқа алмастыру мүмкіндігі көрсетілген.

Кілт сөздер: күріш қауызы, флотациялық реагент, органикалық өнім, алтын кені, флотация, жинағыш, көбіктендіргіш.

УДК 621.39.075

A.Y.Kuttybayeva, Y.T. Kuntugan
(Satbayev University, Kazakhstan, Almaty. sultan.kuntugan@mail.ru)

THE STUDY OF THE CAPACITY OF THE SATELLITE AND OPTICAL CHANNEL

Abstract: This article discusses a satellite communications system. The types of frequency ranges are considered. The types of integrated communication networks are considered. The types of orbits are considered. An example of spatial diversity reception is considered. A satellite communication scheme is presented.

Key words: satellite communications, frequency ranges, satellite repeaters, regenerative satellite, geostationary orbit, optical channel, integrated communication networks, spatial diversity reception.

А.Е. Құттыбаева, Е.Т. Кунтуган
(Satbayev University , Казахстан, Алматы. sultan.kuntugan@mail.ru)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ СПУТНИКОВОГО И ОПТИЧЕСКОГО КАНАЛА

Аннотация. В статье рассматривается система спутниковой связи. Рассмотрены виды частотных диапазонов. Рассмотрены виды интегрированных сетей связи. Рассмотрены виды орбит. Рассмотрен пример пространственного разнесенного приема, приведена схема спутниковой связи.

Ключевые слова. спутниковая связь, частотные диапазоны, спутниковые ретрансляторы, регенеративный спутник, геостационарная орбита, оптичесикй канал, интегрированные сети связи, пространственный разнесенный прием.

Спутниковая связь — один из видов космической радиосвязи, основанный на использовании в качестве ретрансляторов искусственных спутников Земли, как правило специализированных спутников связи. Спутниковая связь осуществляется между земными станциями, которые могут быть как стационарными, так и подвижными.

Обмен информацией производится по каналам передачи информации. Пропускная способность канала — максимальная скорость передачи информации по каналу связи в единицу времени.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени К. И. САТПАЕВА

ОТЗЫВ
НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на магистерскую диссертацию
Каналы Темирбек Серикулы

по специальности 6М073700 - Обогащение полезных ископаемых
на тему: «Исследование возможности применения органического продукта, полученного из рисовой шелухи, в качестве вспенивателя при флотации золотосодержащих руд»

Магистерская диссертация Каналы Темирбек написана на 56 листах и состоит из содержания, введения, экспериментальной части, заключения, списка использованной литературы и 1 приложения.

Магистерская диссертация является результатом самостоятельного исследования, выполненного на хорошем профессиональном уровне. Автор работы исследует возможности практического применения органического продукта, полученного из рисовой шелухи, в качестве вспенивателя при флотации золотосодержащих руд. В диссертационной работе определены объект, предмет, цель и задачи исследования, обоснованы теоретические основы исследования, раскрыты новизна, теоретическая и практическая значимость работы.

Анализ содержания работы, позволяет констатировать, что автор корректно использует современную методологию научных исследований, аргументирует собственные выводы результатами исследований других специалистов, фактами и примерами из практики, статистическими данными, логическими доводами и расчетами, что обеспечивает достаточно высокую степень обоснованности основных положений диссертации. В работе раскрываются теоретические аспекты существующих способов применения, переработки и проблемы утилизации рисовой шелухи.

Магистерская диссертация Каналы Темирбек имеет стройную композицию, заданную логикой исследования и поставленными задачами.

Магистерская диссертация написана научным языком и хорошо технически оформлена.

Диссертация магистранта Каналы Темирбек является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным автором самостоятельно на достаточно высоком научном уровне. На основании изложенного можно констатировать, что по совокупности признаков магистерская диссертация соответствует предъявляемой требованиям, а магистрант Каналы Темирбек заслуживает присуждения ему ученой степени магистра по специальности 6М073700 – «Обогащение полезных ископаемых».

Научный руководитель
Кандидат технических наук, доцент, профессор Ш. А. Телков
03 июля 2020 г.

Ф КазНТУ 706-54-08. Отзыв

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

РЕЦЕНЗИЯ

на магистерскую диссертацию

Каналы Темирбек Серикулы

на тему «Исследование возможности применения органического продукта, полученного из рисовой шелухи, в качестве вспенивателя при флотации золотосодержащих руд», представленную на соискание степени магистра в области обогащение полезных ископаемых

выполнено:
а) графическая часть (слайды презентации) на 25 листах
б) пояснительная записка на 2 страницах

ХАРАКТЕРИСТИКА ДИССЕРТАЦИИ

1. Соответствие работы специальности и отрасли науки

Представленная для оппонирования магистерская работа соответствует специальности 6М073700 - Обогащение полезных ископаемых и посвящена исследование возможности применения органического продукта, полученного из рисовой шелухи, в качестве вспенивателя при флотации золотосодержащих руд.

