

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

SATBAYEV UNIVERSITY

Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова

Кафедра «Металлургия и обогащения полезных ископаемых»

УДК 622.765

На правах рукописи

Тастенова Фатима Нұржанқызы

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

На соискание академической степени магистра

Название диссертации

Современные технологии оптимизации
управления флотационным процессом
при переработке смешанных
сульфидно-окисленных медных руд
7M07223- Металлургия и обогащения
полезных ископаемых

Направление подготовки

Научный руководитель:

Зав.лаб. флотореагентов

и обогащения АО «ИМиО»

докт.техн.наук, _____ Н.К.Тусупбаев

" 19 " мая 2022 г.

Рецензент:

к.т.н., с.н.с. сектора редких

рассеянных элементов АО «Институт
топлива, катализа и электрохимии

им. Д. В. Сокольского»

_____ Килибаева С.К.

" 30 " мая 2022 г.

Нормоконтроль:

Доктор PhD, ассистент-профессор

_____ Дюсенова С.Б.

" 25 " мая 2022 г.

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
НАО «КазНУ им.К.И.Сатпаева»
Горно-металлургический институт
им. О.А. Байконурова

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой МиОПИ,

_____ кандидат технических наук

_____ М.Б. Барменшинова

" _____ " _____ 2022 г.

Алматы 2022

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Satbayev University

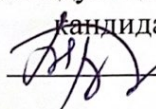
Горно-металлургический институт имени О. Байконурова

Кафедра металлургии благородных металлов и
обогащения полезных ископаемых

6M073700 - "Обогащение полезных ископаемых"

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой МиОПИ,

кандидат технических наук
 М.Б. Барменшинова

" ____ " _____ 2022 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение магистерской диссертации

Магистранту *Тастеновой Фатиме*

Тема: Современные технологии оптимизации управления флотационным процессом при переработке смешанных сульфидно-окисленных медных руд.

Утверждена приказом Ректора университета № 2026-М от "03" 11 2020 г.

Срок сдачи законченной диссертации " 25 " 05 2022 г.

Исходные данные к магистерской диссертации: Изучение влияния серосодержащих реагентов на процесс сульфидизации при переработке полиметаллического сырья. Методы исследований: химический, спектральный, рентгенофазовый и другие.

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации вопросов:

- а) флотационное обогащение полиметаллических сульфидных руд;
- б) методики исследований;
- в) изучение физико-химические свойств серосодержащих реагентов;
- г) применение экологически безопасных серосодержащих реагентов в качестве сульфидизатора при обогащении полиметаллического сырья.

Демонстрационный графический материал представить не менее чем на 10 слайдах с результатами исследований.

Рекомендуемая основная литература:

1. Абрамов А.А. Флотационные методы обогащения. – М.: Горная книга, 2008. – 711с.

2. René del Villar, Daniel Sbábaro. Advanced Control and Supervision of Mineral Processing Plants, 2010.
3. Соколов С.М., Маслов В.А. «Способ повышения эффективности процесса пенной флотации с использованием оптической обратной связи» // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2016. –№ 6. –С. 321–332.
4. Woodburn E.T., Stockton J.B., Robbins D. J. Vison-based characterisation of 3 phase froths. International Colloquium: Developments in Froth Flotation, SAIMM, Gordon's Bay, South Africa, 1:1–30, 1989.
5. Технологический регламент ТОО «Теректі Кен Байыту». 2019 г.

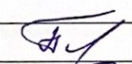
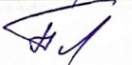
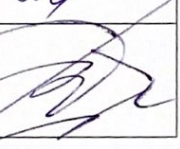
ГРАФИК

подготовки магистерской диссертации

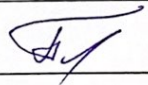
Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю и консультантам	Примечание
Аналитический обзор	15.02.2021	
Основные методы анализа и исследований	15.03.2022	
Экспериментальная часть	15.04.2022	

Подписи

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

Наименования раздела	Консультант, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Аналитический обзор	Н.К.Тусупбаев д.т.н	19.05.22г	
Основные методы анализа и исследований		19.05.22г	
Экспериментальная часть		19.05.22г.	
Нормоконтроль	Дюсенова С.Б. доктор PhD	25.05.22г	

Научный руководитель



Н.К.Тусупбаев

Задание принял к исполнению обучающийся  Ф.Н. Тастенова

Дата

" 19 " мая 2022 г.

АҢДАТПА

Көпіршіктердің мөлшерін, санын және кеңістіктік таралуын, сондай-ақ көбіктің түсін анықтау үшін кескінді өңдеу әдістерін қолдану процестің сапасын талдауға өте тартымды мүмкіндік болып көрінеді. Адамның көзіне еліктейтін жүйе шешім қабылдау алгоритмін формализациялауға және технологиялық процесті басқарудағы "адам факторын" едәуір азайтуға мүмкіндік береді. Visio-Froth™ алгоритмдік қосымшасы әр көпіршіктің кескінін жеке өңдеуге мүмкіндік береді. Сондықтан жүйе көпіршіктердің мөлшерін анықтауға қарамастан көбік құрылымын анықтауға мүмкіндік береді, соның арқасында көбік қабатының қасиеттері туралы қосымша, бірақ артық емес ақпарат пайда болады. Visio-Froth™ көптеген басқа параметрлерді есептей алады, атап айтқанда, жүктеме коэффициентін, егер көбіктің тұрақтылық, көпіршіктердің көбейіп кету, көпіршіктердің бұзылу жылдамдығы т. б. күй-жағдайда болса.

Бұл жұмыста "Теректі Кен Байыту" ЖШС Полиметалл кенінің мыс пен алтынның ұсақ дисперсті бөлшектерінің флотациясын жақсарту үшін микрокөпіршіктер мен микроэмульсиялардың көзі ретінде "ИТК Новатор" ЖШС тәжірибелік-өнеркәсіптік аппараты қолданылды. Жұмыс байыту фабрикасының өндірістік алаңында орындалды.

"ИТК "NOVATOR" ЖШС тәжірибелік-өнеркәсіптік қондырғысын қолдана отырып, мыстың концентраттағы мөлшері базалық режиммен салыстырғанда төртінші камерада 1,5-3,4 есе, ал бесінші камерада 2,4 – 10 есе артатыны анықталды.

Алтынның жалпы мөлшері "ИТК "NOVATOR" ЖШС тәжірибелік-өнеркәсіптік қондырғысы іске қосылғаннан кейін базалық режиммен салыстырғанда 3 күн өткенде байқалатыны анықталды. Көрсетілген уақыт ішінде төртінші камерадағы концентраттағы алтынның орташа тәуліктік мөлшері 6 – дан 9,8 г/т-ға дейін, ал бесінші камерада 3,1-ден 10,6 г/т-ға дейін артатыны көрсетілді.

Түйін сөздер: автоматтандырылған жүйе, көпкомпонентті микрофлотация, полиметалл кені, микрокөпіршіктер және микроэмульсиялар.

АННОТАЦИЯ

Использование методов обработки изображений для определения размеров, количества и пространственных распределений пузырьков, а также цвета пены представляется весьма привлекательной возможностью для анализа качества процесса. Система имитирующая глаз человека, позволяет формализовать алгоритм принятия решения и значительно минимизировать «человеческий фактор» в управлении технологическим процессом. Алгоритмическое обеспечение Visio-Froth™ позволяет индивидуально обрабатывать изображение каждого пузырька. Поэтому система позволяет определять текстуру пены независимо от определения размера пузырьков, благодаря этому формируется дополнительная, но не избыточная информация о свойствах пенного слоя. VisioFroth™ рассчитывает массу других параметров, таких как коэффициент нагрузки, применяемый в том случае, когда поведение пены определяется ее стабильностью, нагруженностью пузырьков, скоростью разрушения пузырьков и др.

В данной работе в качестве источника микропузырьков и микроэмульсии для улучшения флотации тонкодисперсных частиц меди и золота полиметаллической руды ТОО «Теректі Кен Байыту» применялся опытно-промышленный аппарат ТОО «ИТК Новатор». Работа выполнялась в производственной площадке обогатительной фабрики.

Установлено, содержание меди в концентрате в четвертой камере с применением опытно-промышленной установки ТОО «ИТК «NOVATOR» по сравнению базовым режимом увеличивается на четвертой камере 1,5-3,4 раза, а в пятой – на 2,4 – 10 раз. Установлено, что увеличение общее содержание золота наблюдается через 3 дня после запуска опытно-промышленной установки ТОО «ИТК «NOVATOR». В течение указанного времени среднесуточное содержание золота в концентрате в четвертой камере колебалось от 6 до 9,8 г/т, а – в пятой камере от 3,1 до 10,6 г/т.

Ключевые слова: автоматизированная система, многокомпонентная микрофлотация, полиметаллическая руда, микропузырьки и микроэмульсии.

ABSTRACT

The use of image processing methods to determine the size, number and spatial distributions of bubbles, as well as the color of foam, seems to be a very attractive opportunity for analyzing the quality of the process. The system simulating the human eye allows you to formalize the decision-making algorithm and significantly minimize the "human factor" in process control. Visio-Froth™ algorithmic software allows you to individually process the image of each bubble. Therefore, the system allows you to determine the texture of the foam regardless of determining the size of the bubbles, thanks to this, additional, but not redundant information about the properties of the foam layer is formed. Visio-Froth™ calculates a lot of other parameters, such as the load factor used when the behavior of the foam is determined by its stability, the loading of bubbles, the rate of destruction of bubbles, etc.

In this work, as a source of microbubbles and microemulsion to improve the flotation of fine particles of copper and gold of polymetallic ore of "Terekti Ken Bayitu" LLP, an experimental industrial apparatus of "ITK Novator" LLP was used. The work was carried out at the processing plant's production site.

It was found that the copper content in the concentrate in the fourth chamber with the use of a pilot plant of "ITK NOVATOR" LLP increases by 1.5-3.4 times compared to the basic mode, and by 2.4 - 10 times in the fifth chamber.

It was found that an increase in the total gold content is observed 3 days after the launch of the pilot plant of "ITK NOVATOR" LLP. During this time, the average daily gold content in the concentrate in the fourth chamber ranged from 6 to 9.8 g/t, and in the fifth chamber from 3.1 to 10.6 g/t.

Keywords: automated system, multicomponent microflotation, polymetallic ore, microbubbles and microemulsions.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	9
1 История оптимизации управление флотационным процессом и их современное состояние	12
1.1 Контроль над процессом флотации на основе контроля визуальных параметров	15
1.2 Анализ содержания металлов в продуктах обогащения по показаниям онлайн-анализатора выдаваемым в режиме реального времени	18
2 Механизация и системы автоматизации обогатительной фабрики «Теректы кен байыту»	20
2.1 Углубленный контроль флотации в Теректі, ТОО «Алтай Полиметаллы»	21
2.2 Система VisioFroth™	25
2.3 Контроль скорости съема пены	26
2.3.1. Проверка состояния сенсора и процесса	26
2.3.2. Расчет возможных изменений заданного значения	28
2.3.3. Расчет шага для подачи воздуха	29
2.3.4. Расчет шага для уровня пульпы	29
2.3.5. Расчет динамических рабочих пределов	31
2.3.6. Расчет динамических пределов подачи воздуха	31
2.3.7. Расчет динамических пределов уровня пульпы	32
2.3.8. Применение нового заданного значения	34
2.3.9. Активация контроля OCS®	35
2.3.10. Время с последнего изменения	36
3. Оптимизация управления	37
3.1. Профиль скорости съёма пены	37
3.2. Реагенты	39
4. Экспериментальная часть	43
4.1. Вещественный состав	43
5. Опытно-промышленные испытания полиметаллической руды с применением аппарата ТОО «ИКТ NOVATOR»	46
5.1. Гранулометрический анализ исходного питания флотации и продуктов обогащения полиметаллической руды	47
5.2. Предварительный анализ результатов ежечасовых и среднесуточных данных в базовом режиме и в режиме с применением многокомпонентной микрофлотации в 414 и 415 камерах	49
5.3. Данные по среднесуточной флотации полиметаллической руды в базовом режиме и в режиме с применением многокомпонентной микрофлотации в камере 414	51
5.4. Данные по среднесуточной флотации полиметаллической руды в базовом режиме и в режиме с применением многокомпонентной	55

микрофлота-ции в камере 415	
Заключение	58
Список использованной литературы	60
Приложение А	64
Приложение Б	76
Приложение С	81

ВВЕДЕНИЕ

Оценка современного состояния решаемой научно-технической проблемы. Флотационные фабрики функционируют в более сложных условиях, где необходимо учитывать целый ряд коррелирующих переменных и обеспечить эффективное управление фабрикой на всех уровнях. Меняющиеся характеристики питания, такие как качество питания, степень высвобождения минеральных зерен, гранулометрический состав и минералогия, усложняют управление технологией флотации и обеспечение стабильности технологического процесса, что в конечном итоге влияет на такие показатели, как извлечение металлов, качество концентрата и хвостов. Поиск правильного пути оптимизации работы комплекса может показаться слишком сложной задачей, не имеющей конечного решения. Если показатели производительности варьируются в значительной степени в зависимости от смены, имеют место многочисленные и непредвиденные простои и переливы, в итоге нестабильность флотационного процесса приводит к тому, что фабрика не может функционировать в соответствии с требуемыми показателями [1].

Исследования зависимости между качественными параметрами пены и фактическим протеканием процесса ведутся и по настоящее время в основном за рубежом [2]. Особое место в системах управления технологическим процессом занимает развиваемое последнее время направление техническое зрение.

Ввиду этого использование методов обработки изображений для определения размеров, количества и пространственных распределений пузырьков, а также цвета пены представляется весьма привлекательной возможностью для анализа качества процесса. В общих чертах алгоритмы анализа концентрации минерального состава пены по ее цвету и анализа размера и формы пузырьков, их распределения представляют собой использование математических методов анализа изображений (методов математической морфологии), получаемых с камер [3]. Такая система имитирующая глаз человека, позволяет формализовать алгоритм принятия решения и значительно минимизировать «человеческий фактор» в управлении технологическим процессом.

Стоит сказать, что на данный момент уже существуют несколько промышленных решений, которые позволяют осуществлять контроль над процессом флотации на основе контроля визуальных параметров, это системы FrothMaster (Outotec), JK FrothCam (JKTech Pty. Ltd.), Visio-Froth™ (Metso Minerals Cisa), PlantVision (KnowledgeScape) и WipFroth (WipWare) [4].

Система технического зрения Visio-Froth™ предназначена для измерения и регистрации ключевых параметров пенного слоя при флотационной переработке руд.

Алгоритмическое обеспечение Visio-Froth™ позволяет индивидуально обрабатывать изображение каждого пузырька. Поэтому система позволяет определять текстуру пены независимо от определения размера пузырьков, благодаря этому формируется дополнительная, но не избыточная информация о свойствах пенного слоя. Например, VisioFroth™ позволяет построить систему автоматической идентификации пены, основываясь на ее текстуре. После простого автоматического обучения VisioFroth™ производит распознавание типов пены на флотомашине в реальном масштабе времени [5].

Исследования, направленные на применение систем имитирующих глаз человека, позволяет формализовать алгоритм принятия решения и значительно минимизировать «человеческий фактор» в управлении технологическим процессом.

Обоснование необходимости проведения НИР. Возрастающие потребности в цветных металлах заставляют вовлекать в производство все более сложные и труднообогатимые, окисленные и смешанные (сульфидно-окисленные) руды. В большинстве случаев извлечение окисленных минералов цветных металлов из окисленных и смешанных руд является технологической проблемой. Между тем они представляют собой крупный сырьевой источник получения свинца, цинка, меди и др. цветных металлов. Основанием для разработки темы является необходимость создания технологии переработки труднообогатимого полиметаллического сырья с применением систем имитирующих глаз человека, позволяет формализовать алгоритм принятия решения и значительно минимизировать «человеческий фактор» в управлении технологическим процессом с высокими технологическими показателями. Предлагаемая технология переработки труднообогатимых полиметаллических руд с применением автоматизированных систем позволит рационально использовать минеральное сырье, повысить экономический потенциал Казахстана.

Сведения о метрологическом обеспечении диссертации. В процессе проведения комплекса научно-исследовательских работ метрологическое обеспечение определялось наличием химической лаборатории, использующей в работе сертифицированные методики; лаборатории физических методов анализа; метрологические измерения выполнялись на контрольно-измерительных приборах, поверенных в соответствии с нормативными документами.

Актуальность работы. Технологические показатели флотации зависят от качества и системы датчиков измеряющих важнейшие параметры пенообразования, включая скорость, направление перемещения, текстуру, размер пузырьков, стабильность и цвет пены. Эффективность процесса флотационного обогащения зависит от большого количества факторов, что усложняет модели описания процесса и предопределяет сложность управления и оптимизации флотации. В связи с этим применение новых автоматизированных систем, позволяющих эффективно перерабатывать

сложное полиметаллическое сырье, является весьма актуальной задачей обогащения руд цветных металлов.

Научная новизна заключается в том, что помогает стабилизировать процесс, используя свойства пены для управления процессом, обеспечивает полностью автоматическую работу и стабильную производительность, предлагает удобный контроль за счет потоковой передачи видео в реальном времени с камер наблюдения за состоянием пены в диспетчерскую, простота установки, эксплуатации и технического обслуживания. Система стремится достичь заданных показателей качества и восстановления, используя при этом результаты других измерений и информацию из системы управления технологическим процессом, чтобы предотвратить нестабильность.

Цели и задачи работы. Целью исследований проекта является разработка технологии переработки смешанных сульфидно-окисленных медного сырья с применением оптимизируя флотационные операции с помощью индивидуальных средств управления от Metso Outotec, обеспечивающих повышение производительности, безопасности и энергоэффективности.

В задачи исследований входят:

- классификация флотации пен;
- анализ концентрации минерального состава пены по ее цвету;
- анализ размера и формы пузырьков, их распределение и т.д.;
- изучение современного состояния и основных проблем в области флотационного обогащения полиметаллических руд;
- анализ процесса сульфидизации при переработке полиметаллического сырья;
- изучение вещественного состава руды;
- проведение опытно- промышленного испытания

1. История оптимизации управление флотационным процессом и их современное состояние

На сегодняшний день горнодобывающая промышленность может рассматриваться как достаточно консервативная отрасль, однако, во многих случаях это не так. Одной из главных причин постоянных исследований в этой области является тот факт, что ежегодно на производстве обрабатывается огромное количество руды, что означает, что даже небольшое улучшение в производительности оборудования или процессов обработки руды может привести к существенным экономическим выгодам [6].

Очень важным условием успешного применения флотационного метода обогащения того или иного полезного ископаемого является так же правильный выбор технологической схемы флотации. Эффективность флотационного процесса зависит от следующих основных факторов: минерального состава и крупности исходного материала, массовой доли твердого в пульпе и ее температуры, реагентного режима, состава воды, продолжительности флотации, степени аэрации пульпы в машине.

От минерального состава обогащаемой руды зависит выбор применяемых реагентов, их расход и последовательность извлечения компонентов руды. При минералого-петрографическом изучении руды перед флотацией устанавливают состав всех минеральных компонентов, взаимную структуру прорастания, форму и размер включений, степень окисления минералов и массовую долю каждого компонента. На основании этого устанавливают рецептуру реагентов и выбирают схему измельчения и флотации. Крупность исходного материала при флотации должна быть такой, чтобы максимальная доля полезных минералов была освобождена от сростков с минералами пустой породы, и размер флотируемых частиц соответствовал бы подъемной силе воздушных пузырьков. Обычно флотация осуществляется при крупности частиц полезных минералов в пределах 0,02-0,5 мм. Максимальный размер флотируемых частиц минералов зависит от их гидрофобности, плотности и формы.

При большой массовой доле твердого в пульпе снижается ее степень насыщения воздушными пузырьками, ухудшается флотируемость крупных частиц минералов и снижается качество концентрата в результате более интенсивной флотации тонких частиц пустой породы. Флотация в разжиженной пульпе производится в том случае, когда необходимо получить высококачественный концентрат. Продолжительность флотации определяет уровень извлечения флотируемого компонента в концентрат и качество концентрата. Степень аэрации пульпы влияет на продолжительность флотации и технологические показатели обогащения. С увеличением аэрации пульпы уменьшается продолжительность флотации. Однако чрезмерная насыщенность пульпы пузырьками воздуха усиливает процесс их слияния. Более крупные пузырьки всплывают с большей скоростью, что увеличивает возможность отрыва от них минеральных частиц. На эффективность

флотации оказывают влияние так же условия работы флотомашин. Объем пульпы, поступающей во флотомашину, и массовая доля твердого в ней должны быть постоянными. Это обеспечивает определенный уровень пульпы в машине и значительно упрощает управление процессом. Перегрузка флотомашин снижает извлечение металла в концентрат, т.к. продолжительность флотации уменьшается. При недогрузке продолжительность флотации будет велика, и в пенный продукт будут переходить частицы пустой породы, снижая качество концентрата. Изучение оптической обратной связи и ее использования для контроля процесса флотации было начато в конце 90-х годов в связи с развитием платформ для анализа изображений процесса флотации и уже известных фактах в области знаний о процессе флотации и о влиянии внешнего вида пены на его качество [7]. Первым, кто предложил описание качества процесса флотации пены на основе ее визуального состояния, был профессор В.А. Глембоцкий в 1972 г. [8]. Обобщая его исследования и описания можно свести их в следующую таблицу (см. таблицу 1):

Таблица 1- Зависимость внешнего вида пены и качества процесса флотации.

Изменение параметров процесса	Результат (внешний вид пены)
Скорость образования пены выше оптимального уровня	Пена устойчива, пузыри очень маленькие
Скорость образования пены ниже оптимального уровня	Пена менее устойчива, образуются большие пузыри при слиянии друг с другом
Скорость подачи реагентов выше оптимального уровня	Пена водянистая, низкая минерализация, небольшие пузырьки
Скорость подачи реагентов ниже оптимального уровня	Пена слишком вязкая, низкая мобильность, большие пузыри
Уровень пульпы выше оптимального уровня	Водянистая пена с высокой мобильностью
Уровень пульпы ниже оптимального уровня	Липкая, вязкая пена с низкой мобильностью
Плотность пульпы выше оптимального уровня	Вязкая пена с низкой мобильностью
Плотность пульпы ниже оптимального уровня	Водянистая, жидкая, неустойчивая пена
Скорость аэрации выше оптимального уровня	Высокая мобильность пены, большие пузыри
Скорость аэрации ниже оптимального уровня	Низкая мобильность пены, маленькие пузыри

Как можно видеть из таблицы часто результат изменения разных параметров приводит к одному и тому же качественному изменению пены (например: уменьшение или увеличение пузырьков), что говорит о том, что вынесение суждения о необходимом управляющем воздействии с целью улучшения качества процесса является достаточно сложной задачей. Данная

таб-лица позволяет увидеть, что существует зависимость, которая позволяет оценивать качество процесса по виду пены. Соответственно встает задача по наполнению этой таблицы реальными данными от технологов на производстве с целью разработки алгоритмов количественной характеристики классов пен.

Дальнейшие исследования в этой области показали [4], что содержание воды в пене напрямую связано с коэффициентом извлечения, а также было установлено, что содержание воды в пене связано с ее устойчивостью. Другими словами пена с высоким содержанием воды характеризуется небольшими пузырьками с низким уровнем слияния и наоборот. Оптимальная структура пены (что соответствует максимальному качеству обогащения) была описана как структура, в которой пена состоит из плотно-упакованных сферических пузырьков сотовой формы. Отмечается важность размера, формы пузырей и их пространственное распределение. Эти исследования позволили конкретизировать такие суждения как «низкая мобильность пены» или «маленькие пузыри» и описать их численными значениями. Таким образом, появилась возможность оценить качество процесса, исследуя новые образования пены и сравнивая их с эталонными.

Исследования зависимости между качественными параметрами пены и фактическим протеканием процесса ведутся и по настоящее время в основном за рубежом [2]. Ввиду этого использование методов обработки изображений для определения размеров, количества и пространственных распределений пузырьков, а также цвета пены представляется весьма привлекательной возможностью для анализа качества процесса. В общих чертах алгоритмы анализа концентрации минерального состава пены по ее цвету и анализа размера и формы пузырьков, их распределения представляют собой использование математических методов анализа изображений (методов математической морфологии), получаемых с камер.

Алгоритм анализа изображения пены состоит из нескольких этапов:

1. *Подготовительный этап к обработке изображения.* После того как изображение с камеры получено необходимо произвести над ним изменения с целью упрощения его дальнейшего рассмотрения и для улучшения качества обработки.

Внешний вид пены позволяет с целью дальнейшей сегментации и вычисления параметров пузырьков применять к нему методы математической морфологии, а именно выделение границ. Недостатком такого метода служит тот факт, что он вызывает сильное зашумление изображения, и делает необходимым применение соединения исходного кадра с зашумленным и выполнение интерполяции, после этого необходимо провести фильтрацию изображения, что даст на выходе улучшенную картинку с четкими границами контура пузырьков. После этого на выходе имеем подготовленное к сегментации изображение. Схематичное представление алгоритма изображено на рис. 4. Алгоритм подготовительного этапа обработки изображения.

2. *Сегментация изображения.* Подготовленное изображение служит для финальной обработки и вычисления параметров.

К подготовленному изображению применяются методы математической морфологии, благодаря которым пузырьки представляются в виде многоугольных областей с разной яркостью и насыщенностью. Это позволяет вычислить количество пузырьков, их размеры, а так же понять пространственное распределение. Так как методы математической морфологии позволяют работать с полутоновыми изображениями, то для установления цвета пены можно использовать преобразование значения серого оттенка в приближенные значения в палитре RGB. Схематичное представление алгоритма изображено на рис. 5. Алгоритм этапа сегментации изображения.

Проанализировав внешний вид пены и получив численные значения, можно говорить о создании автоматической системы управления процессом пенной флотации на основе данных полученных с камеры.

Анализ имеющейся информации о существующих решениях показывает, что, несмотря на широкое разнообразие существующих методологий для управления процессом флотации, только небольшое их количество привело к коммерческим продуктам, которые применяются в промышленности. Эти методы можно разделить на две категории: а) интеллектуальное управление (использование алгоритмов экспертных систем и нечеткой логики); б) модель прогнозирования управления, использование линейных или нелинейных моделей, которые корректируется на основании оперативных данных.

Это справедливо ввиду того, что в рассматриваемой системе все суждения о качестве процесса не численные. Для реализации подобной системы всегда требуется набор экспертных мнений, коими являются исследования, которые устанавливают зависимости качества протекания процесса и внешнего вида пены. О них было сказано выше. В такой экспертной системе целесообразно использовать методы нечеткой логики. При таком подходе, функции принадлежности μ присваивается лингвистические переменные на интервале $0 \leq \mu(x) \leq 1$.

1.1 Контроль над процессом флотации на основе контроля визуальных параметров

Функции существующих АСУ ТП флотации заключаются в стабилизации параметров первичных технологических контуров. Параметры, которые влияют на процесс флотации, многочисленны и разнообразны. Они включают в себя: минеральный состав руды, распределение частиц по размерам, их удельный вес, качество воды, температуру, типы реагентов и концентрации, взаимодействия между реагентами и частицами, пространственное распределение и т.д. Изобилие переменных делает управление

процессом флотации чрезвычайно трудной задачей [1]. Как результат, управление процессом на практике, как правило, осуществляется вручную человеком-оператором, который принимает большинство своих решений об оперативном управлении на основе внешнего вида пены. Это часто приводит к неоптимальному управлению процессом, что в свою очередь обусловлено такими факторами, как недостаточный опыт оператора, или ввиду его неспособности выполнять свои функции оперативно при первом же признаке нарушения оптимального процесса [10]. Стоит сказать, что существуют такие инструменты анализа параметров процесса, как РСФА (Рентгено-спектральный флуоресцентный анализ) и РСА (рентгеноструктурный анализ) для измерения минерального состава в режиме реального времени. Однако реализация подобного мониторинга каждого шага сложного процесса флотации будет стоить достаточно дорого и подходит только для определенных типов минеральной флотации (например, флотации элементов групп платины PGM) [9]. Развитие информационных технологий и технологий передачи и обработки видеоизображений открыло новые горизонты развития для систем, основанных на технологии машинного зрения и оптической обратной связи во многих различных отраслях промышленности, в том числе металлургической и горнодобывающей.

Преимущество использования данного подхода, в отличие от существующих, в объективности (автоматическое исполнение с количественными оценками параметров и надежности контроля) и оперативности (в масштабе реального времени – темпе подачи контролируемого вещества) визуального контроля, а также в том, что с помощью только одного способа измерений (на основе изображений) можно получить информацию, которую обычно получают путем различных методов измерений, которые дороже. Фактором оценки качества процесса в данном случае выступает непрерывность процесса наблюдения при помощи машинного зрения по сравнению с наблюдением, производимого человеком, который не может следить за состоянием системы все время в виду своей природы. Это говорит о том, что такая система объективна. Однако данный подход не лишен недостатков, зрительный контроль может обеспечить контроль только видимого слоя/среза пены, также при различных процессах флотации общая картина пены может быть совершенно разной. Что происходит в толще, можно только экстраполировать, статистически оценивать, т.е. это уже не прямое измерение. Условия наблюдения (освещение, масштаб рассмотрения) должны обеспечивать видимость объектов интереса (цвета всей пены или ее частей, пузырьков и т.п.).

Возвращаясь к задачам исследования, а именно первому пункту, нужно сказать, что структура флотационной пены зависит, при прочих равных условиях, от характера флотореагентов и крупности минеральных зерен. В этой связи различают три типа пен: пленочно-структурные, агрегатные и пленочные (см. рис. 1. Типы флотационных пен. Внешний вид и см. рис. 2. Типы флотационных пен. Структурный вид).

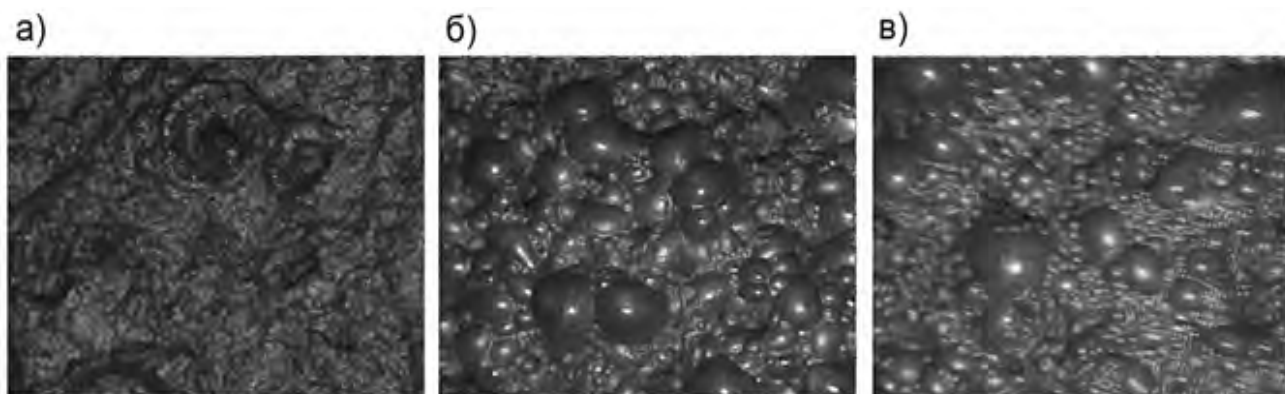


Рисунок 1 - Типы флотационных пен. Внешний вид: а) пленочно-структурная, б) агрегатная, в) пленочная

Тип пены можно определить по виду ее распада и содержанию воды в продуктах распада. Пленочно-структурная пена при флотации частиц обычной крупности встречается наиболее часто. Она характеризуется значительной обводненностью, имеет относительно большую высоту и повышенное содержание увлеченных потоком частиц пустой породы. Агрегатными называют плотные минерализованные пены, содержащие относительно небольшую долю воды. Образованию агрегатных пен способствуют относительно крупные флотирующиеся частицы, а также добавки аполярных масел. Они могут получаться также при распаде обычных пленочно-структурных пен. Агрегатным пенам часто соответствует максимальная скорость флотации. Пленочные пены аналогичны агрегатным, но имеют небольшую толщину; получаются при флотации крупных гидрофобных частиц небольшой плотности, например угля [11].

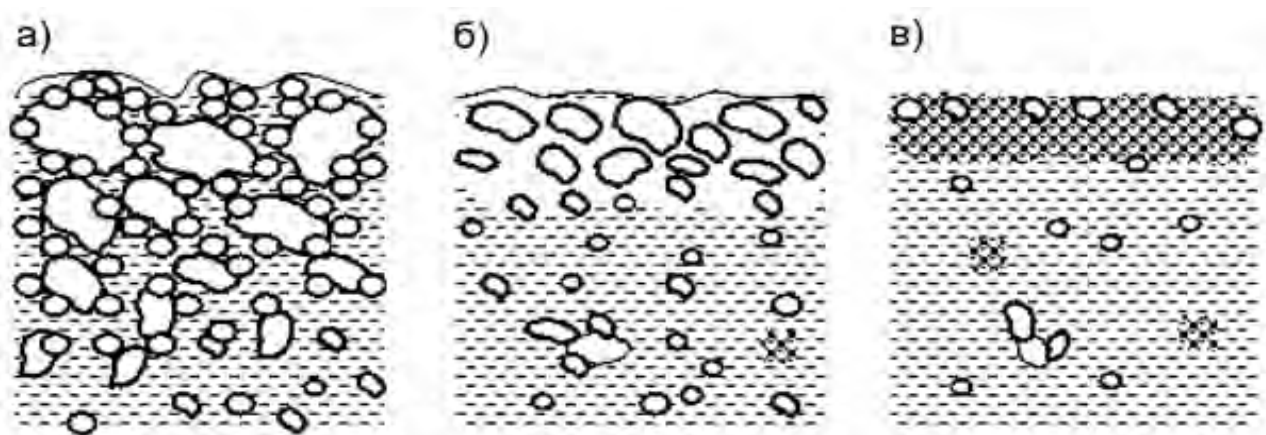


Рисунок 2 - Типы флотационных пен. Структурный вид: а) пленочно-структурная, б) агрегатная, в) пленочная

Как было сказано ранее появление пены на поверхности во флотационной камере имеет большое значение, поскольку это явление содержит в себе информацию, которая может описать качество всего

процесса. В прошлом мало внимания было уделено изучению взаимосвязи между качеством процесса флотации и возникновением пены, в основном потому, что большее значение придавалось фундаментальным систематическим исследованиям, а не наблюдениям, которые трудно определить количественно.

1.2 Анализ содержания металлов в продуктах обогащения по показаниям онлайн-анализатора выдаваемым в режиме реального времени

Стандартизированный комплекс оборудования для определения содержаний полезных веществ в исследуемых продуктах, в технологическом процессе обогащения, а также единое метрологическое и программное обеспечение позволяет:

- обеспечить удобное использование при создании АСУ ТП;
- снизить издержки на обслуживание;
- упростить обучение персонала;
- уменьшить количество и затраты на ЗИП;
- упростить процедуру поверки.

Благодаря применению анализаторов на всех этапах обогащения руды, на предприятии удастся произвести не только оперативный контроль, но и составить товарный баланс, на основе методики измерения концентраций полезных веществ в продукте обогащения.

Конфигурация с анализа пульпы непосредственно в точке контроля, без доставки проб открывает новые возможности при управлении процессом обогащения на предприятии:

- позволяют без особых затруднений устанавливать анализатор в новые точки без прокладки дорогостоящих пневматических магистралей доставки и подготовки проб;
- экспериментировать, искать оптимальные точки контроля;
- нет необходимости в дополнительном помещении, прибор устанавливается непосредственно в цехе;
- обеспечивает надежность конфигурации за счет независимой друг от друга работы нескольких датчиков. В случае отказа одного из них, процесс анализа на других точках контроля продолжается. Стоимость же нескольких датчиков приравнивается к цене системы с пробоотборниками и одним датчиком.

Анализаторы также может использоваться для определения содержания твердого вещества в пульпе (в массовых долях или в процентах) или плотности пульпы.

Применение поточного анализатора на обогатительной фабрике позволяет комплексно использовать сырье, а также повышать качество изготавливаемой продукции.

В условиях роста вовлечения в разработку руд с низкими массовыми долями полезных компонентов это становится особенно актуальным. Качество добываемых и перерабатываемых руд, а также содержание в них металлов непрерывно снижаются, что влечет за собой рост объемов перерабатываемых полезных ископаемых.

Прибор позволяет проводить оперативный анализ, достаточно высокой точности, в широком диапазоне содержаний компонентов, вести круглосуточный оперативный контроль непрерывно или дискретно, с выдачей аналитической информации в одном темпе с протеканием технологических процессов.

Применение анализатора рентгенофлуоресцентный поточный цифровой также позволяет:

- Существенно расширить возможности комплексной переработки сырья и охраны окружающей среды;
- Вести технологические процессы в оптимальных режимах, обеспечивая стабильную работу;
- Поднять эффективность систем автоматизации обогатительных фабрик, добиться максимального извлечения полезных компонентов при обогащении рудного сырья.

Сложность работы такой системы часто превосходит текущий процесс самой фабрики, также источник ионизирующего излучения предъявляет особые требования при обслуживании.

Диффузное отражение – это отражение света с поверхности, при котором падающий луч отражается во многих углах, и может быть охарактеризован как случайный. Анализатор воспринимает отражение света с большого количества твердых частиц руды, и далее сигнал передается сканирующему устройству. Сканирующее устройство измеряет относительную амплитуду разных получаемых световых волн как спектральную линию.

Каждый минеральный вид представляет свою собственную спектральную линию. Смесь минерального сырья характеризуется смешанным спектром, который содержит пропорциональную совокупность разных минеральных спектров. Эта смешанная спектральная линия принимается как «характерный признак» данной смеси минералов.

Рекомендуемый прибор используется для поточного измерения состава потока пульпы, выдаёт достоверные данные с интервалом времени в 15 секунд. Приборы будут смонтированы для экспресс-анализа содержания меди, золота и серебра в исходной руде, Си концентрате и хвостах отвальных.

2. Механизация и системы автоматизации обогатительной фабрики «Теректі кен байыту»

При реализации проекта необходимо осуществлять контроль состава исходной руды, промежуточных продуктов и конечных продуктов обогащения, контроль гранулометрического состава продуктов измельчения, контроль влажности исходной руды и конечных продуктов.

Предполагается автоматический контроль параметров технологического процесса и состояния основного оборудования.

Оборудование электрики-автоматики ОФ включает:

- набор кабелей и кабельные короба для обвязки электродвигателей и датчиков;
- комплект датчиков для контроля питания дробилок, бункеров, питателей, а также вращения конвейеров, наличия материала и полной автономности работы ленты;
- кнопки аварийного останова в случае прорыва или пробуксовки ленты конвейеров, или забивки течек. Комплект нажимных кнопок для работы и останова автоматически;
- переключаемый селектор эксплуатации оборудования, 3 режима: локальный для ленточных конвейеров, ручной и автоматический от оператора;
- электропанели и локальные шкафы управления;
- модули сетевых коммуникаций;
- компьютер оператора, операционные дисплеи и принтер.

Кроме того, отдельные локальные системы автоматизации входят в состав

комплекта оборудования, такие как :

- система смазки дробилок и мельницы;
- обнаружение прорыва и пробуксовки ленты конвейеров;
- недопущение забивки течек конвейеров и грохотов;
- контроль верхнего и нижнего уровней руды в бункере;
- замеры расхода воды в технологические точки подачи и плотности продуктов измельчения и сгущения;
- поточно-транспортная система управления и сигнализации дробильно-измельчительным комплексом.
- автоматическое регулирование загрузки мельницы по весу и мощности двигателя;
- автоматическое регулирование соотношения «вода-руда»;
- автоматическое регулирование дозирования реагентов по постоянству расходов в заданном режиме;
- автоматическая система стабилизации уровней пульпы в камерах флотационных машин;
- автоматизация приточной и аварийно-вентиляционной систем.

- автоматическое управление дренажными насосами от уровня пульпы в дренажных зумпфах;
- автоматизированная система затаривания и взвешивания концентратов.

Локальные системы автоматизации полностью интегрированы в централизованную систему контроля процесса, которая включает следующие подсистемы:

- оперативно-диспетчерского управления технологическим процессом (ОДУТП);
- оптимизация управления технологическим процессом (ОУТП);
- расчета и учета технико-экономических показателей (ТЭП);
- автоматизированного аналитического контроля (АСАК).

В результате высокой степени автоматизации на основных производствах технологической схемы отсутствует ручной труд. Обслуживающий персонал фабрики ведет наблюдение за ходом технологического процесса визуально и по показаниям контрольно-измерительных приборов.

На основных узлах по всей цепи аппаратов установлены приборы видеонаблюдения и по монитору оператора есть возможность отслеживать весь ход текущего процесса. Система видеонаблюдения Visiofroth на флотации позволяет оператору по виду пены вести процесс и регулировать режимные параметры работы флотационных машин, не подходя к ним.

Оптимизировать реагентный режим флотации можно также по показаниям прибора окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) путём регулирования процесса сульфидизации окисленной меди.

Автоматическая система управления технологическим процессом будет осуществляться за счёт оперативного анализа содержания металлов в продуктах обогащения в режиме реального времени на онлайн-анализаторе.

Проект ОФ предусматривает ещё автоматизированные системы управления и регулирования работой отдельных операций технологического процесса, как гравитация руды, фильтрация концентратов и сгущение отвальных хвостов. Гравитационный аппарат Фалькон, пресс-фильтр и вакуум-фильтр, а также пастовый сгуститель, задействованные в этих технологических операциях, работают в автоматическом режиме на выполнение заданных режимных параметров.

2.1 Углубленный контроль флотации в Теректы, ТОО «Алтай Полиметаллы»

Углубленный контроль флотации в Теректы, ТОО «Алтай Полиметаллы» (АПМ), включает систему VisioFroth™ с 15 камерами, 5 на флотокамерах основной флотации RCS300 и 10 на флотокамерах перемешивания/контрольной перемешивания RCS10. Система VisioFroth™ и система

углубленного контроля (экспертный контроль оптимизации флотации) работают на одном программном обеспечении OCS-4D©, установленном на выделенном сервере в операторской. Система сконфигурирована в три уровня с отображением отделения флотации (Рисунок 3).

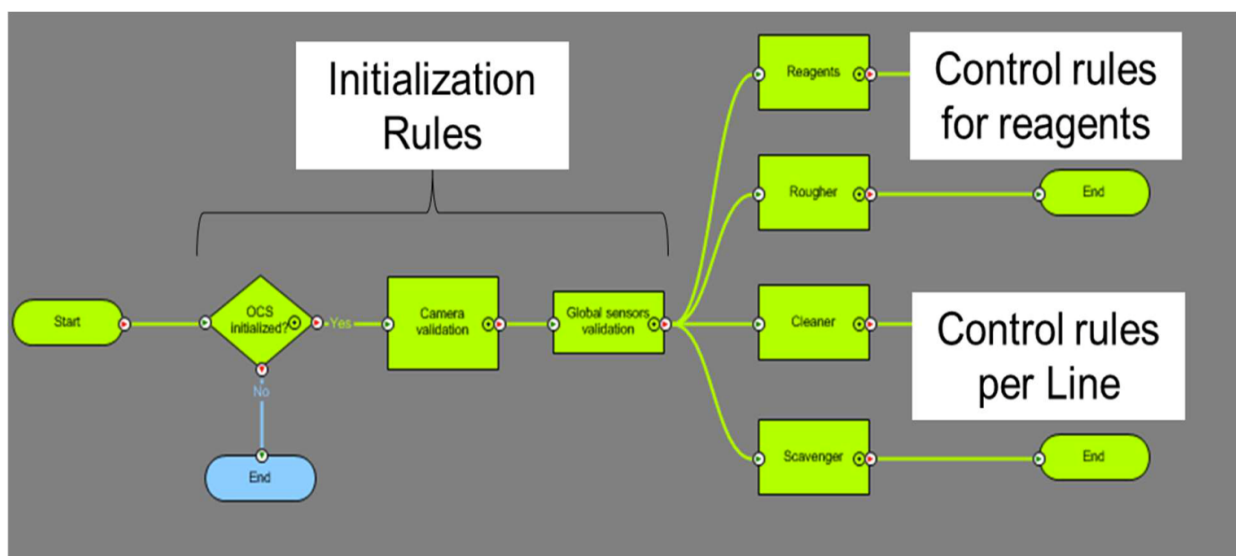


Рисунок 3 - Вид конфигурации контроля флотации

Углубленный контроль флотации состоит из 3 уровней (Рисунок 4):

- оптимизация качества и выхода концентрата для поддержания содержания меди с максимизацией извлечения посредством расчета профиля скорости съема пены (уставки). На этом уровне включается контроль подачи реагентов (ксантогенат и вспениватель).
- контроль скорости съема пены для стабилизации процесса флотации. Этот уровень включает действия по сглаживанию скачков процесса (например, остановка/подача питания на измельчении) и реакцию на значительные изменения текстуры пены.
- существующий контроль уровня и подачи воздуха.

Система стремится стабилизировать процесс флотации путем поддержания скорости съема пены (выходные сигналы анализа VisioFroth™) на предпочтительном заданном значении. Система углубленного контроля достигает этой цели посредством контроля заданного значения подачи воздуха и заданного значения уровня пульпы. Подача воздуха и уровень пульпы будут поддерживаться на заданном значении, определенном OCS-4D©, за счет имеющихся контроллеров, управляющих воздушными задвижками и дартовыми клапанами. Система углубленного контроля флотации также будет учитывать текстуру пены (выходные сигналы анализа VisioFroth™) для определения того, приемлема ли текстура пены для текущего процесса флотации.

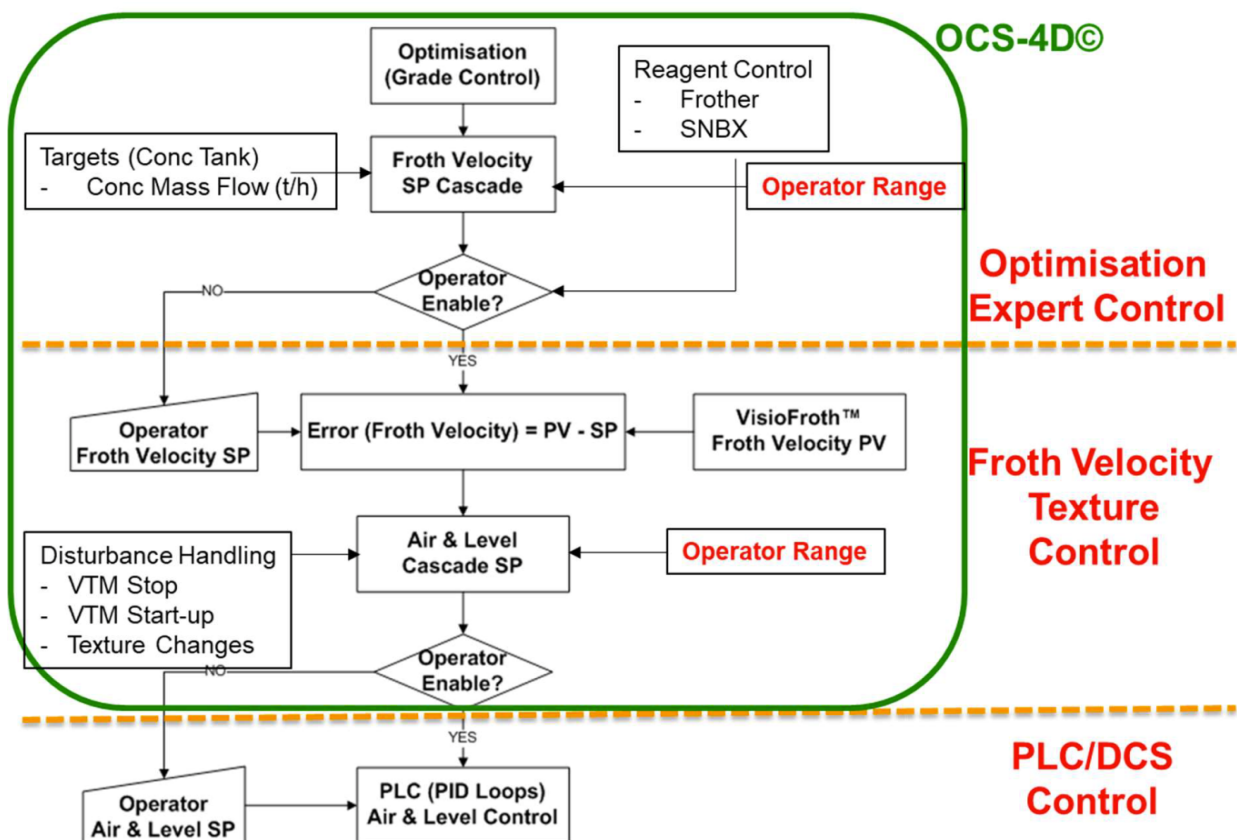


Рисунок 4 - Иерархия углубленного контроля флотации

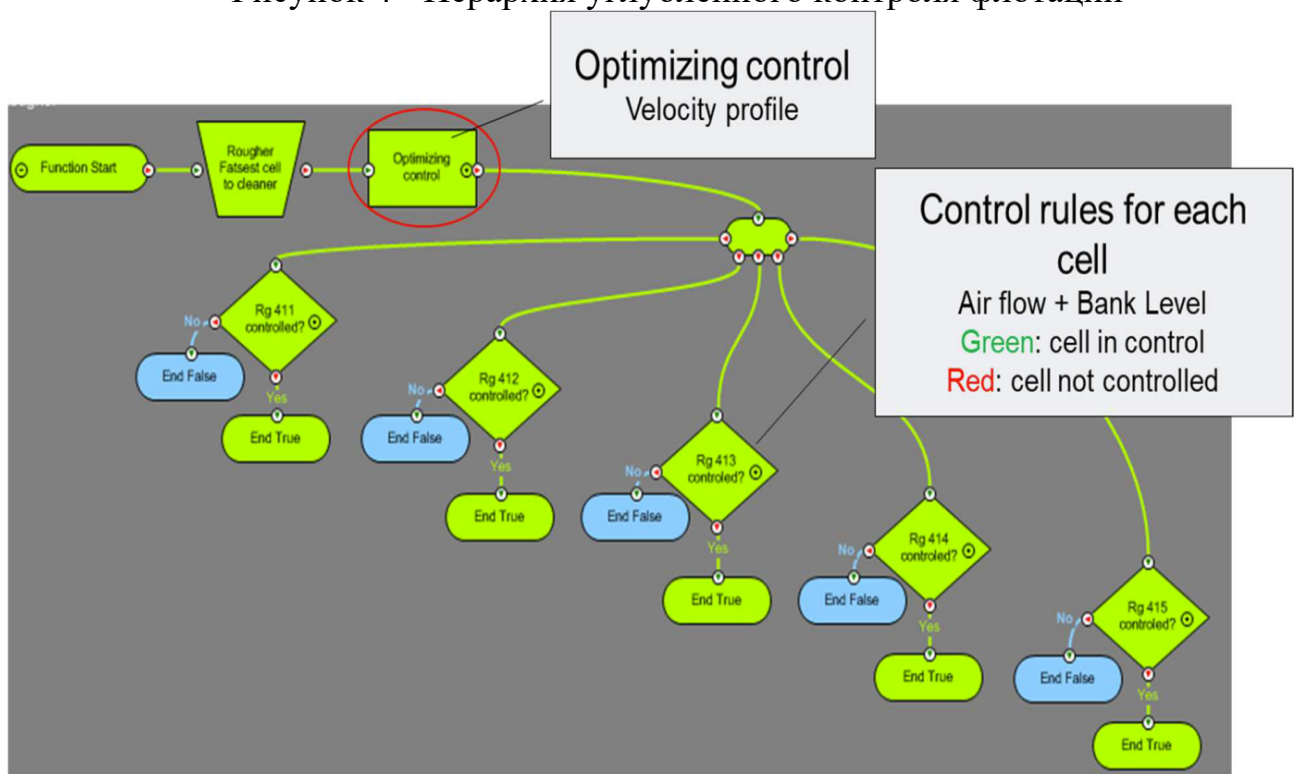


Рисунок 5 - Структура контроля основной флотации по скорости съёма пены и экспертному контролю оптимизации

Рисунок 5 описывает контроль основной флотации на каждой флотокамере по скорости съёма пены и экспертному контролю оптимизации.

Углубленный контроль флотации также максимизирует извлечение по всей флотации путем поддержания содержания меди в концентрате на целевом уровне и минимизации содержания меди в отвальных хвостах.

Содержание меди будет считываться с потоковых анализаторов. Благодаря этим вводным данным углубленный контроль флотации отрегулирует заданные значения скорости съема пены каждой камеры. Зная принципы кинетики флотации, скорости съема пены на первых камерах линии обычно больше, чем скорости съема пены на последних камерах. Это создает так называемый “профиль скорости съема пены”. Форма профиля будет подстраиваться под особенности флотационного процесса АПМ (Рисунок 6).

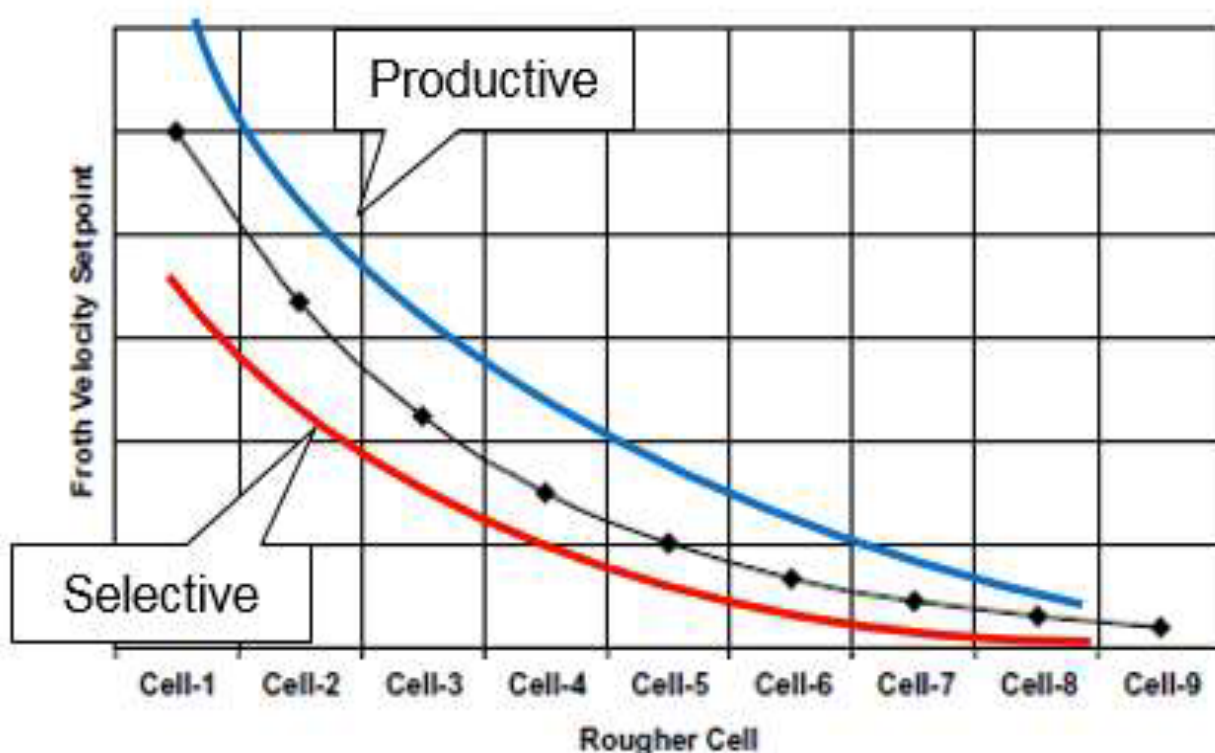


Рисунок 6 - Кривая профиля скорости съема пены по флотокамерам

Чтобы поднять извлечение, профиль будет регулироваться под более быструю флотацию по всей линии (флотация более продуктивная). Для поддержания конечного содержания меди на целевом уровне, может понадобиться более медленная флотация (флотация более селективная). Если анализы качества доступны на промежуточном этапе (концентрат первых камер основной флотации, на питании перерешетки), профиль скорости съема пены может регулироваться иначе в зависимости от расположения камеры.

По аналогичному принципу (более или менее продуктивная флотация в зависимости от показаний извлечения) система манипулирует подачу

реагентов. OCS-4D© изменяет подачу ксантогената (SNBX) и вспенивателя (X133) на основании содержания меди в питании, концентрате и хвостах. Фактический расход реагента контролируется DCS, рассчитывается на переработку (каскадный режим). Другие собиратели (Aero 7249 and OX100) не контролируются OCS-4D©, поскольку отсутствуют онлайн показатели анализаторов (Au для Aero 7249, окисленная медь для OX100). Контроль RedOx осуществляется через DCS посредством PID регуляторов. Ввиду того, что каскадный режим работает эффективно, нет необходимости дублировать контроль через OCS-4D©. Уставки RedOx выдерживаются добавлением Na₂S в соответствующие флотокамеры.

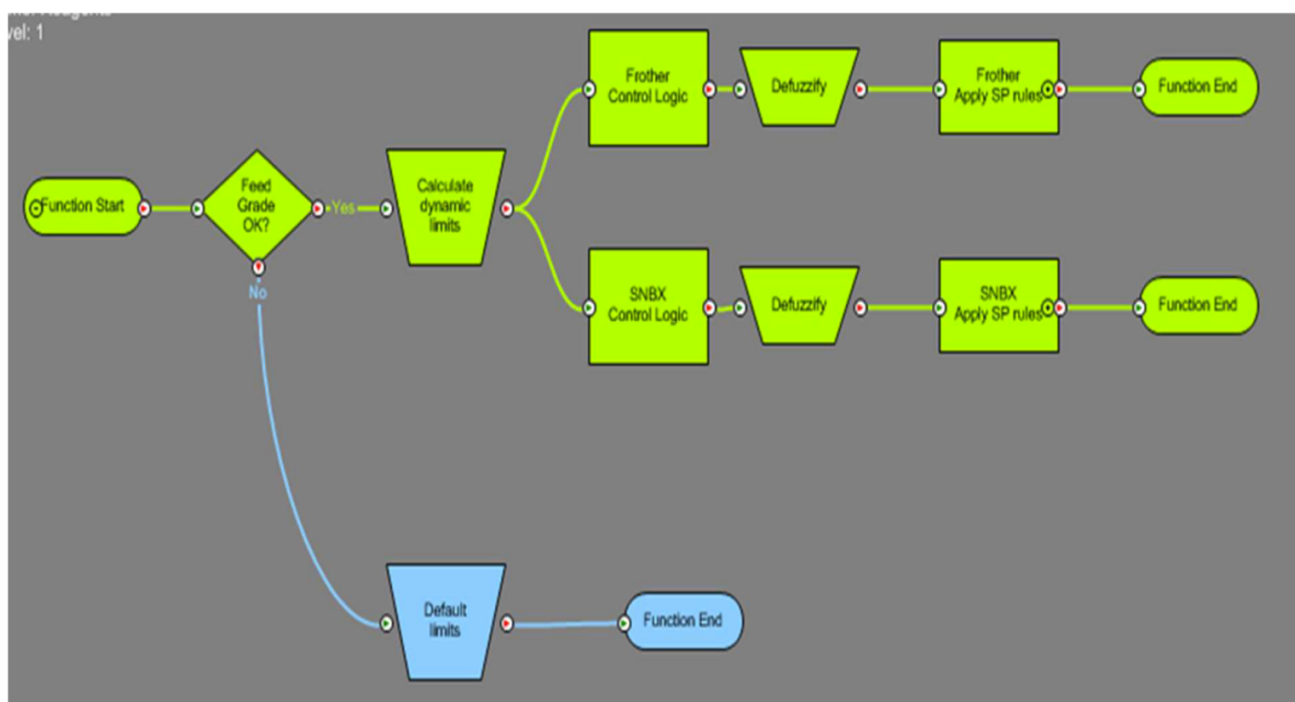


Рисунок 7 - Обзор экспертного управления реагентами

2.2 Система VisioFroth™

Система VisioFroth™ представляет собой систему анализа изображений процесса флотации. Камеры установлены наверху флотокамер, над желобами, чтобы иметь возможность видеть перелив пены.

Основные измерения VisioFroth™:

- **скорость съема пены:** скорость перелива пены в желоб;
- **текстура:** общая индикация текстуры пены, мелкая (близко к 0) или крупная (близко к 1);
- **яркость:** индикация яркости изображения;
- **цветовые параметры в различных цветовых пространствах:** цветовая характеристика всего изображения (не каждого отдельного пузырька).

Сильно зависит от внешнего освещения, настроек камеры, чувствительности сенсора камеры, текстуры пены, реагента, типа руды и в конце концов от содержания. Взаимосвязь между цветом и содержанием почти невозможно определить наверняка.

- **распределение пузырьков по размеру:** полноразмерное распределение пузырьков. Применяется так же, как и параметр текстуры, но надежность этого замера гораздо больше зависит от внешних условий. Поэтому параметр Текстуры (более надежный) предпочтителен для контроля.

Выходные данные, используемые для контроля, это скорость съема пены, текстура и яркость. Скорость съема пены связана с выходом на флотации. Это прямой замер продуктивности флотационной линии. В дополнение к измерению содержания, она позволяет контролировать показатели флотации в плане большей или меньшей продуктивности/селективности.

Параметр текстуры представляет собой замер по пенному аспекту. В зависимости от стадии во флотационной линии, мы ожидаем увидеть более или менее крупную пену. Это индикатор того, закрепляются ли частицы на пузырьках. Крупнее - значит закрепление частиц происходит и наоборот. Очень важно выдерживать текстуру на основной флотации, чтобы обеспечивать флотацию ценной пены, а не пульпы.

Яркость используется для проверки качества изображения, и, затем, качества замеров. Она также используется для подачи сигнала о “загрязнении камеры”.

2.3 Контроль скорости съема пены

2.3.1. Проверка состояния сенсора и процесса

Контроль скорости съема пены (стабилизация скорости перелива пены) независим по каждой камере. Он напрямую использует замеры VisioFroth™ (скорость съема пены и параметр текстуры)

До исполнения контроля, система проверяет качество замеров VisioFroth™ по каждой камере. В частности, система проверяет следующее:

- подключена ли камера;
- не перегружена ли сеть;
- корректно ли качество изображения (яркость, измеренная VisioFroth™, должна быть в хорошем диапазоне).

Если эти условия не соблюдаются, система показывает, что камера отключена или загрязнена (Рисунок 8).

Для готовности к контролю система также проверяет некоторые технологические параметры. Она проверяет:

- работает ли флотокамера (мешалка работает, подача воздуха функционирует и уровень пульпы достаточно высок);

- находится ли значение скорости съема пены в хорошем диапазоне.

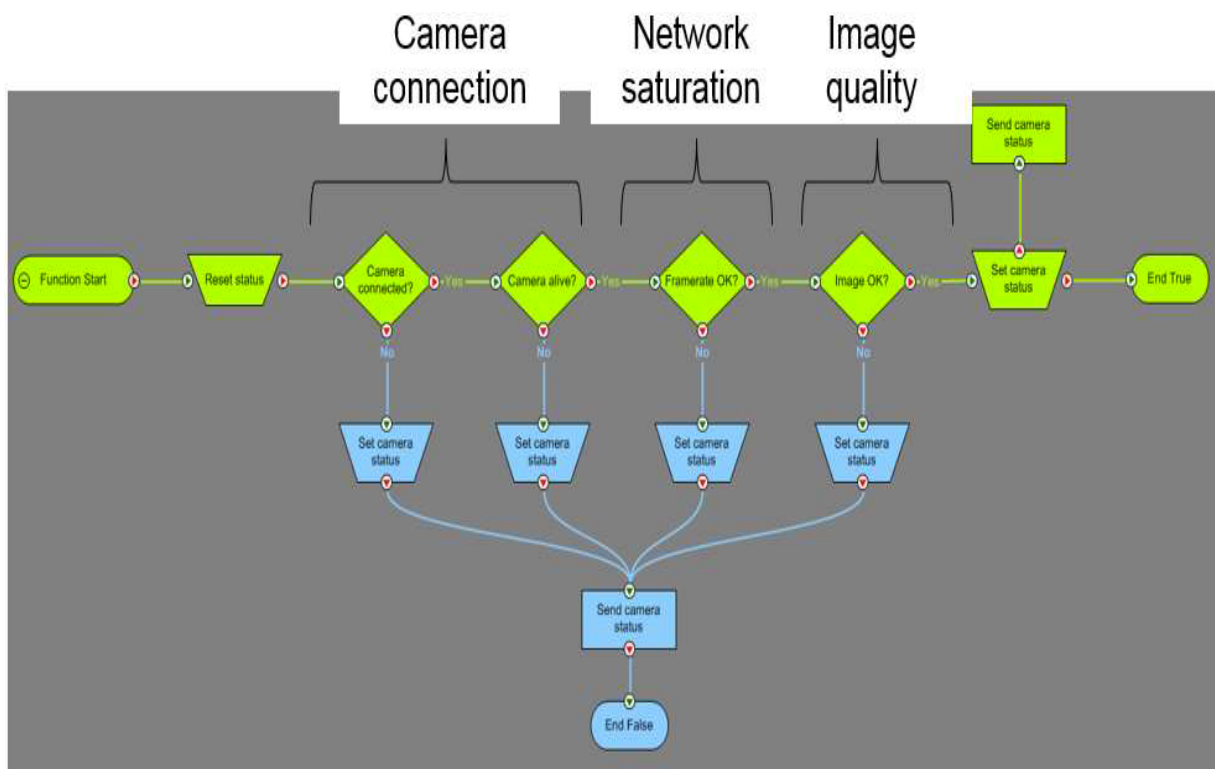


Рисунок 8 - Подтверждение статуса камер

Если оба условия соблюдены, значит система готова к обеспечению контроля скорости съема пены на флотокамере (Рисунок 9).

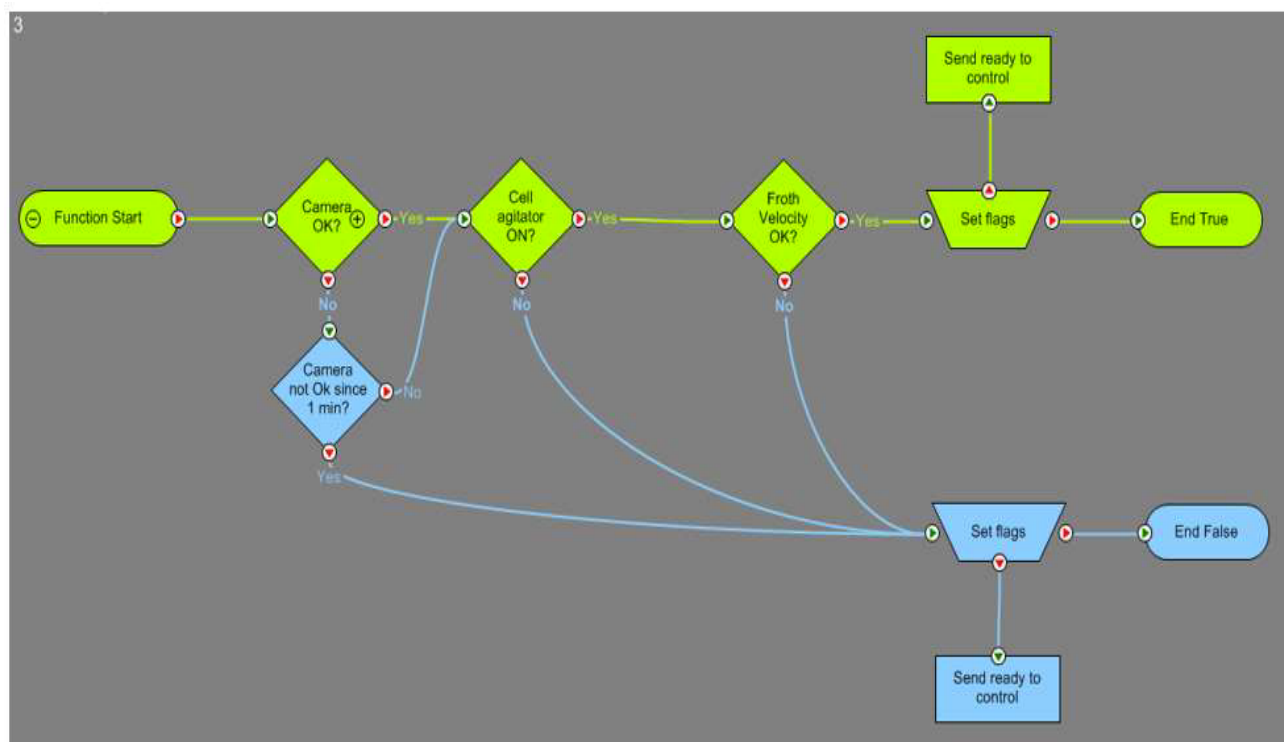


Рисунок 9 - Подтверждение готовности контроля OCS

2.3.2. Расчет возможных изменений заданного значения

Система контроля рассчитывает на каждом цикле (каждые 10 секунд) возможное изменение заданного значения на основании текущего состояния процесса. Далее, в логике контроля, система определяет уместно ли отправлять новое заданное значение в DCS в тот момент, или лучше подождать.

Логика контроля сравнивает Скорость Съема Пены, измеряемую VisioFroth™, усредненную за 2 минуты, и заданное значение (SP) Скорости Съема Пены, введенное вручную оператором, или автоматически введенное системой углубленного контроля, если оптимизирующий контроль включен. Если значение скорости съема пены выше заданного значения, перелив слишком быстр. Если ниже, слишком медленен.

Примечание: значение скорости съема пены, которое видно на сетке (мозаике) камер, это грубое значение. Скорость съема пены, отображаемая в окне supervision, это усредненное значение за 2 минуты. Последнее представляет собой замер, фактически используемый для контроля.

Логика контроля также учитывает быстроту изменения скорости съема пены. Темп изменения рассчитывается по 10-минутному интервалу для сглаживания

кратковременных колебаний. Если темп изменения положительный, скорость съема пены растет (становится быстрее и быстрее). Наоборот, если темп изменения отрицательный, скорость съема пены уменьшается (становится медленнее и медленнее).

Из этих двух замеров, логика контроля рассчитывает возможные изменения для заданного значения подачи воздуха и заданного значения уровня пульпы (Рисунок 10).

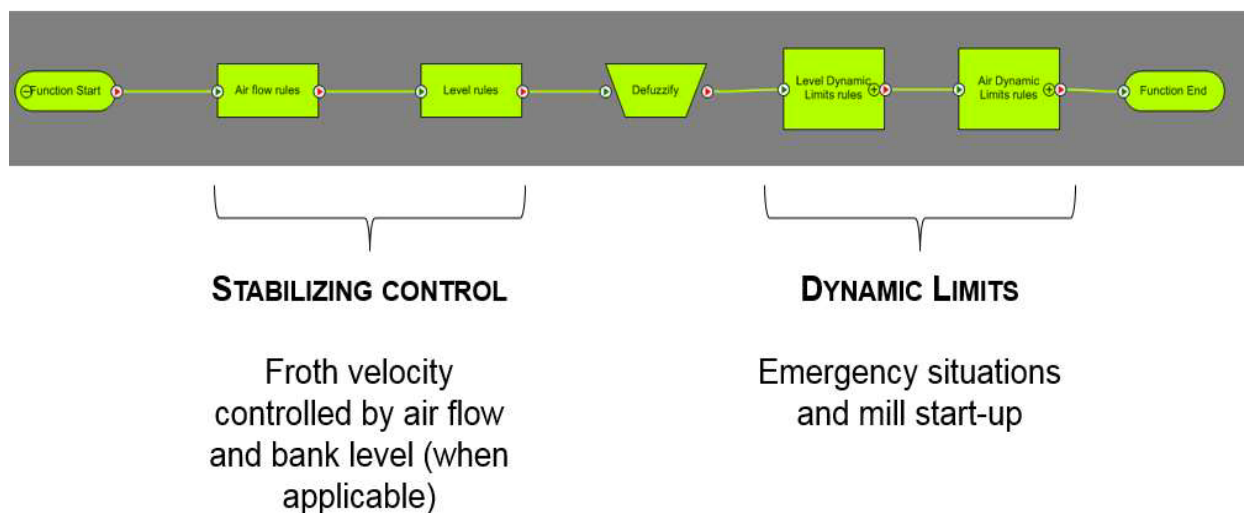


Рисунок 10 - Контроль скорости съёма пены для изменения уставок по воздуху и уровню

2.3.3 Расчет шага для подачи воздуха

Возможные изменения заданного значения подачи воздуха (SP) рассчитываются исходя из истинностной таблицы ниже (Таблица 2):

Таблица 2 - Таблица истинности для воздуха

Froth Velocity	Decreasing	Stable	Increasing
Fast	Nil	Negative	Negative
ON SP	Positive	Nil	Negative
Slow	Positive	Positive	Nil

Скорость Съема Пены	Уменьшается	Стабильная	Повышается
Быстрая	Ноль	Отрицательное	Отрицательное
На заданном значении	Положительное	Ноль	Отрицательное
Медленная	Положительное	Положительное	Ноль

Например, если скорость съема пены Быстрая и Повышается, система контроля хочет применить отрицательный шаг к заданному значению подачи воздуха. Новое заданное значение подачи воздуха, если будет применено, будет ниже текущего. Размер возможного изменения зависит от того насколько быстрая/медленная скорость съема пены, и насколько повышается/уменьшается темп изменений скорости съема пены. OCS-4D© рассчитывает возможные изменения за счет алгоритма под названием “Fuzzy Logic Engine” (логика нечёткого множества).

Преимущество логики нечёткого множества заключается в ее способности

согласовывать противоречащие решения, на основании важности каждого из них. Детальное описание механизма логики нечёткого множества не является целью этого документа. Также нет необходимости знать детали механизма логики нечёткого множества для понимания и устранения проблем в логике контроля. В любом случае, углубленное обучение по этой теме может быть предоставлено Metso при необходимости.

2.3.4 Расчет шага для уровня пульпы

Когда заданное значение уровня выставляется для одной флотокамеры, то логика будет рассматривать ту скорость съема пены, что измеряется камерой VisioFroth™ на этой флотокамере.

В некоторых случаях, уровень пульпы один для нескольких флотокамер в одной линии. В этой ситуации система контроля сравнивает заданное значение скорости съема пены и скорость съема пены, усредненную за 5 минут, только по самой быстрой флотокамере. Этим же образом темп изменений скорости съема пены учитывается лишь по самой быстрой флотокамере. Таким образом, система контроля обеспечивает поддержание хорошего качества концентрата на линии.

Возможные изменения заданного значения уровня пульпы рассчитываются исходя из истинностной таблицы ниже (Таблица 3):

В дополнение к скорости съема пены, логика контроля также смотрит на текстуру пены на флотокамерах 1 и 2 основной флотации, чтобы оценить закрепление частиц на пузырьках.

Таблица 3 - Таблица истинности для уровня

Froth Velocity	Decreasing	Stable	Increasing
Very Fast	Nil	Negative with emergency step	
Fast	Nil	Negative	
ON SP	Positive	Nil	Negative
Slow	Positive		Nil
Very Slow	Positive with emergency step		Nil

Скорость Съема Пены	Уменьшается	Стабильная	Повышается
Очень быстрая	Ноль	Отрицательное с экстренным шагом	
Быстрая	Ноль	Отрицательное	
На заданном значении	Положительное	Ноль	Отрицательное
Медленная	Положительное		Ноль
Очень медленная	Положительное с экстренным шагом		

Логика следующая:

In addition of the froth velocity, the control logic also looks at the froth texture for Rougher 1 and 2 to estimate minerals attachment on bubbles. The logic is the following:

Если текстура слишком мелкая (значение низкое), система увеличит уровень для поддержания пенного слоя и обеспечения закрепления минералов. Цель флотации обеспечить пену с минералами, а не с водой и пульпой.

Логика контроля основной флотации также принимает в расчет съём пены на первой камере перечистки. Если первая камера перечистки имеет очень быстрый съём, уровень самой быстрой камеры в основной флотации будет уменьшен (положительное значение с экстренным шагом). Другие камеры, работающие на перечистки, не претерпят никаких изменений параметров контроля. Также не будет изменений для камер основной флотации, концентрат которых направлен в медный сгуститель напрямую. Ручной ввод информации о том концентрат каких камер основной флотации идет напрямую в медный сгуститель доступен странице OCS основной флотации в SCADA.

Это правило применяется параллельно правилам скорости съема пены. Если эти правила противоречат другим правилам, логика нечёткого множества сбалансирует окончательное решение.

Примечание: из-за конфигурации датчика уровня, уровень пульпы максимален при значении 0, и низок, когда значение высокое (до 300мм). Истинностная таблица выше написана согласно фактическому поведению процесса. Логика, используемая в OCS-4D©, написана наоборот, чтобы соответствовать конфигурации PID и достигать нужного поведения.

2.3.5 Расчет динамических рабочих пределов

Заданные значения подачи воздуха и уровня пульпы поддерживаются в рабочем диапазоне, ограниченном минимальным и максимальным значениями, определяемыми оператором из меню supervision. В этом рабочем диапазоне контрольная логика также регулирует динамические пределы максимума и минимума, чтобы заставить заданные значения меняться быстро в чрезвычайной ситуации.

2.3.6 Расчет динамических пределов подачи воздуха

Динамические пределы регулируются если скорость съема пены намного выше или ниже заданного значения, или если она слишком быстро меняется. Контрольная логика следующая (Рисунок 11).

- Если скорость съема пены намного выше заданного значения или слишком быстро растет, максимальный предел подачи воздуха понижается на определенную величину, таким образом, что расход воздуха минимизируется и скорость съема пены снижается.
- Если скорость съема пены намного ниже заданного значения или слишком быстро уменьшается, минимальный предел подачи воздуха увеличивается на определенную величину таким образом, что расход воздуха максимизируется и скорость съема пены повышается.

- Когда ситуация возвращается в нормальное состояние, динамические пределы возвращаются к нормальным рабочим пределам, определенным оператором.

В любом случае, динамические пределы (пределы минимума и максимума) поддерживаются в рабочем диапазоне, определяемом оператором. Динамические пределы подачи воздуха можно менять только спустя определенное время (5 минут). Если скорость съема пены начинает слишком сильно колебаться, это время автоматически увеличивается (10 минут).

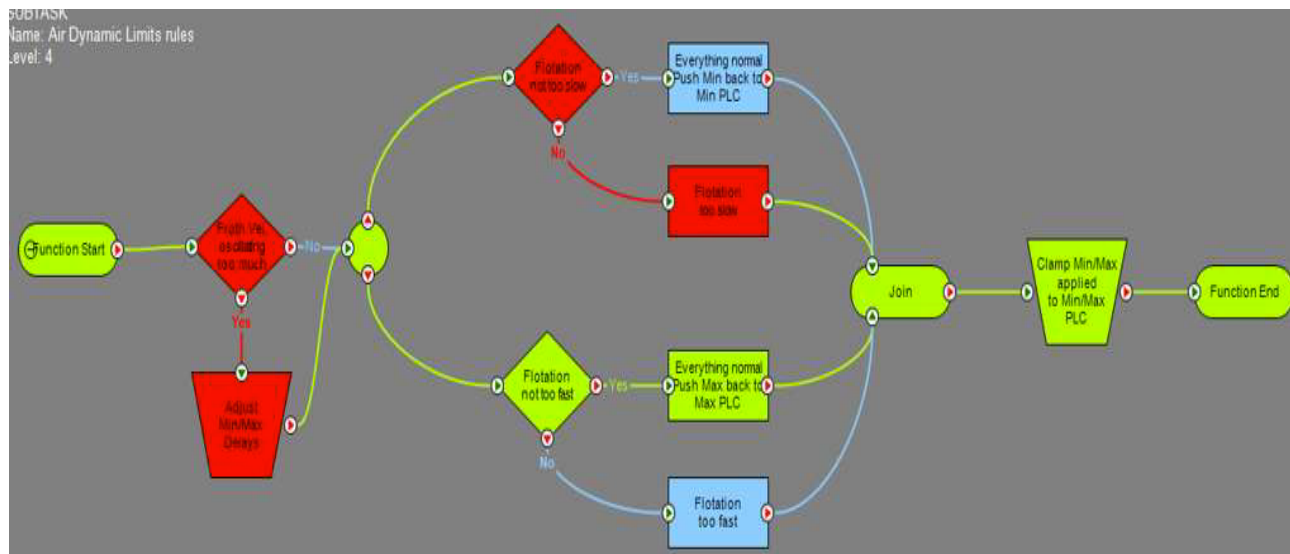


Рисунок 11 - Динамические пределы воздуха

2.3.7 Расчет динамических пределов уровня пульпы

Как и в случае динамических пределов подачи воздуха, динамические пределы уровня пульпы регулируются если скорость съема пены намного выше или ниже заданного значения, или если она меняется слишком быстро. Когда заданное

значение уровня выставляется для одной флотокамеры, логика будет рассматривать ту скорость съема пены, что измеряется камерой VisioFroth™ этой флотокамеры. Если заданное значение уровня одно для целой линии флотокамер, контрольная логика учитывает ту, где самая большая скорость съема пены в линии (Рисунок 12).

Контрольная логика следующая (примечание: из-за конфигурации датчика уровня, максимальный предел используется для минимального уровня, а минимальный предел используется для максимального уровня):

- Если скорость съема пены намного выше заданного значения или слишком быстро растет, минимальный предел уровня пульпы

увеличивается на определенную величину, таким образом увеличивая уровень до максимального, что уменьшит скорость съёма пены.

- Если скорость съема пены намного ниже заданного значения или вообще нет перелива, или скорость съёма уменьшается очень быстро, максимальный предел уровня пульпы уменьшается на определенную величину, таким образом уменьшая уровень до минимального, что увеличит скорость съёма пены.
- Когда ситуация возвращается в нормальное состояние, динамические пределы возвращаются к нормальным рабочим пределам, определенным оператором.

В любом случае, динамические пределы (пределы минимума и максимума) поддерживаются в рабочем диапазоне, определяемом оператором. Динамические пределы уровня пульпы можно менять только спустя определенное время (8 минут). Если скорость съема пены начинает слишком сильно колебаться, это время автоматически увеличивается (15 минут).

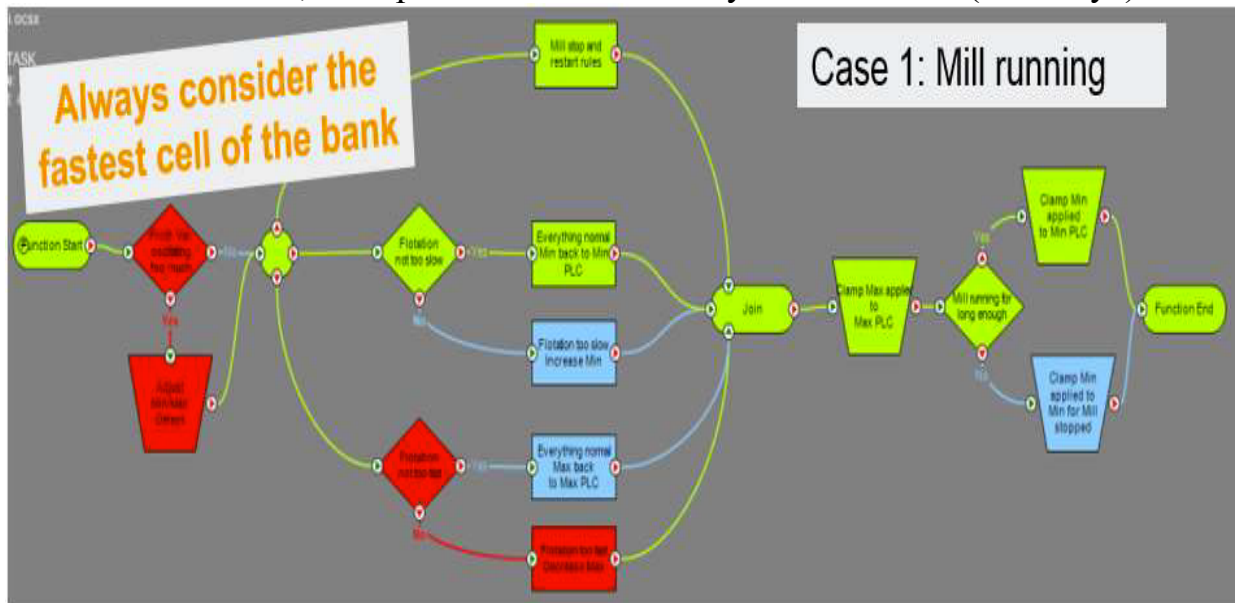


Рисунок 12 - Динамические пределы уровня при работающих ВТМ

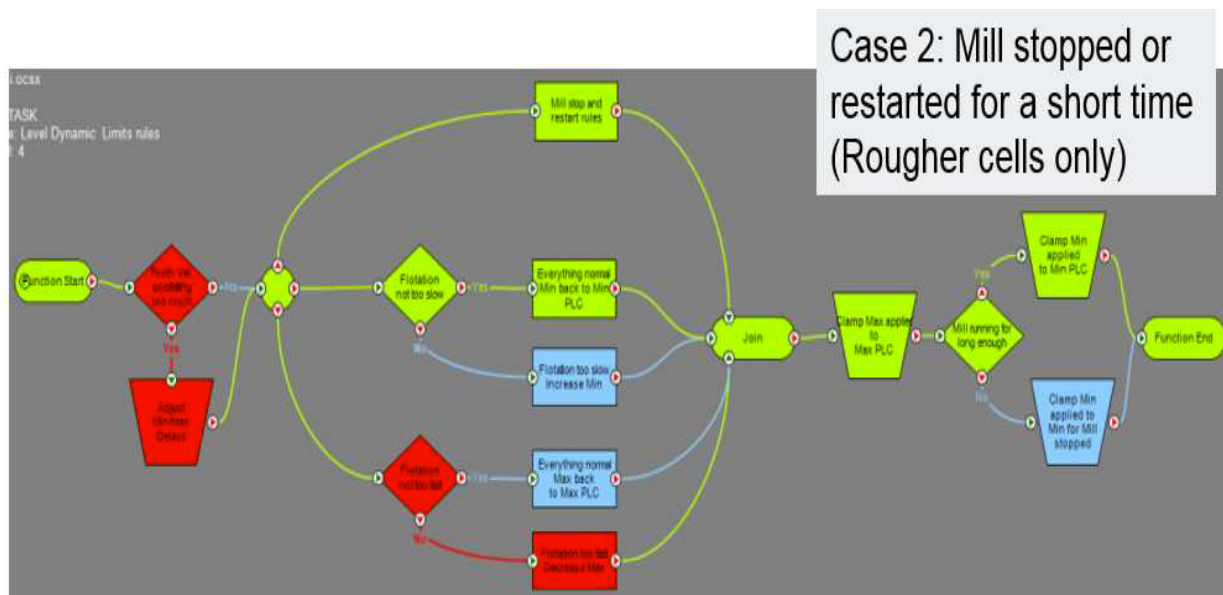


Рисунок 13 – Динамические пределы уровня при остановках ВТМ

Система углубленного контроля стремится контролировать остановку линии флотации после остановки VertiMill®, а также перезапуск линии флотации после перезапуска Vertimill®. Контрольная логика использует динамические пределы уровня пульпы для управления этой ситуацией (Рисунок 13).

- Если VertiMill® остановились, тогда применяется максимальный уровень (300 мм) посредством его постепенного уменьшения каждую минуту.
- Если VertiMill® запустились, между минимальным и максимальным уровнями, заданными оператором, текущий уровень будет уменьшаться с интервалом 8 минут.

2.3.8 Применение нового заданного значения

Хотя контрольная логика рассчитывает возможные изменения каждый цикл, новые заданные значения могут быть применены (отправлены в DCS) или нет. Чтобы иметь возможность задать новое значение, для каждого из них (подача воздуха, уровень пульпы) должны соблюдаться следующие общие условия (Рисунок 14):

- Контроль OCS© должен быть включен для соответствующей контролируемой переменной.
- Должно пройти достаточно времени со времени последнего изменения заданного значения в том же направлении (увеличение или уменьшение).
- Текущее значение должно быть достаточно близко к контролируемому заданному значению.

К тому же, заданное значение уровня пульпы может регулироваться только если уровень воздуха на той флотокамере ограничен.

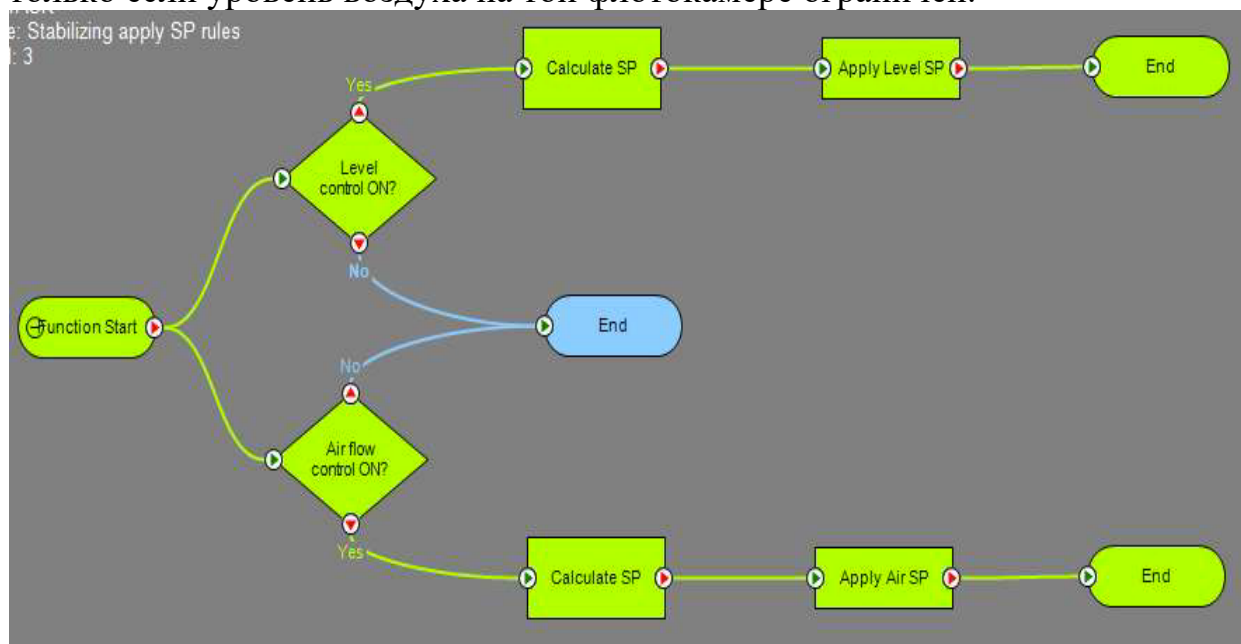


Рисунок 14 - Правила применения уставок

2.3.9 Активация контроля OCS®

Активация контроля задействуется вручную оператором из меню supervision. Активация задействована, когда глобальная активация и отдельные активации подсвечены зеленым. Существует одна отдельная активация для каждой контролируемой переменной (заданные значения подачи воздуха и уровня пульпы), и одна глобальная активация для линии (основная флотация и перечистка/контрольная перечистка) по уровню и подаче воздуха. Отдельная активация может быть включена только когда камера имеет рабочий статус и OCS® готова к контролю. Если одно из этих условий не выполняется, отдельная активация автоматически отключается. Оператор должен перезапускать ее вручную.

Когда автоматический контроль отключен, контролируемая переменная остается неизменной с последнего значения.

Когда контроль включается, он начинается с текущего заданного значения, за исключением случаев, когда заданное значение находится вне рабочего диапазона, определенного минимальным и максимальным значениями, выбранными операторами. Операторы должны сверять, что текущее заданное значение такое же, как и заданное значение, примененное системой OCS® (WSP). Если значения разные, оператор должен изменить текущее заданное значение или отрегулировать рабочий диапазон во избежание скачков заданного значения.

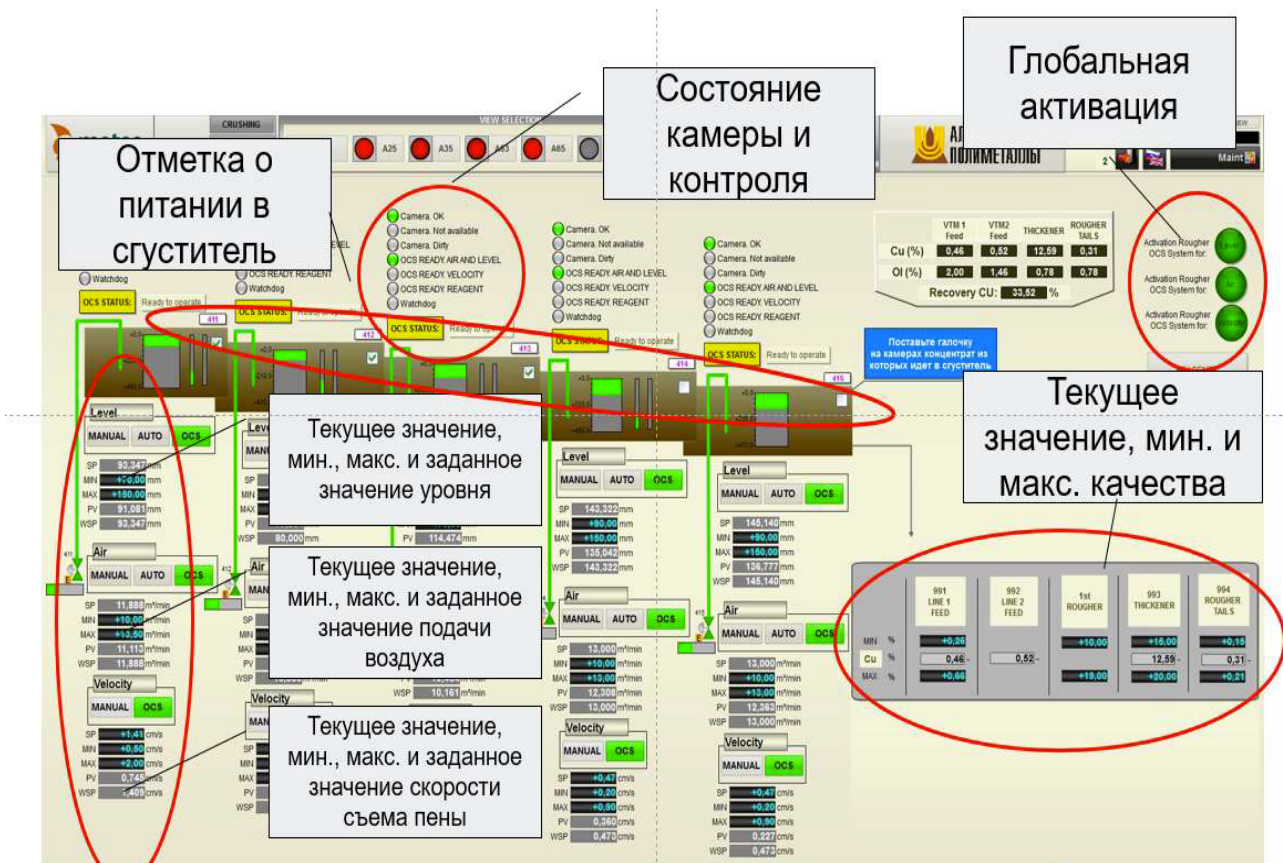


Рисунок 15 - Станция уставок для основной флотации

2.3.10 Время с последнего изменения

OCS-4D© ждет несколько минут между двумя действиями, чтобы дать достаточно времени увидеть отклик процесса после изменения заданного значения.

Время между двумя изменениями зависит от величины изменения. Чем больше изменение, тем больше время ожидания. Для подачи воздуха время ожидания варьируется между 1 (2 минуты для медной головки) и 6 минутами (8 минут для линии основной флотации). Для уровня пульпы время ожидания варьируется между 3 и 8 минутами (10 минут если воздух не ограничен – см. ниже доп. информацию).

Время ожидания сбрасывается если логика хочет изменить заданное значение в противоположном направлении по сравнению с последним изменением.

Например, система контроля только что повысила подачу воздуха. Ситуация изменилась и новое расчетное изменение – понизить заданное значение (противоположное решение по сравнению с предыдущим). В этом случае система контроля сбросит таймер и предпримет новое действие незамедлительно во избежание потери времени на выполнение действия в неверном направлении. *Примечание: изменения динамических пределов используют другие таймеры. Заданное значение подачи воздуха или уровня*

пульпы может меняться в связи с действием динамических пределов или из-за обычной контрольной логики стабилизации.

3. Оптимизация управления

Принципы: Выход концентрата и содержание меди в концентрате поддерживается на уровне выше минимального посредством контроля профиля скорости съема пены. Содержание меди в хвостах и питании флотационной линии также используются. Поддержание качества концентрата непосредственно на целевом уровне (без «сверхкачества») в конце концов максимизирует извлечение.

Чтобы внедрить эту часть контроля, системе нужно считывать содержания с потокового анализатора Blue Cube. Данные Blue Cube критичны для этой части контроля. Анализаторы должны поддерживаться в должном состоянии для эффективной работы экспертной системы контроля.

В целом, оптимизирующий экспертный контроль в расчете профилей скорости для основной флотации, перечистки и контрольной флотации учитывает:

1. Уставку по выходу концентрата (минимальная уставка)
2. Содержание меди в концентрате (низкое – высокое) – данные от Blue Cube.
3. Содержание меди в отвальных хвостах (максимальный предел) – данные от Blue Cube.
4. Содержание меди в питании (низкое – высокое) – данные от Blue Cube.

Лабораторные данные не используются в контроле, тем не менее, хорошо иметь обновленные данные для проверки анализаторов Blue Cube.

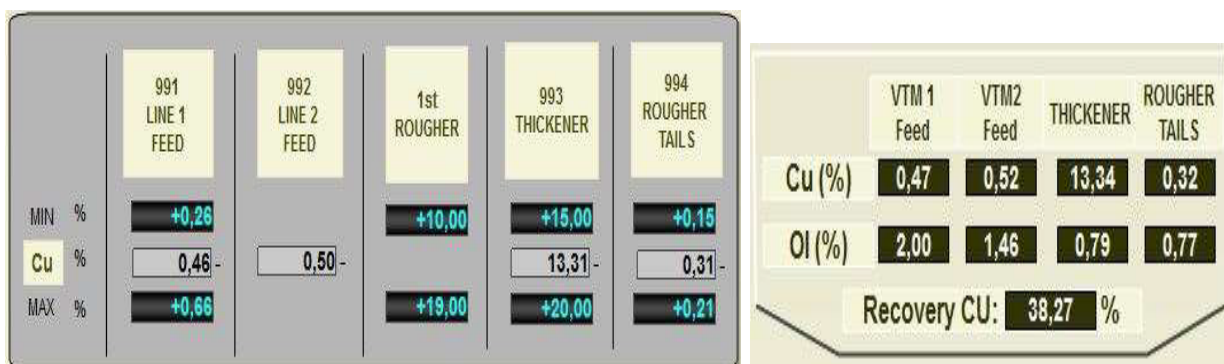


Рисунок 16 - Данные Blue Cube в зоне флотации

3.1 Профиль скорости съёма пены

Профиль скорости на основной флотации в основном учитывает содержание меди, скорость изменения содержания в конечном концентрате и в отвальных хвостах, получаемые с анализаторов Blue Cube. Если одно из этих измерений не надежно, корректировка скорости съёма пены не работает (для основной флотации необходимы оба показания, для перечистки – только конечный концентрат, для контрольной флотации – отвальные хвосты).

Выход концентрата в питание сгустителя является основным ограничением для профиля скорости съёма пены. Тем не менее, логика контроля активна при проведении измерений. Скорость изменения содержания в исходном питании также рассматривается, но не является критичной для профиля скорости съёма пены. Возможные изменения профиля скорости съёма пены рассчитаны на основании таблицы истинности (Таблица 4):

Таблица 4 – Изменения профиля скорости съёма пены

Final Conc Grade	Conc Mass Flow to Thickener	Final Tail Grade	Final Tail Grade (ROC)	Final Conc Grade (ROC)	Feed Grade (ROC)	Froth Velocity Profile Steps
Not Low						Positive
Low	Not Low					Negative
		Above				Positive
			Increasing			Positive
					Increasing	Positive
	Not Low				Decreasing	Negative
	Not Low			Decreasing		Negative
	Low					Positive

Контроль профиля скорости съёма пены на перечистке учитывает содержание меди, скорость изменения содержания в конечном концентрате, получаемые с анализаторов Blue Cube. Задача здесь – баланс выходов с основной флотации и с контрольной. Возможные изменения профиля скорости съёма пены рассчитаны на основании таблицы истинности (Таблица 5):

Таблица 5 - Таблица истинности профиля скорости съёма пены на перечистке.

Final Tail Grade	Final Tail Grade	1 st Cleaner Froth velocity	Froth Velocity Profile Steps
Above		Not very Fast	Positive
Below			Negative
ON		Not very Fast	Nil
	Increasing	Not very Fast	Positive
	Not Increasing	Not very Fast	Nil
		Very Fast	Negative

Контроль профиля скорости съёма пены на контрольной перечистке учитывает содержание меди в отвальных хвостах, получаемые с анализаторов Blue Cube. Задача здесь – контроль содержания меди в отвальных хвостах. Для ограничения циркуляции профиль скорости съёма пены на контрольной перечистке учитывает скорость на первой камере перечистки. Если первая камеры перечистки снимает слишком быстро, профиль скорости на контрольной перечистке снижается. Возможные изменения профиля скорости съёма пены рассчитаны на основании таблицы истинности (Таблица 6):

Таблица 6 - Таблица истинности профиля скорости съёма пены на контрольной перечистке

Final Tail Grade	Final Tail Grade	1 st Cleaner Froth velocity	Froth Velocity Profile Steps
Above		Not very Fast	Positive
Below			Negative
ON		Not very Fast	Nil
	Increasing	Not very Fast	Positive
	Not Increasing	Not very Fast	Nil
		Very Fast	Negative

3.2. Реагенты

При флотации окисленной руды контроль RedOx потенциала является ключевым для достижения извлечения. Контроль подачи реагента Na₂S в цикл флотации обеспечивается 6 насосами: 5 на основную флотацию, 1 на перечистку. Контроль подачи реагента осуществляется по принципу обычного PID регулятора, но рассматривается как составная часть углубленного контроля процесса. Контроль подачи Na₂S должен всегда быть в каскадном режиме. Вспениватель и собиратели также важны для показателей флотации. Каждый собиратель по-разному взаимодействует с каждым минералом. На данный момент Blue Cube выдает данные только по общей меди, без разделения на сульфидную и оксидную. Также нет данных по золоту. Ввиду недостатка онлайн данных, подача OX-100 и Aero7249 не контролируется OCS-4D©. Вспениватель (X133) и собиратель SNBX в основном контролируются по содержанию меди в исходной руде (среднее показателей двух линий, за исключением моментов, когда один из показателей оказывается не надежным и исключается из расчета среднего). Если показатели с обеих линий оказываются не надежными (по данным индикатора OI), то контроль реагентов не осуществляется до момента, пока ситуация с показателями не стабилизируется.

Логика контроля идентична для всех реагентов (X133 - SNBX). Динамические максимум и минимум дают выход по реагенту (г/т) на основании содержания меди в питании, получаемым с анализаторов Blue Cube. Ниже нижнего предела содержания меди в питании (устанавливается оператором), расход реагента будет на минимально допустимом значении, установленным оператором. Выше верхнего предела содержания меди в питании (устанавливается оператором), расход реагента будет на максимально допустимом значении, установленным оператором.

В области между предельными значениями – «область нечетких множеств», основанная на условиях, описанных в таблице ниже. Условия учитывают содержание и изменение содержания в питании, исходном концентрате и отвальных хвостах.

В апреле 2019 года, условиях (качество исходной руды) рекомендуется установить следующие минимальный и максимальный пределы содержания меди в питании 0.26% и 0.66%. Пределы максимум и минимум для концентрата и хвостов устанавливаются технологом в соответствии с плановыми показателями и с учетом содержания меди в исходном питании. В текущих, на апрель 2019 года, условиях установлены следующие пределы для готового концентрата: 15% и 20%, и для отвальных хвостов: 0.15% и 0.21%.

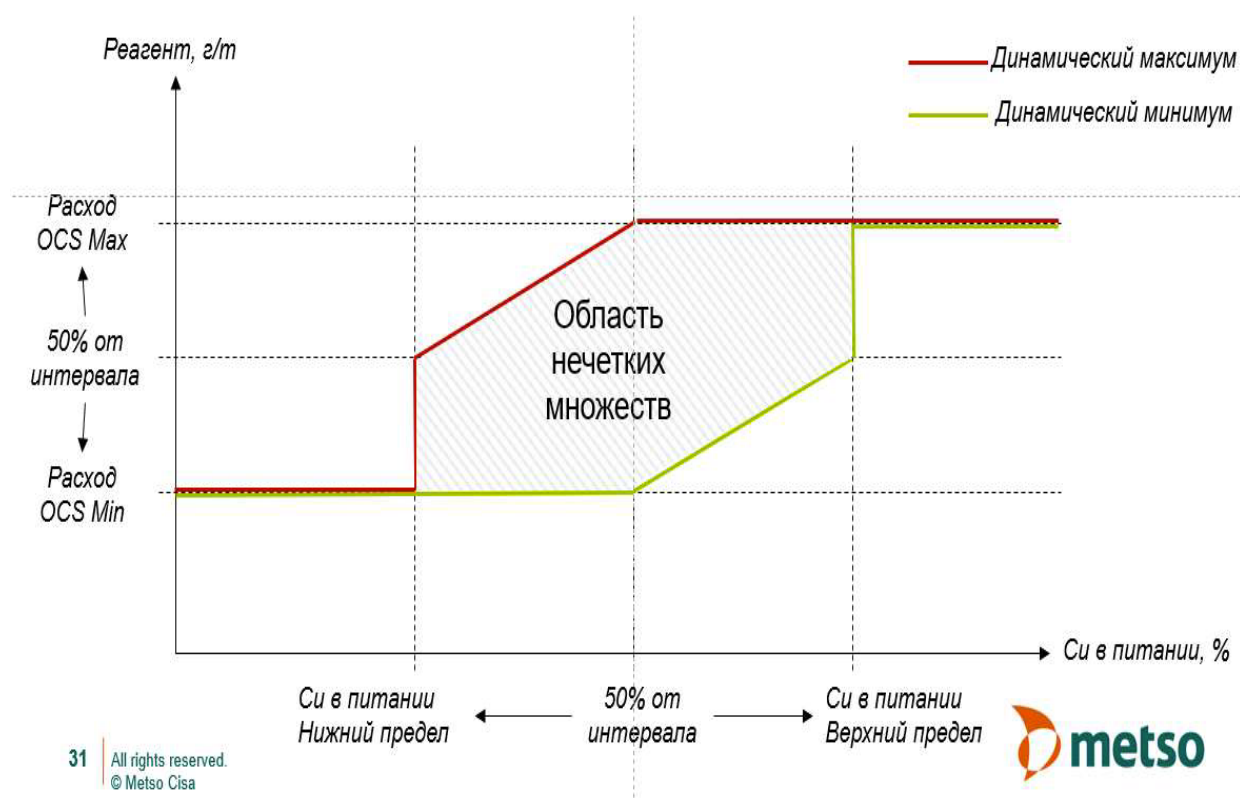


Рисунок 17 - Динамические пределы контроля подачи реагентов

Минимальный и максимальный пределы должны оставаться стабильными. Любые изменения могут быть сделаны только по мере технологической необходимости.

Таблица 7 - Таблица истинности для реагентов.

Feed Grade ROC	Final Tail Grade	Final Tail Grade ROC	Final concentrate Grade	Final concentrate Grade ROC	Reagent Steps
Increasing					Positive
Stable					Nil
Decreasing					Negative
	Above	Not decreasing			Positive
	Below	Not increasing			Negative
			High	Not decreasing	Negative
			Low	Not increasing	Positive

По мере технологической необходимости минимальный и максимальный пределы изменяются и устанавливаются технологом. При изменении уставок по исходному питанию соответственно изменяются пределы и для реагентов (в сторону повышения или понижения).

Таблица 8 - Установленные пределы дозировки реагентов (г/т) в текущих условиях

		Cond. tank	Rg412	Rg413	Rg414	Rg415	Cl432
SNBX	Min	40		20	20	20	25
	Max	50		40	40	50	50
X133	Min	4	3				
	Max	5	4				

По мере технологической необходимости минимальный и максимальный пределы подачи воздуха и уровня изменяются и устанавливаются технологом.

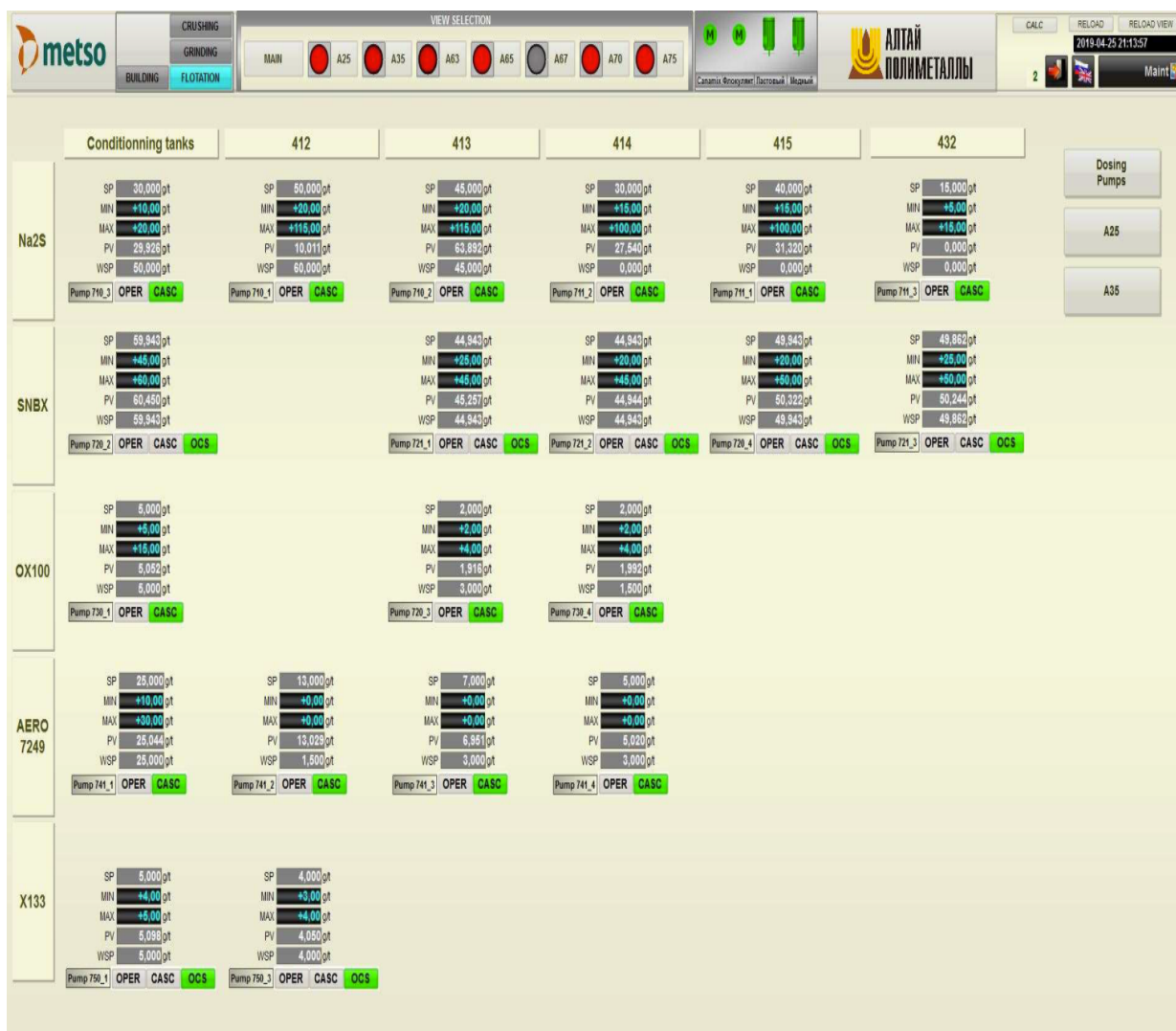


Рисунок 18 - Страница контроля реагентов на флотации

4. Экспериментальная часть

4.1. Вещественный состав

Вещественный состав исходной руды месторождения «Теректи» был изучен на средней пробе при разработке технологии извлечения меди и золота.

Таблица 9 - Результаты химического анализа руд.

Элементы и соединения	Содержания в пробе, %	
	Окисленная руда	Сульфидная руда
Медь	0,59	0.52
Свинец	0,005	0.027
Цинк	0,010	0.0166
Железо	1,89	2.8
Сера общая	0,39	0.76
Золото, г/т	0,64	0,7
Серебро, г/т	2,74	5,16
Диоксид кремния	71,13	66.27
Оксид магния	1,70	1,35
Оксид кальция	1,89	3,08
Оксид алюминия	14,06 - 14,77	14.75
Оксид калия	1,22	0.42
Оксид натрия	3,26	4.07

Из таблицы 9 следует, что ценными компонентами в рудах являются медь, золото и серебро. В таблице 10 приведены результаты фазовых анализов на медь в окисленной руде, на золото и серебро – в таблице 11.

Таблица 10 - Результаты фазового анализа руд на медь.

Руда	Соединения меди	Содержание, %	
		абс.	отн.
Медная окисленная	Вторичная	0,018	3,05
	Окисленная	0,572	96,95
	Итого:	0,59	100,0
Медная сульфидная	Первичная	0,36	70,17
	Вторичная	0,15	28,07
	Окисленная	0,009	1,76
	Итого:	0,52	100,0

Из фазового анализа, представленной в таблице 10, следует, что в окисленной руде медь на 96,95% представлена окисленными формами, 3,05% - вторичными минералами меди. В сульфидной руде - 70,17 %, 28,07% и 1,76% первичные, вторичные и окисленные минералы, соответственно.

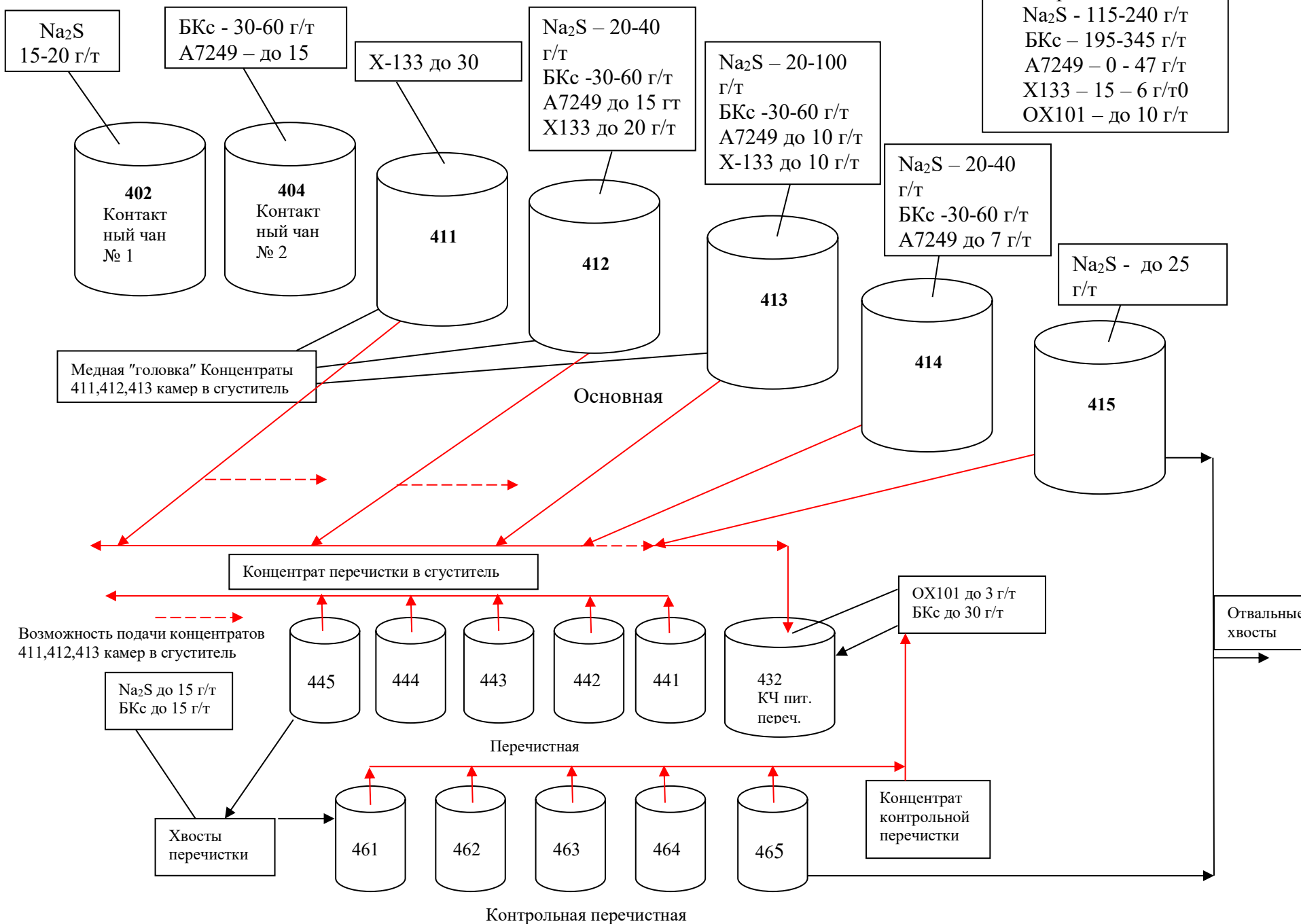
Таблица 11 - Рациональный анализ на золото и серебро

Формы ассоциации золота и серебра	Содержание, г/т		Распределение, %	
	Au	Ag	Au	Ag
1. Окисленная руда:	0,64	2,74	100,0	100,0
Свободное по амальгаме	0,33	0,44	51,56	16,06
В сростках с сульфидами и породой (I цианирование)	0,14	0,72	21,88	26,28
Покрытое пленками гидрооксидов железа	0,08	0,39	12,50	14,23
Ассоциированное с сульфидами (II цианирование)	-	0,37	-	13,50
В пустой породе (ассоциированные с породой не вскрытые при данной степени измельчения и недоступных растворяющему действию кислот)	0,09	0,82	14,06	29,93
2. Сульфидная руда	0,73	5,16	100	100
Свободное по амальгаме	0,13	1,63	17,81	31,59
В сростках с сульфидами и породой	0,1	0,5	13,7	9,7
Покрытое пленками гидрооксидов железа	0,025	0,12	3,42	2,32
Ассоциированное с сульфидами	0,29	0,59	40,41	11,43
В пустой породе (ассоциированные с породой не вскрытые при данной степени измельчения и недоступных растворяющему действию кислот)	0,18	2,32	24,66	44,96

Из таблицы 11 следует, что в окисленной и сульфидной рудах присутствует достаточное количество золота и серебра в свободном виде. Золото, покрытое пленками гидрооксидов железа, содержится незначительно в сульфидной руде, в окисленной руде – на уровне 12-14 %. Ассоциированные с породой зерна золота, не вскрытые при данной степени измельчения и недоступные растворяющему действию кислот, в сульфидной руде несколько больше, чем в окисленной руде (24 % против 14 %). Часть золота в рудах извлекаема гравитационным способом.

Рисунок 19. Реагентный режим Обогащительной фабрики ТОО «Теректі Кен Байы»

Общий расход
реагентов:
Na₂S - 115-240 г/т
БКс - 195-345 г/т
A7249 - 0 - 47 г/т
X133 - 15 - 6 г/т
OX101 - до 10 г/т



5. Опытнo-промышленные испытания полиметаллической руды с применением аппарата ТОО «ИТК «NOVATOR»

Проведены опытнo-промышленные испытания технологии многокомпонентной микрофлотации с целью извлечения в процессе флотации тонкоизмельченных ценных частиц минералов из полиметаллической руды ТОО «Теректі Кен Байыту».

Для решения этих задач предлагается применение при флотационном обогащении полиметаллической руды базовых реагентов обогатительной фабрики и для снижения потерь тонкодисперсных минералов (меди и золота) с хвостами флотации предлагается применение в процессе флотации микропузырьков и микроэмульсии, размер которых не превышает 50 мкм, что позволяет более полно извлекать тонкодисперсные шламовые ценные минералы.

В данной работе в качестве источника микропузырьков и микроэмульсии для улучшения флотации тонкодисперсных частиц меди и золота полиметаллической руды применяется опытнo-промышленный аппарат ТОО «ИТК Новатор».

Работа выполнялась в производственной площадке обогатительной фабрики ТОО «Теректі Кен Байыту». Аналитическое сопровождение выполнялось силами работников ОТК обогатительной фабрики ТОО «Теректі Кен Байыту».

Суть предлагаемой технологии многокомпонентной микрофлотации заключается в использовании микропузырьков и микроэмульсии (размером < 50 мкм), генерируемые аппаратом ТОО «ИТК «NOVATOR», позволяющей улучшить флотацию шламовых частиц полезных компонентов и уменьшить время флотации.

Опытнo-промышленная установка ТОО «ИТК «NOVATOR» была установлена для генерирования активной флотационной смеси, которая подавалась в 414 камеру основной флотации, производительностью $12.0 \text{ м}^3/\text{час}$, с применением фабричных реагентов (Ксантогенат, Аэро -7249, X-133, ССМ).

Сначала рассмотрим схему базового флотационного реагентного режима обогатительной фабрики (рис. 19).

Схема флотации гибкая, предусматривающая работу как с выделением «медной головки» в голове процесса, так и без неё. Пульпа перетекает из 2-го контактного чана к флотомашине 411-основной флотации («медная головка»), состоящей из 1 камеры Metso RCS300. Концентрат из этой камеры может выпускаться как готовый продукт или также может, как черновой концентрат объединяться с концентратом 412-основной флотации, состоящей из 4 камер RCS300. Черновой концентрат поступает на 1-перечистку в машины RCS10 через промежуточный контактный чан. Хвосты перечистки поступают в контрольную флотацию перечистки также в машины RCS10. Концентрат контрольной флотации перекачивается в промежуточный контактный чан, т.е. в голову 1-перечистки. Всего на перечистке + контрольной флотации задействованы 10 камер машин RCS10.

Концентрат 1-перечистки является готовым медным концентратом, который далее подвергается сгущению, фильтрации и сушке.

После установления опытно-промышленной установки ТОО «ИТК «NOVATOR» в 414 флотокамеру объемом 300 м³ активная диспергированная флотационная смесь, генерирующая указанным аппаратом состояла из базовых реагентов: собирателя – бутилового ксантогената, одновременно обладающая собирательным и вспенивающими действиями – Аэро-7249, маслоподобный пенообразователь – Х-133, селективный собиратель меди – ССМ, сульфидизатор – Na₂S. Общая концентрация активной флотационной смеси колебалась в пределах 0,05-0,1%.

После запуска аппарата в систему флотационного обогащения нами контролировались доза, состав и скорость подаваемой флотационно - активной смеси.

Был проведен базовый фабричный режим в течение трех дней, а затем в течение 8 дней проведены испытания с применением опытно-промышленной установки ТОО «ИТК «NOVATOR».

Ежечасовой анализ такие как, содержание меди и золота в концентрате и отвальном хвосте (см. приложении А табл. 1-21) и среднесуточное содержание меди и золота (см. приложении Б табл.22-29) снимали работники ОТК фабрики.

5.1 Гранулометрический анализ исходного питания флотации и продуктов обогащения полиметаллической руды

Для определения влияния многокомпонентной микрофлотации на извлечение тонких классов крупностью менее 40 мкм проведен гранулометрический анализ исходного питания флотации и продуктов обогащения полиметаллической руды в базовом режиме и с применением опытно-промышленной установки ТОО «ИТК «NOVATOR». Результаты представлены в таблицах 12-14.

Таблица 12 - Гранулометрический состав питания флотации и отвальных хвостов с распределением меди и золота по классам крупности **в базовом режиме.**

1 смена

Класс крупности, мм	Питание флотации			
	Выход, в г	Выход, %	Cu, %	Au, г/т
+ 0,071	314,1	23,5	0,27	0,05
- 0,071 + 0,040	226,2	16,9	0,30	0,18
- 0,040	797,5	59,6	0,44	0,05
Итого	1337,8	100		
Класс крупности, мм	Отвальные хвосты			
	Выход, в г	Выход, %	Cu, %	Au, г/т
+ 0,071	141,3	38,3	0,09	0,05

- 0,071 + 0,040	59,7	16,2	0,10	0,05
- 0,040	168,4	45,6	0,15	0,05
Итого:	369,4	100		

Из результатов таблицы 12 и 13 следует, что в базовом режиме суточное содержание меди в питании флотации 0,44 и 0,20% находится в классе крупности - 0,040 мм, а в отвальных хвостах содержание меди составляет 0,15 и 0,11% в этом же классе крупности. В классе крупности (-0,040 мм) суточное содержание золота в питании флотации и отвальных хвостах составляет 0,05 г/т.

Таблица 13 - Гранулометрический состав питания флотации и отвальных хвостов с распределением меди и золота по классам крупности **в базовом режиме.**

2 смена

Класс крупности, мм	Питание флотации			
	Выход, в г	Выход, %	Cu, %	Au, г/т
+ 0,071	151,2	30,8	0,12	0,05
- 0,071 + 0,040	98,5	20,0	0,33	-
- 0,040	241,9	49,2	0,20	-
Итого	491,6	100		
Класс крупности, мм	Отвальные хвосты			
	Выход, в г	Выход, %	Cu, %	Au, г/т
+ 0,071	89,4	35,9	0,08	0,05
- 0,071 + 0,040	52,3	21,0	0,09	0,05
- 0,040	107,0	43,0	0,11	0,05
Итого:	248,7	100		

Несмотря на то, что в питании флотации количество мелких классов -0,040 мм на 6-14% больше, чем в отвальных хвостах количество золота в питании флотации остается неизменным (табл. 13).

Из таблицы 14 следует, что увеличение количество мелких классов -0,044 мм в питании флотации приводит к росту содержания золота 0,19 г/т, а отвальном хвосте содержание золота в мелких классах составляет 0,06 г/т, т.е. наблюдается потеря золота в тонких классах по сравнению с другими классами крупности.

Таблица 14 - Гранулометрический состав питания флотации и отвальных хвостов с распределением меди и золота по классам крупности **в базовом режиме.**

Базовый режим

Класс крупности, мм	Питание флотации			
	Выход, в г	Выход, %	Cu, %	Au, г/т
+ 0,071	100,7	28,3	0,24	0,14
- 0,071 + 0,040	63,5	17,9	0,36	0,20

- 0,040	191,1	53,8	0,40	0,19
Итого	355,3	100		
Класс крупности, мм	Отвальные хвосты			
	Выход, в г	Выход, %	Cu, %	Au, г/т
+ 0,071	97,4	34,2	0,04	0,05
- 0,071 + 0,040	49,3	17,3	0,05	0,05
- 0,040	137,8	48,4	0,12	0,06
Итого	284,5	100		

В таблице 15 при применении технологии многокомпонентной микрофлотации суточное содержание меди и золота в питании флотации в мелких классах крупности составляет 0,47 и 0,31% соответственно, что существенно выше, по сравнению базовым режимом (табл.5.1-5.3).

Таблица 15 - Гранулометрический состав питания флотации и отвальных хвостов с распределением меди и золота по классам крупности с применением многокомпонентной микрофлотации.

Класс крупности, мм	Питание флотации			
	Выход, в г	Выход, %	Cu, %	Au, г/т
+ 0,071	93,1	26,9	0,33	0,01
- 0,071 + 0,040	49,0	14,2	0,51	0,25
- 0,040	203,5	58,9	0,47	0,31
Итого	345,6	100		
Класс крупности, мм	Отвальные хвосты			
	Выход, в г	Выход, %	Cu, %	Au, г/т
+ 0,071	153,6	28,6	0,08	0,01
- 0,071 + 0,040	67,5	12,6	0,1	0,01
- 0,040	315,3	58,8	0,11	0,06
Итого	536,4	100		

Следует отметить, что в питании флотации количество мелких классов всего на 0,1% больше, чем в отвальном хвосте. Несмотря на это количество золота в питании флотации существенно увеличивается. *Такие результаты может быть объяснено проведением опытов по гранулометрическому анализу сильно различающимися навесками или некорректными данными химического анализа. При анализе гранулометрического состава продуктов обогащения следует взять приблизительно одинаковые навески.*

5.2 Предварительный анализ результатов ежечасовых и средне-суточных данных в базовом режиме и в режиме с применением многокомпонентной микрофлотации в 414 и 415 камерах

Проведен отбор проб концентрата и отвальных хвостов через каждый час в камерах 414 и 415, как в базовом режиме в течение трех дней и с применением

многокомпонентной микрофлотации в течение 8 дней (см.табл. 1-21 в приложении А). Из ежечасового и объединенного результатов флотации были подсчитаны среднесуточные технологические показатели (см.табл. 22-29 в приложении А).

В табл. 1-7 в приложении А представлены ежечасовые данные в базовом режиме. Показано, что среднесуточное содержание меди в концентрате 414 камеры за 3 дня составило 1,02 – 1,48 %. а в 415 камере - 0,35 – 0,53 %. В табл. 7-21 в приложении А ежечасовые изменения содержание меди в концентрате с применением многокомпонентной микрофлотации существенно отличалось от базового режима в сторону большего перехода количества меди в концентрат, а содержание меди в отвальных хвостах колебалось приблизительно в таком же диапазоне, как в базовом режиме. Более наглядно эти результаты представлены в таблицах 22-29 в приложении А, где приведены среднесуточное содержание меди и золота по всем камерам в концентрате, в отвальных хвостах и в разгрузочном медном сгустителе.

Показано, что среднесуточное содержание меди в концентрате 414 камеры с применением многокомпонентной микрофлотации за 8 дней колебалось в пределах 1,5-4,99 %, в 415 камере - 0,86 – 5,31 % (см. в таблицы 22-29 в приложении А). Установлено, содержание меди в концентрате 414 камеры с применением опытно-промышленной установки ТОО «ИТК «NOVATOR» по сравнению базовым режимом увеличивается на 1,5-3,4 раза, а в камере 415 – на 2,4 – 10 раз.

Если сравнить среднее содержание меди в отвальных хвостах, то обнаружено следующее: в базовых режимах за 3 дня колебалось от 0,06 до 0,13 %; в предлагаемой технологии – от 0,08 до 0,11.

Что касается общее среднесуточное содержание меди в разгрузочном медном сгустителе, то в базовом режиме за 3 дня колебалось от 13,03 до 14,13%. С применением многокомпонентной микрофлотации за 8 дней содержание меди менялось от 13,12 до 15,55%, т.е. увеличилось от 0,9 до 1,42%.

Более интересные результаты были получены по основным технологическим параметрам обогащения, такие как общее содержание меди и золота по флотационным камерам 414-415. В базовом режиме (табл.22 в приложении А) и в таблицах 23-25 отсутствуют данные по содержанию меди и золота по камерам (414-415). Результаты по общему содержанию меди и золота в 414 и 415 камерах показывают (табл. 26-29 в приложении А), что содержание золота с течением времени суток увеличивается. Например, среднесуточное содержание золота в концентрате 414 камеры составляет 6 г/т, а – в камере 415 - 5,31 г/т (таблица 26 в приложении А). Далее в таблице 27 общее содержание золота в концентрате 414 камеры оказалось 9,45 г/т, а в камере 415 – 3,1 г/т. Что касается в дальнейших таблицах 28 и 29 общее содержание золота в концентрате 414 камеры 5,8 и 9,8 г/т, а в 415 камере – 10,6 и 3,45 г/т соответственно.

Таким образом, увеличение общее содержание золота наблюдается через 3 дня после запуска опытно-промышленной установки ТОО «ИТК «NOVATOR».

В соответствии с основными принципами многокомпонентной микрофлотации пульпа, поступающая в линию флотационной обработки предварительно насыщается мелкими пузырьками воздуха, призванными играть роль флотационных носителей. По мере продвижения пульпы вдоль флотационной линии из камеры в камеру вынос флотируемых частиц в пенный продукт осуществляется двумя возможными способами (не считая эффект вымывания с водой пены): 1- путем непосредственного осаждения на быстро всплывающие большие пузырьки воздуха, генерируемые самой флотационной машиной; 2- путем осаждения на медленно всплывающие мелкие пузырьки воздуха, которые затем осаждаются на большие пузырьки и также выносятся в пенный продукт [26]. Использование микропузырьков в качестве флотационных носителей в процессе микрофлотации тонкодисперсной полиметаллической сульфидной руды Риддер-Сокольского и Шалкиинского месторождений позволяет увеличить скорость процесса в 2-4 раза. Установлено, что объемная доза микропузырьков в количестве 0,1-0,12 литра на 1 кг руды [2].

Учитывая, что для обеспечения в нашем случае достаточным количеством микропузырьков и микроэмульсии с объемной долей 50 % с производительностью флотокамеры 350 т/час с общим расходом флотационной смеси 20 г/т данный аппарат должен обладать производительностью 13 м³ /час. Общая производительность нашего аппарата составляет 12 м³/час, а производительность по микропузырькам 4-6 м³/час.

На основе выше изложенного можно заключить, что для полного покрытия потока минерализованных частиц флотационной смесью, необходимо предусмотреть несколько точек подачи, в том числе повысить объем подачи флотационной смеси в трех камерах.

5.3. Данные по среднесуточной флотации полиметаллической руды в базовом режиме и в режиме с применением многокомпонентной микрофлотации в камере 414

Проведены опытно-промышленные испытания по флотации полиметаллической руды по базовой технологии и с применением многокомпонентной микрофлотации. Схема флотации и реагентный режим по базовой технологии представлены на рисунке 19.

Опытно-промышленный аппарат ТОО «ИТК «NOVATOR» был установлен в камере 414 объемом 300 м³. Общая концентрация активной флотационной смеси, состоящей из базовых реагентов колебалась в пределах 0,05-0,1%.

Проведен гранулометрический анализ в питании флотации камеры 414 и 415 с применением опытно-промышленной установки ТОО «ИТК «NOVATOR». Результаты представлены в таблицах 16-18.

Из данных таблиц 16-18 по изменению классов крупности обнаруживается следующая закономерность: с течением времени суток от 1 до 5 суток (24-30 июня 2020 г) содержание меди существенно повышается. Например, в классах крупности меньше 0,040 мм содержание меди меняется от 1,24% до 7,72% при этом количество мелких классов уменьшается от 75% до 57% в 414 камере , т.е. за это время часть мелких классов переходит в отвальные хвосты.

Таблица 16 - Гранулометрический состав питания флотации с распределением меди по классам крупности во флотокамерах 414 и 415 с применением многокомпонентной микрофлотации. 24.06.2020 г.

Класс крупности, мм	Камера 414			
	Выход, в г	Выход, %	Cu, %	Au, г/т
+ 0,071	12,5	15,5	1,61	
- 0,071 + 0,040	7,6	9,4	1,74	
- 0,040	60,4	75,0	1,24	
Итого	80,5	100		
Класс крупности, мм	Камера 415			
	Выход, в г	Выход, %	Cu, %	Au, г/т
+ 0,071	13,2	17,2	1,56	
- 0,071 + 0,040	6,5	8,5	1,61	
- 0,040	57,2	74,4	1,55	
Итого	76,9	100		

Таблица 17 - Гранулометрический состав питания флотации с распределением меди по классам крупности во флотокамерах 414 и 415 с применением многокомпонентной микрофлотации 28.06.2020 г.

Класс крупности, мм	Камера 414			
	Выход, в г	Выход, %	Cu, %	Au, г/т
+ 0,071	15,7	23,6	1,58	
- 0,071 + 0,040	8,4	12,6	1,73	
- 0,040	42,5	63,8	2,52	
Итого	66,6	100		
Класс крупности, мм	Камера 415			
	Выход, в г	Выход, %	Cu, %	Au, г/т
+ 0,071	16,1	31,1	1,89	
- 0,071 + 0,040	5,3	10,2	2,05	
- 0,040	30,4	74,4	4,10	
Итого	51,8	100		

Таблица 18 - Гранулометрический состав питания флотации с распределение меди по классам крупности во флотокамерах 414 и 415 с применением многокомпонентной микрофлотации. 30.06.2020 г.

Класс крупности, мм	Камера 414			
	Выход, в г	Выход, %	Cu, %	Au, г/т
+ 0,071	36,0	31,0	4,73	5,95
- 0,071 + 0,040	14,1	12,1	10,41	-
- 0,040	66,1	56,9	7,72	5,80
Итого	116,2	100		
Класс крупности, мм	Камера 415			
	Выход, в г	Выход, %	Cu, %	Au, г/т
+ 0,071	54,1	28,5	3,47	
- 0,071 + 0,040	28,0	13,7	5,83	
- 0,040	117,7	57,8	4,73	
Итого	203,8	100		

Аналогичные закономерности наблюдается в 415 камере, например, в классах крупности меньше 0,040 мм содержание меди меняется от 1,55% до 4,73% при этом количество мелких классов уменьшается от 74,4% до 57,8 %.

Далее по данным таблиц ежечасового анализа (табл. 1-19 в приложении А) и среднесуточных результатов подсчитаны выходы и извлечения меди и построены таблицы по данным камеры 414 (табл.19-24).

При анализе указанных таблиц можно видеть, что содержание меди по сравнению базовым режимом 1,4% существенно повышается от 1,93% до 3,93%. При этом выход концентрата также снижается по сравнению базовым режимом 15,6%, который колеблется от 6,5% до 13%.

Таблица 19 – Результаты среднесуточной флотации меди из полиметаллической руды ТОО «Теректі Кен Байыту» в базовом режиме и в режиме с применением **многокомпонентной микрофлотации в камере 414**

Наименование продуктов	Выход, %	Содержание Cu, %	Извлечение Cu, %	Примечание
Концентрат	15,6	1,40	68,25	базовый/фабричный режим от 20.06.2020 г
Хвосты	84,4	0,12	31,75	
Исходная руда	100,0	0,32	100,00	
Концентрат	13,0	1,93	76,0	фабричный режим с применением многокомпонентной микрофлотации 24.06.20
Хвосты	87,0	0,12	24,0	
Исходная руда	100,0	0,33	100,00	

Таблица 20 – Результаты среднесуточной флотации меди из полиметаллической руды ТОО «Теректі Кен Байыту» в базовом режиме и в режиме с применением **многокомпонентной микрофлотации в камере 414**

Наименование продуктов	Выход, %	Содержание Cu, %	Извлечение Cu, %	Примечание
Концентрат	15,6	1,40	68,25	базовый/фабричный режим

Хвосты	84,4	0,12	21,25	20.06.2020 г
Исходная руда	100,0	0,32	100,00	
Концентрат	8,95	2,67	72,4	фабричный режим с применением многокомпонентной микрофлотации 25.06.20
Хвосты	91,05	0,10	27,6	
Исходная руда	100,0	0,33	100,00	

Таблица 21 – Результаты среднесуточной флотации меди из полиметаллической руды ТОО «Теректі Кен Байыту» в базовом режиме и в режиме с применением многокомпонентной микрофлотации в камере 414

Наименование продуктов	Выход, %	Содержание Cu, %	Извлечение Cu, %	Примечание
Концентрат	15,6	1,40	68,25	базовый/фабричный режим 20.06.2020 г
Хвосты	84,4	0,12	21,25	
Исходная руда	100,0	0,32	100,00	
Концентрат	6,5	3,58	71,6	фабричный режим с применением многокомпонентной микрофлотации 26.06.20
Хвосты	93,5	0,10	28,4	
Исходная руда	100,0	0,325	100,00	

Таблица 22 – Результаты среднесуточной флотации меди из полиметаллической руды ТОО «Теректі Кен Байыту» в базовом режиме и в режиме с применением многокомпонентной микрофлотации в камере 414

Наименование продуктов	Выход, %	Содержание Cu, %	Извлечение Cu, %	Примечание
Концентрат	15,6	1,40	68,25	базовый/фабричный режим 20.06.2020 г
Хвосты	84,4	0,12	21,25	
Исходная руда	100,0	0,32	100,00	
Концентрат	6,53	3,93	73,3	фабричный режим с применением многокомпонентной микрофлотации 27.06.20
Хвосты	93,47	0,10	26,7	
Исходная руда	100,0	0,35	100,00	

Таблица 23 – Результаты среднесуточной флотации меди из полиметаллической руды ТОО «Теректі Кен Байыту» в базовом режиме и в режиме с применением многокомпонентной микрофлотации в камере 414

Наименование продуктов	Выход, %	Содержание Cu, %	Извлечение Cu, %	Примечание
Концентрат	15,6	1,40	68,25	базовый/фабричный режим 20.06.2020 г
Хвосты	84,4	0,12	21,25	
Исходная руда	100,0	0,32	100,00	
Концентрат	9,25	2,37	70,7	фабричный режим с применением многокомпонентной микрофлотации 28.06.20
Хвосты	90,75	0,10	29,3	
Исходная руда	100,0	0,31	100,00	

Таблица 24 – Результаты среднесуточной флотации меди из полиметаллической руды ТОО «Теректі Кен Байыту» в базовом режиме и в режиме с применением многокомпонентной микрофлотации в камере 414

Наименование продуктов	Выход, %	Содержание Cu, %	Извлечение Cu, %	Примечание
Концентрат	15,6	1,40	68,25	базовый/фабричный режим 20.06.2020 г
Хвосты	84,4	0,12	21,25	
Исходная руда	100,0	0,32	100,00	
Концентрат	7,8	3,56	75,05	фабричный режим с применением многокомпонентной микрофлотации 29.06.20
Хвосты	90,75	0,10	29,3	
Исходная руда	100,0	0,37	100,00	

Что касается извлечение меди в медный концентрат в камере 414 по сравнению базовым режимом 68,25% находится в диапазоне от 70,7 до 76%.

На основе полученных данных можно заметить, что использование технологии многокомпонентной микрофлотации даже при неполной мощности наблюдается динамика роста качества меди и извлечение его в медный концентрат в обедненной камере 414 по количеству полезных компонентов и обогащенной по количеству мелких классов меньше 0,044 мм.

5.4 Данные по среднесуточной флотации полиметаллической руды в базовом режиме и в режиме с применением многокомпонентной микрофлотации в камере 415

Как было сказано выше также, проведен отбор проб концентрата и отвальных хвостов через каждый час в камере 415, как в базовом режиме в течение трех дней и с применением многокомпонентной микрофлотации в течение 8 дней. Из ежечасового и объединенного результатов флотации (см.приложении А) были подсчитаны среднесуточные технологические показатели и сведены в таблицах 25-30.

Таблица 25 – Результаты среднесуточной флотации меди из полиметаллической руды ТОО «Теректі Кен Байыту» в базовом режиме и в режиме с применением многокомпонентной микрофлотации в камере 415

Наименование продуктов	Выход, %	Содержание Cu, %	Извлечение Cu, %	Примечание
Концентрат	36,4	0,53	60,3	базовый/фабричный режим от 20.06.2020 г
Хвосты	63,6	0,15	39,7	
Исходная руда	100,0	0,32	100,00	

Концентрат	20,6	1,21	72,2	фабричный режим с применением многокомпонентной микрофлотации 24.06.20
Хвосты	79,4	0,12	22,6	
Исходная руда	100,0	0,345	100,00	

Таблица 26 – Результаты среднесуточной флотации меди из полиметаллической руды ТОО «Теректи Кен Байыту» в базовом режиме и в режиме с применением многокомпонентной микрофлотации в камере 415

Наименование продуктов	Выход, %	Содержание Cu, %	Извлечение Cu, %	Примечание
Концентрат	36,4	0,53	60,3	базовый/фабричный режим от 20.06.2020 г
Хвосты	63,6	0,15	39,7	
Исходная руда	100,0	0,32	100,00	
Концентрат	12,6	1,86	71,0	фабричный режим с применением многокомпонентной микрофлотации 25.06.20
Хвосты	87,4	0,11	29,0	
Исходная руда	100,0	0,33	100,00	

Таблица 27 – Результаты среднесуточной флотации меди из полиметаллической руды ТОО «Теректи Кен Байыту» в базовом режиме и в режиме с применением многокомпонентной микрофлотации в камере 415

Наименование продуктов	Выход, %	Содержание Cu, %	Извлечение Cu, %	Примечание
Концентрат	36,4	0,53	60,3	базовый/фабричный режим от 20.06.2020 г
Хвосты	63,6	0,15	39,7	
Исходная руда	100,0	0,32	100,00	
Концентрат	6,62	3,5	71,3	фабричный режим с применением многокомпонентной микрофлотации 26.06.20
Хвосты	93,38	0,10	28,7	
Исходная руда	100,0	0,325	100,00	

Таблица 28 – Результаты среднесуточной флотации меди из полиметаллической руды ТОО «Теректи Кен Байыту» в базовом режиме и в режиме с применением многокомпонентной микрофлотации в камере 415

Наименование продуктов	Выход, %	Содержание Cu, %	Извлечение Cu, %	Примечание
Концентрат	36,4	0,53	60,3	базовый/фабричный режим от 20.06.2020 г
Хвосты	63,6	0,15	39,7	
Исходная руда	100,0	0,32	100,00	
Концентрат	10,0	2,42	69,14	фабричный режим с применением многокомпонентной микрофлотации 27.06.20
Хвосты	90,0	0,12	30,86	
Исходная руда	100,0	0,35	100,00	

Таблица 29 – Результаты среднесуточной флотации меди из полиметаллической руды ТОО «Теректи Кен Байыту» в базовом режиме и в режиме с применением многокомпонентной микрофлотации в камере 415

Наименование продуктов	Выход, %	Содержание Cu, %	Извлечение Cu, %	Примечание
Концентрат	36,4	0,53	60,3	базовый/фабричный режим от 20.06.2020 г
Хвосты	63,6	0,15	39,7	
Исходная руда	100,0	0,32	100,00	
Концентрат	7,4	2,82	67,3	фабричный режим с применением многокомпонентной микрофлотации 28.06.20
Хвосты	92,6	0,11	32,7	
Исходная руда	100,0	0,31	100,00	

Аналогично рассуждая, по камере 415 можно сделать вывод о том, что содержание меди по сравнению базовым режимом 0,53% значительно повышается от 1,21% до 3,5%. При этом выход концентрата также снижается по сравнению базовым режимом 36,4%, который находится в диапазоне 6,62-20,6%. По сравнению с камерой 414 извлечение меди в медный концентрат в камере 415 немного ниже, но существенно выше, по сравнению базовым режимом (60,3%), которое находится в диапазоне от 67,3 до 73,6%.

Таблица 30 – Результаты среднесуточной флотации меди из полиметаллической руды ТОО «Теректи Кен Байыту» в базовом режиме и в режиме с применением многокомпонентной микрофлотации в камере 415

Наименование продуктов	Выход, %	Содержание Cu, %	Извлечение Cu, %	Примечание
Концентрат	36,4	0,53	60,3	базовый/фабричный режим от 20.06.2020 г
Хвосты	63,6	0,15	39,7	
Исходная руда	100,0	0,32	100,00	
Концентрат	10,5	2,58	73,2	фабричный режим с применением многокомпонентной микрофлотации 29.06.20
Хвосты	89,5	0,11	26,8	
Исходная руда	100,0	0,37	100,00	

Таким образом, результаты гранулометрического анализа по классам крупности в камерах 414 и 415 и данные среднесуточной флотации подтверждают, что технологические показатели такие как содержание и извлечение меди в концентрат имеют тенденцию к их улучшению за счет дополнительного извлечения полезных компонентов из тонких классов полиметаллической руды при применении технологии многокомпонентной микрофлотации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современное производство требует быстрых решений, принятие которых основано на актуальной информации о качественном и количественном составе сырья, продукции. Анализ металлов в потоке позволяет получать данные в режиме реального времени данные и принимать оперативные решения, благодаря которым удастся добиться максимального качества конечного продукта при минимальных затратах. Процесс внедрения и эксплуатации поточных анализаторов более трудоемкий по сравнению с лабораторным оборудованием, но в долгосрочный перспективе приборы такого типа выгоднее.

1. В период с 18 июня по 2 июля согласно договора № 2 от 10 июня 2020 года с ТОО «Алтай полиметаллы» проведены опытно-промышленные испытания на производственной площадке обогатительной фабрики ТОО «Теректі Кен Байыту» по флотации полиметаллической руды с применением технологии многокомпонентной микрофлотации.

2. Фабричный реагентный режим флотации состоял из двух контактного чана (402 и 404) 5 камер основной флотации объемом 300 м³ каждый (411,412,413,414 и 415) и 10 перемешивающих камер объемом 10 м³. Опытно-промышленная установка ТОО «ИТК «NOVATOR» была установлена в 414 камеру основной флотации, производительностью 12.0 м³/час, с применением фабричных реагентов (Ксантогенат, Аэро -7249, X-133, ССМ).

3. После установления опытно-промышленной установки ТОО «ИТК «NOVATOR» в 414 флотокамеру объемом 300 м³ активная диспергированная флотационная смесь, генерирующая указанным аппаратом состояла из базовых реагентов: собирателя – бутилового ксантогената, одновременно обладающая собирательными и вспенивающими действиями – Аэро-7249, маслоподобный пенообразователь – X-133, селективный собиратель меди – ССМ, сульфидизатор – Na₂S. Общая концентрация активной флотационной смеси колебалась в пределах 0,05-0,1%.

4. Был проведен базовый фабричный режим в течение трех дней, а затем в течение 8 дней проведены испытания с применением опытно-промышленной установки ТОО «ИТК «NOVATOR». Ежечасовой анализ такие как, содержание меди и золота в концентрате и отвальном хвосте и среднесуточное содержание меди и золота снимали работники ОТК фабрики.

5. Проведен отбор проб концентрата и отвальных хвостов через каждый час в камерах 414 и 415, как в базовом режиме в течение трех дней и в режиме с применением многокомпонентной микрофлотации в течение 8 дней. Показано, что среднесуточное содержание меди в концентрате 414 камеры в базовом режиме за 3 дня изменялось в пределах 1,02 – 1,48 %. а в 415 камере - 0,35 – 0,53 %. Показано, что среднесуточное содержание меди в концентрате 414 камеры с применением многокомпонентной микрофлотации за 8 дней колебалось в пределах 1,5-4,99 %, в 415 камере - 0,86 – 5,31 % . Установлено, содержание меди в концентрате 414 камеры с применением опытно-промышленной установки ТОО «ИТК «NOVATOR» по сравнению базовым режимом увеличивается на 1,5-3,4 раза, а в камере 415 – на 2,4 – 10 раз.

6. Установлено, что увеличение общее содержание золота наблюдается через 3 дня после запуска опытно-промышленной установки ТОО «ИТК «NOVATOR». В течение указанного времени среднесуточное содержание золота в концентрате 414 камеры колебалось от 6 до 9,8 г/т, а – в камере 415 от 3,1 до 10,6 г/т.

7. Согласно гранулометрическому анализу по классом крупности в питании 414 камеры в течение суток от 1 до 5 суток содержание меди существенно повышается. В классах крупности меньше 0,040 мм содержание меди меняется от 1,24% до 7,72% при этом количество мелких классов уменьшается от 75% до 57%, т.е. за это время часть мелких классов переходит в отвальные хвосты.

8. Аналогичные закономерности наблюдается в 415 камере, в классах крупности меньше 0,040 мм содержание меди меняется от 1,55% до 4,73% при этом количество мелких классов уменьшается от 74,4% до 57,8 %.

9. Результаты среднесуточной флотации в 414 камере показывает, что содержание меди по сравнению базовым режимом (1,4%) существенно повышается от 1,93% до 3,93% при низком выходе концентрата по сравнению базовым режимом. Извлечение меди в медный концентрат в камере 414 по сравнению базовым режимом (68,25%) больше и находится в диапазоне от 70,7 до 76%.

10. Показано, что содержание меди по сравнению базовым режимом (0,53%) в камере 415 значительно повышается от 1,21% до 3,5%. Извлечение меди в медный концентрат в камере 415 по сравнению базовым режимом (60,3%) больше и находится в диапазоне от 67,3 до 73,6%.

11. Результаты гранулометрического анализа по классам крупности в камерах 414 и 415 и данные среднесуточной флотации подтверждают, что технологические показатели имеют тенденцию к их улучшению за счет дополнительного извлечения полезных компонентов из тонких классов полиметаллической руды при применении технологии многокомпонентной микрофлотации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамов А.А. Флотационные методы обогащения. – М.: Горная книга, 2008. – 711с.
2. René del Villar, Daniel Sbárbaro. Advanced Control and Supervision of Mineral Processing Plants, 2010.
3. Соколов С.М., Маслов В.А. «Способ повышения эффективности процесса пенной флотации с использованием оптической обратной связи» // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2016. – № 6. – С. 321–332.
4. Woodburn E.T., Stockton J.B., Robbins D. J. Vison-based characterisation of 3 phase froths. International Colloquium: Developments in Froth Flotation, SAIMM, Gordon's Bay, South Africa, 1:1–30, 1989.
5. Технологический регламент ТОО «Теректі Кен Байыту». 2019 г.
6. По данным информационно-аналитического центра «Минерал» [Электронный ресурс]. Режим доступа – <http://www.mineral.ru/Facts/russia/161/533/309cu.pdf/>
7. Гребенешиников А. Л., Курчуков А. М., Лучков Н. В., Смирнов А. О. Применение систем технического зрения при управлении процессом флотации // Автоматизация в промышленности. – 2009. – № 11.
8. Глембоцкий В. А., Классен В. И. Флотация. – М.: Недра, 1973. – 384 с.
9. Бахтияров А. В. Рентгеноспектральный флуоресцентный анализ в геологии и геохимии (монография). – Л.: Недра, 1985. – 144 с.
10. Троп А.Е., Козин В.З. и др. Автоматическое управление технологическими процессами обогатительных фабрик. – М.: Недра, 1986. – 303 с.
11. Шубов Л. Я., Иванков С. И., Щеглова Н. К.. Флотационные реагенты в процессах обогащения минерального сырья. Книга 1. – М.: Недра, 1990. – 384 с.
12. Гребенщиков А. Л., Кокорин А.М., Лучков Н.В., Смирнов А.О. «Новое поколение флотационного оборудования компании Metsominerals- основа эффективных решений» // Журнал «Горная Промышленность». – №3, 2007.

13. Технологический регламент на проектирование обогатительной фабрики по переработке окисленной медной руды месторождения «Коктасжал», 2012 г.
14. Курчуков А.М., Смирнов А.О., О принципах управления флотационным переделом / А.М.Курчуков, Н.В.Лучков // Автоматизация и современные технологии. 2009. –№ 7. –С. 23-28
15. Проектная Документация Blue Cube MQiSlurry Analyser: Теректи Кен Байыту
16. Богуславский А. А., Гарибов Г. С., Касаткин В. В., Соколов С. М., Кошелев В. Я., Трифонов О. В., Форсунова М. М. Способ определения наличия и размера инородных включений в массе металлических гранул. Патент РФ №2347209 (приоритет 10.05.2007) 20.02.2009.
17. Богуславский А. А., Кошелев В. Я., Касаткин В. В., Соколов С. М. Автоматизированная система визуального контроля чистоты и грансостава массы гранул / Материалы научно-технической конференции «30 лет металлургии гранул». Всероссийский институт легких сплавов. – М.: ВИЛС, 2003. – С. 44–45.
18. Касаткин В. В., Соколов С. М., Воронин Ф. В., Александров Е. И., Белов С. А., Ходкин В. И., Кольцов В. Н., Лямина Э. С. Способ контроля инородных включений в массе металлических гранул а.с. СССР №1805338. Решение о выдаче а.с. от 9 октября 1992 г.
19. Соколов С. М. Проблемы машинного видения в робототехнике и автоматизации производства // Будущее прикладной математики. Лекции для молодых исследователей / Под ред. Г. Г. Малинецкого. – М.: Едиториал УРСС, 2005. – С. 336–350.
20. Автоматизация технологических процессов : учеб. пособие / Схиртладзе Александр Георгиевич [и др.]. - Старый Оскол : ТНТ, 2013. - 524 с. - ISBN 978-5-94178-319-9 : 622-95. 15
21. Автоматизация обогатительных фабрик: учеб. пособие / Титовский, Александр Васильевич [и др.].- Сибирский федеральный университет, Институт цветных металлов и материаловедения, 2012.- 342 с.
22. Автоматизация обогатительных фабрик : учеб.пособие / Прокофьев Е.В. – Екатеринбург, УГГУ, 2006 – 121 с.
23. Автоматическое управление технологическими процессами обогатительных фабрик : учеб. пособие / Троп А.Е. [и др.].- М., Недра, 1986. – 303 с.
24. П.Д.Гаврилов, Л.Я. Гемельшейн, А.Е., Медведев. «Автоматизация производственных процессов». Москва, «Недра», 1995г. -286 с.
25. ПРОЕКТ Промышленной разработки месторождения Коктасжал пояснительная записка Том 1 книга 8.
26. Автоматизация обогатительных фабрик : учеб. пособие / А. В. Титовский, А. А. Дружинина, Н. В. Федорова ; Сиб. федерал. ун-т, Ин-т цветных металлов и материаловедения.
27. Представлена концепция (модель) современного (модернизированного) обогатительного комплекса рудоподготовки и флотационного обогащения калийных руд с управлением технологическими переделами на основе локальных АСУТП,

интегрированных в общую АСУ производством товарного концентрата. Реферат/ Шемет С. Ф., Турко М. Р., Вишняк Б. А., Волчок С. Ф., Миськов Е. М.

28. Головков Б. Ю. Системы и средства автоматизации обогатительных фабрик. — М. : Недра, 1990. — 232 с.

29. Головков Б. Ю., Колпиков Г. Г., Рейбман Л. А. Автоматизация калийных обогатительных фабрик. — М. : Недра, 1983. — 198 с.

30. Олейников В. А., Тихонов О. Н. Автоматическое управление технологическими процессами в обогатительной промышленности. — Л. : Недра, 1966. — 291 с.

31. Василенко А. А. Анализ и синтез систем автоматического дозирования реагентов на сильвинитовых обогатительных фабриках : автореф. дис. ... канд. техн. наук.— СПб., 1992. — 20 с.

32. Вишняк Б. А. Автоматизированное управление процессами усреднения качества руды, сгущения шламов, выщелачивания концентрата и сушки готового продукта на сильвинитовых обогатительных фабриках РУП ПО «Беларуськалий» / Технология ведения горных работ и производство машин и механизмов для горнодобывающей промышленности : сб. научн. тр. — Пермь. 2007. № 3. С. 121–139.

33. Юн, А. Б. Обоснование параметров комбинированной технологии переработки смешанных медных руд из отвалов / А. Б. Юн, О. М. Синянская, О. Е. Горлова // Комбинированная геотехнология: переход к новому технологическому укладу / под ред. В. Н. Калмыкова, М. В. Рыльниковой //

34. Материалы докладов междунар. конф., г. Магнитогорск, 2019: Сб. тез. — Магнитогорск: МГТУ, 2019. — С. 160-161.

35. Якубов, Н. М. Мировой рынок меди: состояние и перспективы развития / Н. М. Якубов // Маркетинг в России и за рубежом. — 2015. — No 4 (108). — С. 123-129.

36. Vinnett L., Alvarez-Silva M., Jaques A., Hinojosa F., Yianatos J. Batch flotation kinetics: Fractional calculus approach // Minerals Engineering. 2015. No 77. С.167-17

37. Bushel Ch. The PGM flotation predictor: Predicting PGM ore flotation performance using results from automated mineralogy systems. Minerals Engineering, October 2012, Vol. 36-38, p,75-80

38. Cveticanin L., Vucinic D., Lazic P., Kostovic M. Effect of Galena Grain Size on Flotation Kinetics. Journal of Mining Science, 2015, Vol.51, No 3, p. 591-59

39. Perez-Garibay R., Ramirez-Aguilera N., Bouchard J., Rubio J. Froth flotation of sphalerite: Collector concentration, gas dispersion and particle size effects. Mineral Engineering, 2014, 57, p.72-7

40. Itiokumbul M.T., de Aquino J.A., O'Connor C.T., Harris M.C. Fine pyrite flotation in an agitated column cell. Int. J. Miner. Process., 2000, No 58, p. 167-17

41. Горячев Б.Е., Николаев А.А. Исследование кинетики флотации частиц, изготовленных из таблетированных твердых тел. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 2011, No 1, с. 137-14

42. Alexander, D.J., Runge, K.C., Franzidis, J.P. and Manlapig, E.V. 2000. The application of multi-component floatability models to full scale flotation circuits. In Proceedings of the AusIMM 7th Mill Operators Conference, Kalgoorlie, Australia, October.167-178

43. Loveday B. K., Marchant G. R. Simulation of multicomponent flotation plants // Journal of the South African Institute of mining and metallurgy. June 1972. C.288-29
44. Preprints of the 18th IFAC World Congress Milano (Italy) August 28 - September 2, 2011. Operation of Rougher Flotation Circuits Aided by Industrial Simulator Luis Bergh, Juan Yianatos, and Cristián Carrasco, 9917-992
45. Lynch A.J. and Morrison R.D.. Simulation in mineral processing history, present status and possibilities. The Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy. October– december 1999, p/ 283-288
46. Schwarz S., Richardson J. M., Modeling and simulation of mineral processing circuits using JKSimMet and JKSimFloat // SME Annual Meeting. 24 – 27 февраля, 2013
47. King R.P., Modeling and Simulation of Mineral Processing Systems Department of Metallurgical Engineering University of Utah, USA First published 2001, ISBN 0 7506 4884 8, Printed and bound in Great Britain
48. Polat M., Chander S. First-order flotation kinetics models and methods for estimation of the true distribution of flotation rate constants. Int. J. Miner. Process., 2000, Vol. 58, p. 145–16
49. Runge K.C., Franzidis J.P., Manlapig E.V. A study of the flotation characteristics of different mineralogical classes in different streams of an industrial circuit. Proceedings: XXII International Mineral Processing Congress, 29 September - 3 October 2003, Chief Editors: L. Lorenzen and D.J. Bradshaw, Cape Town, South Africa, 2003, p. 962-97
50. Duan J., Fornasiero D., Ralston J. Calculation of the flotation rate constant of chalcopyrite particles in an ore. Int. J. Miner. Process., 2003, Vol. 72, p. 227 – 23
51. Newell R., Grano S. Hydrodynamics and scale up in Rushton turbine flotation cells: Part 2. Flotation scale-up for laboratory and pilot cells, Int. J. Miner. Process., 2006, Vol. 81, p. 65–7

Приложение - А

Таблица 1 - Результаты часовых анализов проб ОФ ТОО «Теректі Кен Байыту» за 19.06.2020 г.

1 смена Базовый режим														
часы														
№, п/п	Наименование пробы	22-00	23-00	0-00	01-00	02-00	03-00	04-00	05-00	06-00	07-00	08-00	09-00	Среднее
1	Исходная руда	0,36	0,38	0,37	0,35	0,36	0,32	0,34	0,27	0,30	0,32	0,31	0,31	0,33
2	Питание флотации													
3	Отвальные хвосты	0,09	0,08	0,07	0,09	0,11	0,08	0,06	0,10	0,08	0,09	0,10	0,14	0,09
4	К-т объедин.технолог.													
5	К-т пересорти	12,47	12,36	12,03	11,86	12,51	12,83	13,02	13,54	11,73	13,37	13,56	16,66	13,00
6	К-т основной флотации		9,51						10,16					
7	Хвосты контр.пересорти.флот.		1,08						1,24					
8	МК-94													
9	Си головка камера 2													
10	Камера 411	14,68	15,01	15,22	14,94	15,74	13,11	12,42	14,09	13,56	15,98	16,33	13,81	14,58
11	Камера 412	11,74	3,12	2,52	3,04	3,11	6,47	7,64	11,87	10,12	10,73	11,02	14,45	7,98
12	Камера 413	8,16	1,87	1,35	1,59	1,44	3,54	4,60	8,57	9,66	12,11	12,89	6,69	6,04
13	Камера 414													
14	Камера 415													
15	Размешив.сгуст.	9,02	10,97	11,55	11,79	12,00	13,12	13,70	15,03	15,23	13,97	12,65	17,38	13,03

Таблица 2 - Результаты часовых анализов проб ОФ ТОО «Теректі Кен Байыту» за 19.06.2020 г.

2 смена Базовый режим														
часы														
№, п/п	Наименование пробы	10-00	11-00	12-00	13-00	14-00	15-00	16-00	17-00	18-00	19-00	20-00	21-00	Среднее
1	Исходная руда	0,36	0,33	0,30	0,33	0,30	0,38	0,27	0,26	0,35	0,25	0,32	0,33	0,32
2	Питание флотации													
3	Отвальные хвосты	0,13	0,14	0,11	0,15	0,10	0,12	0,06	0,10	0,08	0,09	0,04	0,07	0,10
4	К-т объедин.технолог.													
5	К-т пересорти	13,22	16,27	13,01	16,78	16,75	17,44	9,93	8,75	11,04	8,55	11,04	11,38	12,85
6	К-т основной флотации		9,46						9,05					
7	Хвосты контр.пересорти.флот.		0,82						0,74					
8	МК-94													
9	Си головка камера 2													
10	Камера 411	16,84	13,67	16,79	14,12	16,69	15,69	13,22	12,52	13,35	12,36	13,31	12,55	14,26

11	Камера 412	9,78	14,59	9,15	14,50	6,15	3,25	6,80	5,43	8,94	5,40	8,59	8,42	8,42
12	Камера 413	8,16	1,87	1,35	1,59	1,44	3,54	4,60	8,57	9,66	12,11	12,89	6,69	4,95
13	Камера 414							1,00	0,93	0,94	0,97	0,88	1,38	1,02
14	Камера 415							0,18	0,32	0,56	0,30	0,55	0,16	0,35
15	Раз.медн..сгуст.	17,40	17,29	17,30	17,44	15,30	15,96	10,21	15,17	11,32	10,83	10,74	10,62	14,13

Таблица 3 - Результаты часовых анализов проб ОФ ТОО «Теректі Кен Байыту» за 20.06.2020 г.

1 смена Базовый режим														
часы														
№, п/п	Наименование пробы	22-00	23-00	0-00	01-00	02-00	03-00	04-00	05-00	06-00	07-00	08-00	09-00	Среднее
1	Исходная руда	0,26	0,35	0,33	0,25	0,33	0,31	0,29	0,28	0,30	0,31	0,32	0,28	0,30
2	Питание флотации													
3	Отвальные хвосты	0,05	0,06	0,05	0,04	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06	0,06	0,08	0,07	0,06
4	К-т объедин.технолог.													
5	К-т перемешки	10,76	14,44	11,44	11,21	14,35	13,88	14,02	14,03	13,99	12,23	11,48	14,13	13,00
6	К-т основной флотации		8,46											
7	Хвосты контр.перемеш.флот.		0,94						0,91					
8	МК-94													
9	Си головка камера 2													
10	Камера 411	14,57	11,93	12,74	13,20	12,05	7,49	8,11	8,50	12,69	11,33	11,33	4,68	10,72
11	Камера 412	6,91	1,80	8,36	8,21	1,75	2,29	6,45	12,53	11,03	2,48	5,89	12,13	6,65
12	Камера 413	2,13	0,98	4,04	2,04	0,97	0,57	1,27	7,16	7,01		10,91	1,12	3,47
13	Камера 414	1,15	1,21	1,30	1,29	1,19	1,51	1,41	2,50	1,28		1,43	2,05	1,48
14	Камера 415	0,32	0,27	0,19	0,15	0,22	0,43	0,50	0,79	0,24		1,96	0,8	0,53
15	Раз.медн..сгуст.	13,89	13,82	12,10	13,40	13,92	13,72	13,28	11,50	13,10	13,12	13,04	12,29	13,10

Таблица 4 - Результаты часовых анализов проб ОФ ТОО «Теректі Кен Байыту» за 20.06.2020 г.

2 смена Базовый режим														
часы														
№, п/п	Наименование пробы	10-00	11-00	12-00	13-00	14-00	15-00	16-00	17-00	18-00	19-00	20-00	21-00	Среднее
1	Исходная руда	0,36	0,32	0,35	0,32	0,34	0,37	0,38	0,41	0,32	0,31	0,33	0,31	0,34
2	Питание флотации													
3	Отвальные хвосты	0,11	0,10	0,11	0,09	0,10	0,10	0,13	0,09	0,08	0,09	0,10	0,09	0,10
4	К-т объедин.технолог.													
5	К-т перемешки	14,32	14,36	14,07	14,14	13,96	12,95	14,40	12,86	13,50	14,35	13,66	12,52	13,76
6	К-т основной флотации		9,11						8,82					

часы														
№, п/п	Наименование пробы	10-00	11-00	12-00	13-00	14-00	15-00	16-00	17-00	18-00	19-00	20-00	21-00	Среднее
1	Исходная руда	0,27	0,39	0,31	0,30	0,29	0,32	0,38	0,34	0,28	0,31	0,28	0,30	0,31
2	Питание флотации													
3	Отвальные хвосты	0,06	0,15	0,07	0,09	0,08	0,13	0,09	0,11	0,10	0,11	0,10	0,11	0,10
4	К-т объедин.технолог.													
5	К-т перемешки	15,17	17,22	17,32	15,44	15,57	19,76	18,71	20,41	16,68	20,48	18,47	19,01	17,85
6	К-т основной флотации		4,61						5,10					
7	Хвосты контр.перемеш.флот.		0,64						2,80					
8	МК-94													
9	Си головка камера 2													
10	Камера 411	14,49	16,55	16,43	14,91	14,93	14,08	14,28	15,22	9,13	14,50	10,88	13,89	14,11
11	Камера 412	5,00	4,7	3,86	5,18	5,23	8,66	9,17	10,11	5,97	8,60	6,77	8,55	6,82
12	Камера 413	4,91	4,94		5,08	5,27	7,34	7,49	9,28	7,58	7,67	6,41	7,67	6,14
13	Камера 414													
14	Камера 415													
15	Размешив.сгуст.	13,01	14,91	14,60	13,12	13,60	12,50	13,27	14,28	15,81	13,36	13,83	14,06	13,86

Таблица 9 - Результаты часовых анализов проб ОФ ТОО «Теректі Кен Байыту» за 24.06.2020 г.*

1 смена Многокомпонентная микрофлотация														
часы														
№, п/п	Наименование пробы	22-00	23-00	0-00	01-00	02-00	03-00	04-00	05-00	06-00	07-00	08-00	09-00	Среднее
1	Исходная руда	0,29	0,27	0,29	0,31	0,26	0,28	0,30	0,36	0,40	0,37	0,39	0,31	0,32
2	Питание флотации													
3	Отвальные хвосты	0,11	0,10	0,09	0,08	0,10	0,08	0,09	0,08	0,07	0,10	0,11	0,109	0,09
4	К-т объедин.технолог.													
5	К-т перемешки	19,13	17,43	16,45	14,33	12,29	14,49	16,51	16,73	16,61	15,33	14,31	17,07	15,89
6	К-т основной флотации		6,54						6,19					
7	Хвосты контр.перемеш.флот.		1,80						1,75					
8	МК-94													
9	Си головка камера 2													
10	Камера 411	13,77	15,19	16,73	15,21	14,27	16,73	17,03	16,81	16,21	14,31	13,47	15,38	15,43
11	Камера 412	5,22	7,37	7,93	7,37	6,72	7,84	8,21	6,42	4,77	6,77	7,48	3,94	6,67
12	Камера 413	4,41	3,81	4,42	4,52	3,44	3,95	4,25	3,21	2,88	7,41	8,02	5,14	4,62
13	Камера 414	1,49	2,00	1,85	1,32	1,25	1,36	1,54	1,81	2,11	2,04	2,11	4,52	1,95
14	Камера 415	0,87	2,44	2,69	2,88	2,34	1,13	0,85	0,76	1,12	0,89	1,03	0,95	1,50

15	Раз.медн..сгуст.	12,49	15,43	17,38	16,04	15,29	14,02	13,21	13,89	14,07	14,35	14,40	15,34	14,66
----	------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------------

Таблица 10 - Результаты часовых анализов проб ОФ ТОО «Теректі Кен Байыту» за 24.06.2020 г.

2 смена Многокомпонентная микрофлотация														
часы														
№, п/п	Наименование пробы	10-00	11-00	12-00	13-00	14-00	15-00	16-00	17-00	18-00	19-00	20-00	21-00	Среднее
1	Исходная руда	0,30	0,33	0,31	0,32	0,29	0,38	0,36	0,35	0,37	0,34	0,37	0,40	0,34
2	Питание флотации													
3	Отвальные хвосты	0,08	0,06	0,09	0,10	0,06	0,10	0,12	0,08	0,09	0,09	0,10	0,11	0,09
4	К-т объедин.технолог.													
5	К-т пересортировки	14,19	13,72	13,03	12,35	12,34	12,10	14,15	10,65	14,05	11,03	14,10	11,83	12.80
6	К-т основной флотации		6,83						6,54					
7	Хвосты контр.пересортич.флот.		2,26						1,11					
8	МК-94													
9	Си головка камера 2													
10	Камера 411	16,32	15,47	14,87	15,08	15,74	15,72	13,93	13,07	13,90	12,92	13,57	11,52	14,34
11	Камера 412	7,72	6,50	7,35	6,29	6,86	4,34	6,23	2,43	6,37	2,50	6,20	3,01	5,27
12	Камера 413	5,76	5,53	5,08	5,21	5,16	6,17	1,67	3,18	3,72	3,06	3,40	5,46	4,45
13	Камера 414	2,56	3,11	3,96	4,12	1,39	0,9	3,59	0,4	0,78	0,46	0,9	0,71	1,91
14	Камера 415	1,44	1,32	1,69	1,82	1,14	0,61	0,42	0,67	0,40	0,72	0,56	0,20	0,92
15	Размешиват.суспензии	15,39	14,83	14,99	14,71	13,27	12,82	13,15	12,89	13,10	12,90	11,85	13,12	13,59

Таблица 11 - Результаты часовых анализов проб ОФ ТОО «Теректі Кен Байыту» за 25.06.2020 г.*

[illegible]

10	Камера 411	9,26	11,55	9,24	11,00	9,12	11,48	12,62	8,89	13,32	10,96	13,27	9,32	10.83
11	Камера 412	3,32	3,07	2,92	3,15	3,00	3,00	5,27	2,26	4,63	4,28	4,19	3,39	3.54
12	Камера 413	6,34	5,38	6,58	6,00	6,45	5,45	6,76	6,35	4,44	0,28	4,02	2,49	5.06
13	Камера 414	0,67	0,69	0,67	0,84	0,72	1,47	0,50	1,44	2,37	1,49	2,16	1,28	1.20
14	Камера 415	0,73	0,67	0,91	0,76	0,80	0,71	0,94	0,66	1,27	1,14	1,02	0,68	0.86
15	Раз.медн..сгуст.	13,21	12,95	13,26	13,05	13,15	13,00	13,10	13,04	15,45	12,67	15,41	12,73	13.42

Таблица 12 - Результаты часовых анализов проб ОФ ТОО «Теректі Кен Байыту» за 25.06.2020 г.

2 смена Многокомпонентная микрофлотация														
часы														
№, п/п	Наименование пробы	10-00	11-00	12-00	13-00	14-00	15-00	16-00	17-00	18-00	19-00	20-00	21-00	Среднее
1	Исходная руда	0,23	0,27	0,30	0,30	0,35	0,33	0,32	0,31	0,35	0,33	0,31	0,26	0,31
2	Питание флотации													
3	Отвальные хвосты	0,07	0,08	0,11	0,08	0,09	0,08	0,09	0,07	0,15	0,10	0,09	0,09	0,09
4	К-т объедин.технолог.													
5	К-т перемешки	14,13	14,72	12,33	14,16	14,46	13,97	14,56	14,88	10,48	6,00	13,96	9,79	12.79
6	К-т основной флотации		7,39						8,05					
7	Хвосты контр.перемеш.флот.		1,46						1,22					
8	МК-94													
9	Си головка камера 2													
10	Камера 411	16,07	13,59	9,29	15,99	13,89	15,13	14,45	14,79	13,89	14,54	16,00	15,10	14,39
11	Камера 412	3,97	1,09	1,58	4,17	1,31	5,19	3,39	3,64	6,19	6,90	5,15	5,33	3,99
12	Камера 413	4,40	10,41	2,59	4,49	9,89	3,24	6,19	7,10	3,60	4,02	4,39	2,53	5,24
13	Камера 414	1,18	3,01	2,15	1,24	1,49	6,25	3,69	2,89	6,87	7,31	7,22	6,28	4.13
14	Камера 415	0,56	1,2	1,31	0,57	1,03	1,20	2,35	1,63	2,81	3,02	2,45	16,11	2,85
15	Раз.медн..сгуст.	13,62	15,51	12,42	16,06	17,01	13,04	13,79	14,32	13,04	13,85	13,64	14,31	14,22

Таблица 13 - Результаты часовых анализов проб ОФ ТОО «Теректі Кен Байыту» за 26.06.2020 г.

1 смена Многокомпонентная микрофлотация														
часы														
№, п/п	Наименование пробы	22-00	23-00	00-00	01-00	02-00	03-00	04-00	05-00	06-00	07-00	08-00	09-00	Среднее
1	Исходная руда	0,34	0,35	0,34	0,32	0,36	0,40	0,38	0,39	0,38	0,29	0,31	0,30	0,35
2	Питание флотации													
3	Отвальные хвосты	0,12	0,10	0,11	0,12	0,13	0,11	0,10	0,11	0,10	0,07	0,10	0,07	0,10
4	К-т объедин.технолог.													
5	К-т перемешки	14,13	10,20	14,18	9,57	14,19	12,32	13,22	12,60	13,36	13,66	13,58	10,71	12.64

6	К-т основной флотации		7,44						7,85					
7	Хвосты контр.переч.флот.		0,77						1,11					
8	МК-94													
9	Си головка камера 2													
10	Камера 411	14,01	14,86	13,94	15,16	13,80	13,69	10,31	13,82	11,25	11,72	11,39	7,28	12.60
11	Камера 412	4,82	8,40	4,45	5,16	4,16	3,26	2,02	3,58	2,57	1,25	2,42	2,69	3.73
12	Камера 413	7,96	2,60	7,78	1,79	7,77	2,94	4,28	3,05	5,20	6,88	6,50	10,17	5.58
13	Камера 414	2,02	6,20	2,47	6,17	2,11	1,84	1,81	2,03	2,10	6,12	5,86	2,46	3.43
14	Камера 415	1,66	1,47	1,90	1,42	1,66	9,25	0,25	8,20	1,28	5,47	4,99	2,35	3.33
15	Раз.медн..сгуст.	12,99	14,19	14,92	14,24	14,97	13,84	15,72	13,92	15,20	11,67	11,61	10,73	13,67

Таблица 14 - Результаты часовых анализов проб ОФ ТОО «Теректі Кен Байыту» за 26.06.2020 г.

2 смена Многокомпонентная микрофлотация														
часы														
№, п/п	Наименование пробы	10-00	11-00	12-00	13-00	14-00	15-00	16-00	17-00	18-00	19-00	20-00	21-00	Среднее
1	Исходная руда	0,31	0,33	0,30	0,28	0,29	0,28	0,30	0,28	0,30	0,29	0,30	0,35	0,30
2	Питание флотации													
3	Отвальные хвосты	0,08	0,08	0,07	0,06	0,08	0,09	0,06	0,07	0,08	0,07	0,10	0,12	0,08
4	К-т объед.технолог.													
5	К-т перечистки	11,04	11,34	12,64	13,72	14,02	14,37	14,57	14,82	15,05	14,40	14,35	15,93	13.85
6	К-т основной флотации		5,25						4,91					
7	Хвосты контр.переч.флот.		1,71						1,59					
8	МК-94													
9	Си головка камера 2													
10	Камера 411	10,49	11,75	13,59	14,87	14,98	15,29	15,88	14,63	12,62	1,58	10,53	11,97	12.35
11	Камера 412	4,34	3,46	5,43	7,90	7,76	8,56	9,60	10,44	8,41	9,42	3,17	4,52	6.92
12	Камера 413	9,10	8,60	7,86	7,05	7,22	9,03	9,68	7,69	7,06	6,21	10,55	6,28	8.03
13	Камера 414	3,13	3,08	4,12	4,54	5,11	4,73	4,10	3,12	2,82	3,08	3,14	4,93	3.83
14	Камера 415	3,01	4,90				2,88	3,09	2,49		4,03	3,12	5,89	3.68
15	Раз.медн..сгуст.	12,87	13,34	12,73	12,07	12,50	13,24	13,51	14,40	14,01	13,79	12,56	13,57	13,22

Таблица 15 - Результаты часовых анализов проб ОФ ТОО «Теректі Кен Байыту» за 27.06.2020 г.

1 смена Многокомпонентная микрофлотация														
часы														
№, п/п	Наименование пробы	22-00	23-00	0-00	01-00	02-00	03-00	04-00	05-00	06-00	07-00	08-00	09-00	Среднее

1	Исходная руда	0,34	0,37	0,33	0,35	0,34	0,36	0,37	0,35	0,36	0,32	0,31	0,38	0,35
2	Питание флотации													
3	Отвальные хвосты	0,09	0,13	0,09	0,10	0,08	0,13	0,12	0,12	0,11	0,10	0,09	0,11	0,11
4	К-т объедин.технолог.													
5	К-т перераспределения	19,61	16,09	19,64	15,90	19,72	19,80	19,45	19,60	19,89	17,82	17,70	18,46	18,64
6	К-т основной флотации		5,12						4,98					
7	Хвосты контр.перераспредел.флот.		2,77						2,50					
8	МК-94													
9	Си головка камера 2													
10	Камера 411	11,65	11,89	11,73	11,80	11,75	13,55	7,66	12,00	7,06	13,40	12,90	12,74	11,51
11	Камера 412	7,69	3,65	7,48	3,37	7,78	2,96	6,32	2,90	6,17	4,71	3,96	5,34	5,19
12	Камера 413	3,66	5,83	3,68	5,60	3,09	5,29	4,35	5,40	3,87	4,37	4,40	4,36	4,49
13	Камера 414	5,01	4,42	5,05	4,65	5,17	6,54	6,39	6,40	6,02	4,05	3,88	2,28	4,99
14	Камера 415	2,23	5,57	1,55	5,37	2,21	1,61	0,83	1,51	1,00	1,22	1,80	1,76	2,22
15	Размешиват.сгуст.	10,66	13,50	13,17	13,42	13,32	14,27	13,76	14,20	14,01	12,22	12,60	13,85	13,25

Таблица 16 - Результаты часовых анализов проб ОФ ТОО «Теректі Кен Байыту» за 27.06.2020 г.

2 смена Многокомпонентная микрофлотация														
часы														
№, п/п	Наименование пробы	10-00	11-00	12-00	13-00	14-00	15-00	16-00	17-00	18-00	19-00	20-00	21-00	Среднее
1	Исходная руда	0,39	0,32	0,33	0,44	0,38	0,28	0,30	0,34	0,35	0,37	0,33	0,32	0,35
2	Питание флотации													
3	Отвальные хвосты	0,08	0,09	0,10	0,13	0,11	0,08	0,10	0,09	0,11	0,13	0,10	0,08	0,10
4	К-т объедин.технолог.													
5	К-т перераспределения	18,63	17,90	19,95	18,68	18,02	11,08	14,64	13,95	12,84	12,33	12,79	12,39	15,27
6	К-т основной флотации		7,18						7,34					
7	Хвосты контр.перераспредел.флот.		2,09						1,92					
8	МК-94													
9	Си головка камера 2													
10	Камера 411	14,40	14,10	13,31	14,17	13,90	11,28	14,32	12,91	13,09	12,95	12,83	13,39	13,39
11	Камера 412	6,75	5,10	4,98	6,55	5,89	5,31	6,88	6,75	4,68	4,86	7,32	6,58	5,97
12	Камера 413	5,06	4,70	5,92	5,25	4,91	6,34	5,37	4,95	4,05	3,91	3,86	3,17	4,79
13	Камера 414	2,11	2,30			2,45	2,43	3,80	3,44	3,27	3,84	2,74	2,17	2,86
14	Камера 415	1,57				2,40	1,52	3,29	3,12	3,34	3,54	2,29	2,44	2,61
15	Размешиват.сгуст.	14,60	14,05	14,75	15,02	14,86	13,42	10,68	12,38	12,98	13,19	11,66	12,07	13,31

Таблица 17 - Результаты часовых анализов проб ОФ ТОО «Теректі Кен Байыту» за 28.06.2020 г.*

1 смена Многокомпонентная микрофлотация														
часы														
№, п/п	Наименование пробы	22-00	23-00	0-00	01-00	02-00	03-00	04-00	05-00	06-00	07-00	08-00	09-00	Среднее
1	Исходная руда	0,32	0,31	0,35	0,33	0,33	0,29	0,32	0,31	0,33	0,31	0,28	0,29	0,31
2	Питание флотации													
3	Отвальные хвосты	0,06	0,07	0,08	0,09	0,08	0,11	0,09	0,10	0,09	0,11	0,09	0,06	0,09
4	К-т объедин.технолог.													
5	К-т перемешки	10,72	12,20	10,81	12,17	10,74	13,22	14,12	13,20	14,03	14,47	14,71	14,30	12,89
6	К-т основной флотации		7,54						7,18					
7	Хвосты контр.перемеш.флот.		1,71						1,16					
8	МК-94													
9	Си головка камера 2													
10	Камера 411	10,70	12,67	11,06	13,34	10,90	10,85	11,53	10,89	11,46	14,17	14,10	12,48	12,01
11	Камера 412	5,45	7,10	5,62	6,51	5,47	6,46	5,77	6,31	5,78	9,29	9,17	7,41	6,7
12	Камера 413	2,79	3,20	3,02	3,44	2,91	4,75	4,96	4,66	4,91	5,21	4,87	3,82	4,04
13	Камера 414	2,58	2,97	2,60	2,25	2,00	1,95	2,40	1,97	2,39	1,64	1,70	2,78	2,27
14	Камера 415	2,00	3,01	1,98	2,22	2,40	1,52	2,11	1,58	2,06	2,03	2,31	1,79	2,08
15	Размешив.сгуст.	9,82	11,98	9,97	12,19	10,40	13,04	14,05	12,97	14,30	13,24	13,31	16,52	12,65

Таблица 18 - Результаты часовых анализов проб ОФ ТОО «Теректі Кен Байыту» за 28.06.2020 г.

2 смена Многокомпонентная микрофлотация														
часы														
№, п/п	Наименование пробы	10-00	11-00	12-00	13-00	14-00	15-00	16-00	17-00	18-00	19-00	20-00	21-00	Среднее
1	Исходная руда	0,27	0,32	0,30	0,29	0,35	0,33	0,30	0,33	0,32	0,31	0,30	0,31	0,31
2	Питание флотации													
3	Отвальные хвосты	0,07	0,08	0,06	0,09	0,08	0,06	0,07	0,08	0,10	0,06	0,07	0,09	0,08
4	К-т объедин.технолог.													
5	К-т перемешки	16,34	19,56	14,26	15,43	16,72	17,61	16,66	16,72	15,92	17,58	17,25	17,29	16,78
6	К-т основной флотации		6,66						6,87					
7	Хвосты контр.перемеш.флот.		1,37						1,54					
8	МК-94													
9	Си головка камера 2													
10	Камера 411	14,16	13,89	14,26	12,94	14,11	12,40	13,74	14,61	13,04	12,63	12,51	12,76	13,42
11	Камера 412	1,89	7,62	11,45	6,81	7,41	6,77	7,05	9,10	8,87	7,54	7,30	7,72	7,46
12	Камера 413	6,03	4,22	6,13	3,10	3,20	5,43	5,21	7,42	6,22	4,43	4,23	5,83	5,12

13	Камера 414	3,01	3,40	2,37	2,87	1,46	2,15	3,70	2,91	2,36	2,44	2,24	0,65	2,46
14	Камера 415	2,24	1,73	1,39	1,80	3,62	2,49	1,49	3,77	3,12	3,24	3,15	2,75	2,56
15	Раз.медн..сгуст.	13,37	13,96	14,10	14,36	14,60	15,04	14,12	14,28	14,44	14,69	14,57	14,08	14,30

Таблица 19 - Результаты часовых анализов проб ОФ ТОО «Теректі Кен Байыту» за 29.06.2020 г.*

1 смена Многокомпонентная микрофлотация														
часы														
№, п/п	Наименование пробы	22-00	23-00	0-00	01-00	02-00	03-00	04-00	05-00	06-00	07-00	08-00	09-00	Среднее
1	Исходная руда	0,34	0,30	0,38	0,32	0,37	0,35	0,37	0,36	0,40	0,42	0,45	0,35	0,37
2	Питание флотации													
3	Отвальные хвосты	0,10	0,08	0,09	0,08	0,12	0,11	0,10	0,11	0,11	0,09	0,11	0,07	0,10
4	К-т объедин.технолог.													
5	К-т перемешки	18,01	17,56	18,03	17,51	17,96	15,05	17,73	15,50	17,82	13,53	13,54	13,55	16,32
6	К-т основной флотации		6,71						6,58					
7	Хвосты контр.перемеш.флот.		1,54						1,24					
8	МК-94													
9	Си головка камера 2													
10	Камера 411	7,94	12,58	7,82	12,67	8,34	6,93	13,49	12,20	13,70	13,64	13,57	17,48	11,7
11	Камера 412	7,77	7,64	7,66	7,65	7,84	7,02	3,37	6,01	3,60	3,98	3,90	4,69	5,93
12	Камера 413	1,08	5,44	5,82	5,88	5,92	2,71	3,81	2,00	3,33	1,63	1,82	9,44	4,07
13	Камера 414	1,71	1,50	1,72	1,80	2,35	2,10	2,92	1,52	1,74	7,74	7,63	7,78	3,38
14	Камера 415	5,93	2,57	1,64	2,58	2,53	1,26	2,68	1,15	1,09	1,82	1,87	1,93	2,25
15	Раз.медн..сгуст.	13,70	13,89	13,71	13,58	13,61	13,56	14,20	13,85	14,09	13,37	13,28	14,92	13,81

Таблица 20 - Результаты часовых анализов проб ОФ ТОО «Теректі Кен Байыту» за 29.06.2020 г.

2 смена Многокомпонентная микрофлотация														
часы														
№, п/п	Наименование пробы	10-00	11-00	12-00	13-00	14-00	15-00	16-00	17-00	18-00	19-00	20-00	21-00	Среднее
1	Исходная руда	0,32	0,39	0,34	0,33	0,35	0,37	0,45	0,39	0,36	0,37	0,37	0,38	0,37
2	Питание флотации													
3	Отвальные хвосты	0,10	0,13	0,10	0,08	0,11	0,11	0,13	0,10	0,11	0,09	0,10	0,08	0,10
4	К-т объедин.технолог.													
5	К-т перемешки	13,94	14,08	16,99	17,11	15,14	16,32	17,71	17,61	16,88	17,10	17,48	15,71	16,34
6	К-т основной флотации		8,39						9,04					
7	Хвосты контр.перемеш.флот.		1,56						1,67					

8	МК-94													
9	Си головка камера 2													
10	Камера 411	13,57	14,15	17,54	17,64	16,03	16,89	15,97	16,11	6,49	15,41	14,92	15,66	15,03
11	Камера 412	3,27	4,67	5,64	5,47	4,89	10,54	6,39	7,44	8,51	6,10	8,76	5,70	6,45
12	Камера 413	1,72	6,48	8,99	6,89	6,75	11,89	8,70	9,51	3,72	7,23	7,45	6,98	7,19
13	Камера 414	1,44	2,29	2,41	7,83	8,00	3,26	3,49	2,87	2,94	3,61	2,71	4,06	3,74
14	Камера 415	1,79	2,99	3,19	2,17	2,65	3,71	3,15	3,45	3,18	2,70	1,33	4,55	2,91
15	Раз.медн..сгуст.	15,14	15,12	15,33	15,09	15,72	17,29	15,93	15,17	15,44	14,87	15,77	15,68	15,55

Таблица 21 - Результаты часовых анализов проб ОФ ТОО «Теректі Кен Байыту» за 30.06.2020 г.

1 смена Многокомпонентная микрофлотация														
часы														
№, п/п	Наименование пробы	22-00	23-00	0-00	01-00	02-00	03-00	04-00	05-00	06-00	07-00	08-00	09-00	Среднее
1	Исходная руда	0,37	0,35	0,34	0,35	0,35	0,29	0,31	0,30	0,31	0,35	0,37	0,35	0,34
2	Питание флотации													
3	Отвальные хвосты	0,12	0,09	0,10	0,08	0,09	0,11	0,08	0,10	0,09	0,07	0,07	0,08	0,09
4	К-т объедин.технолог.													
5	К-т перемешки	14,44	15,96	13,82	15,95	14,01	14,68	13,28	14,56	13,25	16,52	16,49	11,06	14,50
6	К-т основной флотации		8,13						8,34					
7	Хвосты контр.перем.флот.		2,67						2,56					
8	МК-94													
9	Си головка камера 2													
10	Камера 411	10,50	15,86	10,25	13,82	11,20	15,50	15,54	15,47	15,46	14,54	14,50	15,02	13,97
11	Камера 412	5,59	5,56	8,13	5,38	6,12	3,97	2,76	3,78	3,04	2,71	2,42	2,65	4,34
12	Камера 413	8,28	6,97	6,25	6,70	7,10	2,56	5,78	5,42	5,82	5,55	5,16	4,79	5,87
13	Камера 414	4,32	3,78	2,81	3,80	2,71	5,36	1,42	2,78	1,72	2,74	2,88	1,82	3,01
14	Камера 415	1,36	3,63	1,85	4,44	1,73	7,25	8,51	7,34	8,56	6,73	6,36	5,98	5,31
15	Раз.медн..сгуст.	15,19	15,76	15,21	15,57	15,32	14,83	14,21	14,87	14,07	14,02	13,83	15,47	14,86

Приложение – Б

Таблица 22 - Основные технологические параметры обогащения полиметаллической руды
ТОО «Теректі Кен байыту» (содержание меди и золота) - базовый режим

№ п/п	Дата	№ ХАЛ	№ ОТ К	Сме -на	Наименование проб	Сu Общая, %	Сu, окислен ная, %	Au, г/т	Ag, г/т
1	19.6.20	12-249	8190	1	Исходная руда	0,32	0,08	0,18	
2		12-727	8191		Отвальный хвост	0,08			
3		12-750	8192		Разг.медн.сгуст.	13,96		9,50	
4		12-728	8193		Концентрат тех.Об.	10,86		18,75	
5		12-729	8194		Гравитац.конц.	2,63		Нет нав.	
6	19.6.20	12-899	8195	2	Исходная руда	0,31	0,09	0,18	
7		12-898	8196		Отвальный хвост	0,11			
8		12-901	8197		Разг.медн.сгуст.	15,52		9,20	
9		12-848	8198		Концентрат тех.Об.	11,17		8,40	
10					Гравитац.конц.	не было			
1	20.6.20	12-1011	8206	1	Исходная руда	0,33	0,07	0,13	
2		12-974	8207		Отвальный хвост	0,07			
3		12-1013	8208		Разг.медн.сгуст.	12,73		9,30	
4		12-975	8209		Концентрат тех.Об.	13,66		9,175	
5		12-976	8210		Гравитац.Конц.	2,63			
6	20.6.20	12-1173	8217	2	Исходная руда	0,36	0,06	0,20	
7		12-1127	8218		Отвальный хвост	0,09			
8		12-1175	8219		Разг.медн.сгуст.	14,90		12,77	
9		12-1129	8210		Концентрат тех.Об.	15,52		12,03	
10					Гравитац.конц.	не было			
1	21.6.20	12-1011	8228	1	Исходная руда	0,35	0,10	0,13	
2		12-974	8229		Отвальный хвост	0,07			
3		12-1013	8230		Разг.медн.сгуст.	14,28		11,65	
4		12-975	8231		Концентрат тех.Об.	13,04		9,85	
5					Гравитац.конц.	не было			
6	21.6.20	12-1173	8217	2	Исходная руда	0,33	0,06	0,17	
7		12-1127	8218		Отвальный хвост	0,12			
8		12-1175	8219		Разг.медн.сгуст.	14,36		9,97	
9		12-1129	8210		Концентрат тех.Об.	15,21		10,33	
10					Гравитац.конц.	не было			

Таблица 23 - Основные технологические параметры обогащения полиметаллической руды
ТОО «Теректі Кен байыту» (содержание меди и золота) с применением многокомпонентной микрофлотации

№ п/п	Дата	№ ХАЛ	№ ОТ К	Сме -на	Наименование проб	Сu Общая, %	Сu, окислен ная, %	Au, г/т	Ag, г/т
1	23.6.20	12-1648	8247	1	Исходная руда	0,34	0,08	0,20	

2		12-1645	8248		Отвальный хвост	0,07			
3		12-1650	8249		Разг.медн.сгуст.	14,28		8,50	
4		12-1646	8250		Концентрат тех.Об.	12,73		10,87	
5		12-1647	8251		Гравитац.конц.	0,87		77,50	
6	23.6.20	12-1745	8252	2	Исходная руда	0,32	0,08	0,19	
7		12-1735	8253		Отвальный хвост	0,10			
8		12-1747	8254		Разг.медн.сгуст.	14,12		10,53	
9		12-1736	8255		Концентрат тех.Об.	13,04		10,77	
10		12-1737	8256		Гравитац.конц.	0,95		28,00	

Таблица 24* - Основные технологические параметры обогащения полиметаллической руды ТОО «Теректі Кен байыту» (содержание меди и золота) с применением многокомпонентной микрофлотации

№ п/п	Дата	№ ХАЛ	№ ОТ К	Сме -на	Наименование проб	Си Общая, %	Си, окислен ная, %	Au, г/т	Ag, г/т
1	24.6.20	12-1866	8257	1	Исходная руда	0,33	0,06	0,14	
2		12-1863	8258		Отвальный хвост	0,07			
3		12-1868	8259		Разг.медн.сгуст.	14,98		9,80	
4		12-1864	8260		Концентрат тех.Об.	10,94		10,37	
5		12-1865	8261		Гравитац.конц.	1,55			
6		12-1944	8262		Камера 411	17,22		9,05	
7		12-1945	8263		Камера 412	6,97		2,75	
8		12-1946	8264		Камера 413	6,90		4,25	
9		12-1947	8265		Камера 414	1,67		0,00	
10		12-1948	8266		Камера 415	1,60		0,00	
11	24.6.20	12-2003	8267	2	Исходная руда	0,38	0,07	0,11	
12		12-2005	8268		Отвальный хвост	0,1			
13		12-2004	8269		Разг.медн.сгуст.	14,35		12,43	
14		12-1991	8270		Концентрат тех.Об.	15,90		13,33	
15					Гравитац.конц.	не было			
16		12-2082	8271		Камера 411	18,00		8,65	
17		12-2083	8272		Камера 412	5,89		2,95	
18		12-2084	8273		Камера 413	5,81		5,70	
19		12-2085	8274		Камера 414	1,05		0,00	
20		12-2086	8275		Камера 415	1,60		0,00	

Таблица 25 - Основные технологические параметры обогащения полиметаллической руды ТОО «Теректі Кен байыту» (содержание меди и золота) с применением многокомпонентной микрофлотации

№ п/п	Дата	№ ХАЛ	№ ОТ К	Сме -на	Наименование проб	Си Общая, %	Си, окислен ная, %	Au, г/т	Ag, г/т
1	25.6.20	12-2164	8276	1	Исходная руда	0,35	0,06	0,16	
2		12-2165	8277		Отвальный хвост	0,10			
3		12-2166	8278		Разг.медн.сгуст.	13,97		9,23	
4		12-2193	8279		Концентрат тех.Об.	14,05		9,13	
5		12-2167	8285		Питание флотации	0,3			
6		12-2188	8280		Камера 411	11,17		7,77	
7		12-2189	8281		Камера 412	3,96		5,07	
8		12-2190	8282		Камера 413	5,28			
9		12-2191	8283		Камера 414	1,48		0,00	
10		12-2192	8284		Камера 415	0,94		0,00	
11	25.6.20	12-2306	8286	2	Исходная руда	0,35	0,07	0,23	
12		12-2307	8287		Отвальный хвост	0,11			
13		12-2308	8288		Разг.медн.сгуст.	14,98		10,17	

14		12-2285	8289		Концентрат тех.Об.	15,77		9,97	
15		12-2286	8290		Питание флотации	0,43		0,14	
16		12-2309	8291		Камера 411	14,82		9,10	
17		12-2310	8292		Камера 412	4,73		4,8	
18		12-2311	8293		Камера 413	5,46		4,3	
19		12-2312	8294		Камера 414	4,76		0,00	
20		12-2313	8295		Камера 415	2,86		0,00	

Таблица 26* - Основные технологические параметры обогащения полиметаллической руды ТОО «Теректі Кен байыту» (содержание меди и золота) с применением многокомпонентной микрофлотации

№ п/п	Дата	№ ХАЛ	№ ОТ К	Сме -на	Наименование проб	Си Общая, %	Си, окислен ная, %	Au, г/т	Ag, г/т
1	26.6.20	12-2429	8296	1	Исходная руда	0,36	0,09	0,16	
2		12-2441	8297		Отвальный хвост	0,09			
3		12-2428	8298		Разг.медн.сгуст.	14,51		10,87	
4		12-2417	8299		Концентрат тех.Об.	12,30		10,40	
5		12-2442	8300		Питание флотации	0,29			
6		12-2443	8301		Камера 411	12,93		8,25	
7		12-2444	8302		Камера 412	4,10		5,7	
8		12-2445	8303		Камера 413	5,68		4,10	
9		12-2446	8304		Камера 414	3,94		1,75	
10		12-2447	8305		Камера 415	3,78		0,00	
11	26.6.20	12-2559	8306	2	Исходная руда	0,33		0,15	
12		12-2555	8307		Отвальный хвост	0,07			
13		12-2560	8308		Разг.медн.сгуст.	13,88		13,87	
14		12-2556	8309		Концентрат тех.Об.	12,62		15,30	
15		12-2557	8310		Питание флотации	0,24			
16		12-2592	8311		Камера 411	12,93		8,2	
17		12-2593	8312		Камера 412	6,94		7,75	
18		12-2594	8313		Камера 413	8,52		5,8	
19		12-2595	8314		Камера 414	3,78		4,25	
20		12-2596	8315		Камера 415	3,47		5,35	

Таблица 27 - Основные технологические параметры обогащения полиметаллической руды ТОО «Теректі Кен байыту» (содержание меди и золота) с применением многокомпонентной микрофлотации

№ п/п	Дата	№ ХАЛ	№ ОТ К	Сме -на	Наименование проб	Сu Общая, %	Сu, окислен ная, %	Au, г/т	Ag, г/т
1	27.6.20	12-2686	8296	1	Исходная руда	0,37	0,11	0,16	
2		12-2684	8297		Отвальный хвост	0,12			
3		12-2685	8298		Разг.медн.сгуст.	13,40		10,13	
4		12-2674	8299		Концентрат тех.Об.	13,88		9,87	
5		12-2708	8300		Питание флотации	0,32			
6		12-2737	8301		Камера 411	11,98		6,65	
7		12-2738	8302		Камера 412	5,68		3,75	
8		12-2739	8303		Камера 413	4,73		4,15	
9		12-2740	8304		Камера 414	5,05		5,05	
10		12-2741	8305		Камера 415	2,52		3,10	
11	27.6.20	12-2823	8306	2	Исходная руда	0,33	0,09	0,16	
12		12-2835	8307		Отвальный хвост	0,10			
13		12-2813	8308		Разг.медн.сгуст.	13,88		10,23	
14		12-2802	8309		Концентрат тех.Об.	15,14		8,50	
15		12-2801	8310		Питание флотации	0,34			
16		12-2839	8311		Камера 411	13,25		13,85	
17		12-2840	8312		Камера 412	6,31		8,55	
18		12-2841	8313		Камера 413	4,73		9,85	
19		12-2842	8314		Камера 414	2,84		4,40	
20		12-2843	8315		Камера 415	2,2		0,00	

Таблица 28 - Основные технологические параметры обогащения полиметаллической руды ТОО «Теректі Кен байыту» (содержание меди и золота) с применением многокомпонентной микрофлотации

№ п/п	Дата	№ ХАЛ	№ ОТ К	Сме -на	Наименование проб	Сu Общая, %	Сu, окислен ная, %	Au, г/т	Ag, г/т
1	28.6.20	12-2942	8336	1	Исходная руда	0,32	0,10	0,14	
2		12-2965	8337		Отвальный хвост	0,11			
3		12-2944	8338		Разг.медн.сгуст.	13,25		13,10	
4		12-2932	8339		Концентрат тех.Об.	14,51		13,77	
5		12-2966	8340		Питание флотации	0,29			
6		12-2998	8341		Камера 411	12,30		7,90	
7		12-2999	8342		Камера 412	6,94		4,75	
8		12-3000	8343		Камера 413	4,10		4,25	
9		12-3001	8344		Камера 414	2,52		0	
10		12-3002	8345		Камера 415	2,13		6,70	
11	28.6.20	12-3081	8346	2	Исходная руда	0,36	0,11	0,13	
12		12-3082	8347		Отвальный хвост	0,10			
13		12-3083	8348		Разг.медн.сгуст.	14,82		8,7	
14		12-3084	8349		Концентрат тех.Об.	13,72		14,57	
15		12-3085	8350		Питание флотации	0,33			

16		12-3086	8351		Камера 411	13,88		6,95	
17		12-3087	8352		Камера 412	7,88		6,40	
18		12-3088	8353		Камера 413	5,68		3,85	
19		12-3089	8354		Камера 414	3,15		5,80	
20		12-3090	8355		Камера 415	2,84		3,90	

Таблица 29 - Основные технологические параметры обогащения полиметаллической руды ТОО «Теректі Кен байыту» (содержание меди и золота) с применением многокомпонентной микрофлотации

№ п/п	Дата	№ ХАЛ	№ ОТ К	Сме -на	Наименование проб	Си Общая, %	Си, окислен ная, %	Au, г/т	Ag, г/т
1	29.06.20	12-3238	8356	1	Исходная руда	0,36	0,12		
2		12-3239	8357		Отвальный хвост	0,10			
3		12-3213	8358		Разг.медн.сгуст.	14,35		10,63	
4		12-3214	8359		Концентрат тех.Об.	13,88		10,60	
5		12-3254	8360		Питание флотации	0,32			
6		12-3240	8361		Камера 411	11,98		6,35	
7		12-3241	8362		Камера 412	5,99		7,90	
8		12-3242	8363		Камера 413	4,43		6,40	
9		12-3243	8364		Камера 414	3,47		3,20	
10		12-3244	8365		Камера 415	2,30		0,00	
11	29.06.20	12-3356	8366	2	Исходная руда	0,35	0,09	0,16	
12		12-3357	8367		Отвальный хвост	0,10			
13		12-3358	8368		Разг.медн.сгуст.	15,45		12,30	
14		12-3359	8369		Концентрат тех.Об.	15,77		9,23	
15		12-3360	8370		Питание флотации	0,36			
16		12-3374	8371		Камера 411	15,77		9,05	
17		12-3375	8372		Камера 412	6,94		5,35	
18		12-3376	8373		Камера 413	7,57		6,85	
19		12-3377	8374		Камера 414	4,10		6,60	
20		12-3378	8375		Камера 415	3,00		3,45	

Приложение С

Список опубликованных работ по теме диссертаций

1. Тастенова Ф.Н., Тусупбаев Н.К. «Автоматизированная система управления процессом смешанных сульфидно-окисленных медных руд обогатителей фабрики «Теректи кен байыту»»/ Сәтпаев оқулары-2022. Қазіргі ғылыми зерттелулер трендтері