2. Актуальность темы исследования и ее связь с общенаучными и общегосударственными программами (запросами практики и развития науки и техники)

Программой индустриально-инновационного развития Республики Казахстан предусматривается значительное ускорение работ по созданию прогрессивных процессов и принципиально новых видов техники и материалов, обладающих особыми качествами. К числу таких материалов относится, в частности органический продукт, который планируется получать из рисовой шелухи по разработанной технологии в РГП «Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья РК».

Имеющиеся на сегодняшний день научные решения и технические разработки по переработке рисовой шелухи нацелены, как правило, на получение одного продукта, чем и объясняется их несостоятельность, в первую очередь, с экономической и экологической точек зрения.

В мировом практике хорошо изучены процессы пиролиза различных материалов. Но систематические исследования по термодеструкции рисовой шелухи (с оценкой роли составляющих её компонентов) с получением и изучением твердого (кремнеуглеродного), жидкого (органического) и газообразного продуктов не проводились. Отсутствуют также исследования и разработки по применению органического продукта из рисовой шелухи в качестве продукта для получения как флотореагентов, стимулятора роста растений, дезинфетирующего средства, сырья для получения полимеров.

Реализация инновационной технологии, осуществляемой впервые в мировой практике, открывает перспективы утилизации отходов рисопереработки с получением товарных продуктов полуфунцианального назначением.

Частично данную проблему можно решить за счет использования растительного сырья, переработкой рисовой шелухи.

Избранная тема магистерской диссертации является актуальной, так как посвящена исследование возможности применения органического продукта, полученного из рисовой шелухи, в качестве вспенивателя при флотации золотосодержащих руд.

3. Степень обоснованности и достоверности каждого результата (научного

положения), выводов и заключений, сформулированных в магистерской диссертации

Приведенные в магистерской диссертации результаты экспериментальных работ, выводы и заключения достаточно обоснованы и достоверны, поскольку в работе использованы современные методы физико-химических исследований и анализов, такие как пробирный, химический, спектральный, атомно-абсорбционный, pH-метрия, а также стандартные методы аналитической химии.

4. Степень новизны каждого научного результата (положения), выводы и заключения, сформулированные в диссертации

Научная новизна полученных результатов: впервые изучены возможности использования его в качестве флотореагента при обогащении золотосодержащих руд.

Подтверждение достаточной полноты публикаций основных положений, результатов, выводов диссертации

По теме публикован 1 доклад в сборнике «Вестник» КазНТУ, материалы которых охватывают результаты исследовательской работы, соответствуют выводам диссертации и является вполне достаточным для соискателей академической степени – магистра технических наук по специальности «Обогащение полезных ископаемых».

5. Замечания к работе

По представленной для рецензирования работе имеются следующие замечания и пожелания:

1. отсутствует связи для постановки задач исследований;
2. нужно было бы дополнить описания процесса синтеза рисовой шелухи.

Заключение и оценка работы

Несмотря на указанные замечания и недостатки, считаю, что диссертационная работа Каналы Темирбек соответствуют требованиям, предъявляемым к магистерским диссертациям, и может быть оценена на «отлично», 96%, а автор заслуживает присуждения ей академической степени магистра технических наук по специальности 6М073700 – «Обогащение полезных ископаемых».

Рецензент
Доктор Ph.D,
старший научный сотрудник
Филиал РГП «НЦКПМС РК»
ГНПОПЭ «Казмеханобр» Б.Н. Суримбаев

«03» 07 2020 г.

Подпись Суримбаева Б.Н. заверяю
Ученый секретарь филиала РГП НЦ
КПМС РК ГНПОПЭ «Казмеханобр»
«03» 07 2020 г.

Протокол анализа Отчета подобия

заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения

Заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения заявляет, что ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

Автор: Каналы Темирбек Серикулы

Название: Исследование возможности применения органического продукта, полученного из рисовой шелухи, в качестве вспенивателя при флотации золотосодержащих руд

Координатор: Шамиль Телков

Коэффициент подобия 1:16,1

Коэффициент подобия 2:12

Замена букв:2

Интервалы:1

Микропробелы:0

Белые знаки:0

После анализа отчета подобия заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения констатирует следующее:

☐ обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, работа признается самостоятельной и допускается к защите;
☐ обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
☐ обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, работа не допускается к защите.

Обоснование:
Работа выполнена добросовестно и не обладает признаками плагиата.

06.07.2020 Барменшинова М.Б.

Дата *Подпись заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения*

Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:

Магистерская диссертация на тему: „Исследование возможности применения органического продукта, полученного из рисовой шелухи, в качестве вспенивателя при флотации золотосодержащих руд", выполнена самостоятельно, добросовестно и не обладает признаками плагиата. Допуск к защите

06.07.2020 Барменщикова М.Б

Дата *Подпись заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения*