

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЕННОЙ СЕПАРАЦИИ АЛМАЗОСОДЕРЖАЩИХ КИМБЕРЛИТОВ**

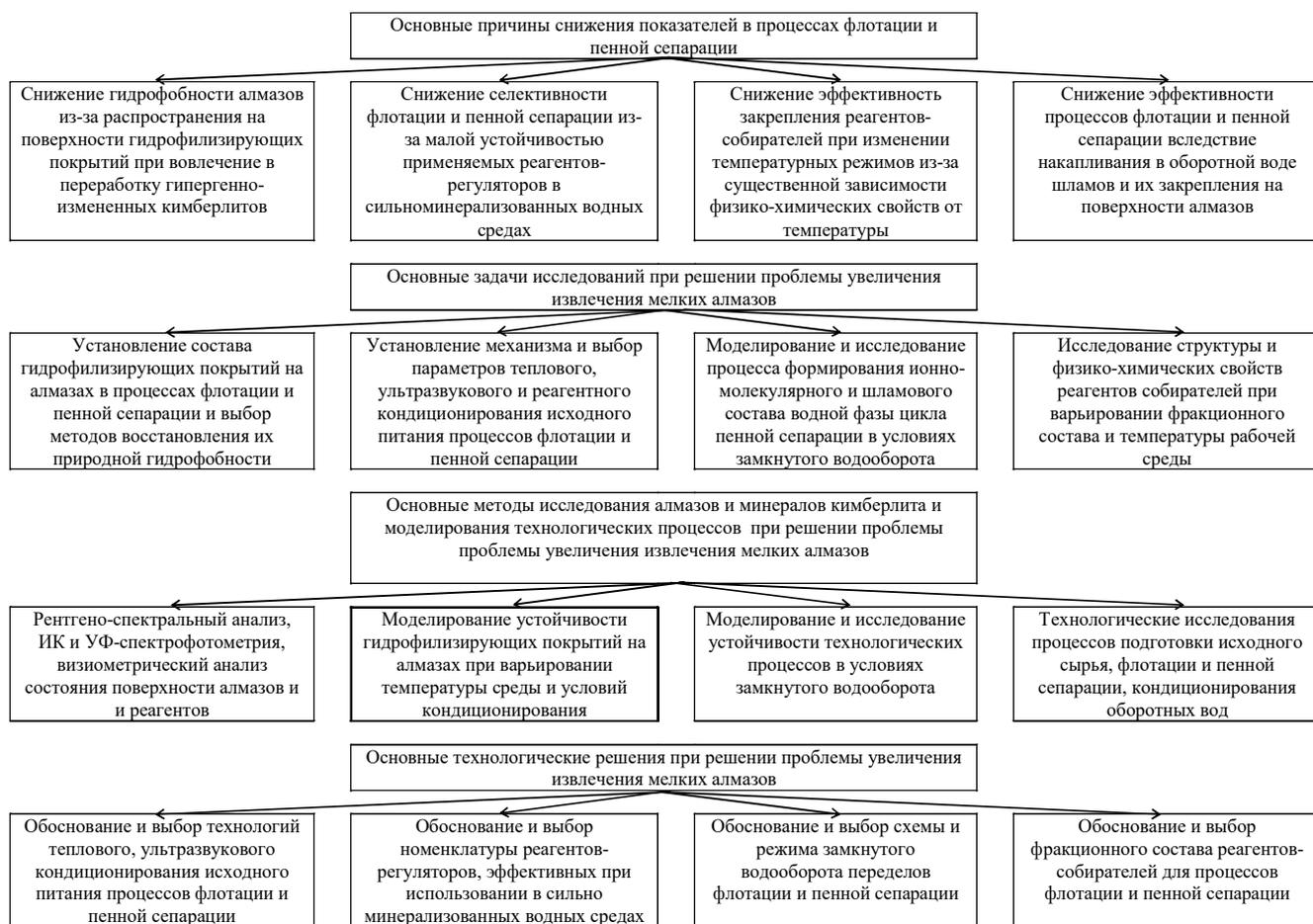
**Коваленко Е.Г.**

Институт «Якутнипроалмаз» АК «АЛРОСА» (ПАО), г. Мирный, Россия

Одним из перспективных путей повышения выпуска мелких классов алмазов на предприятиях АК «АЛРОСА» является интенсификация и оптимизация процессов флотации и пенной сепарации. В классе крупности  $-3+0,5$  мм концентрируется до 40-45 % общего количества алмазов в руде, что составляет около 15 % от стоимости товарной продукции. Потери алмазов в этом классе крупности достигают 20 %. В 2021 г. рост производства алмазов достигнут за счет увеличения производства на переделах пенной сепарации на 14 обогатительной фабрике Айхальского ГОКа. С процессами пенной сепарации связаны и главные перспективы увеличения производства технических алмазов на предприятиях АК «АЛРОСА» в настоящее время.

Снижение потерь трудно извлекаемых алмазов достигается путем повышения их флотируемости за счет комплексного решения задач удаления гидрофилизирующих покрытий, разработки, применения адгезионно активных и устойчиво закрепляющихся собирателей и выбора оптимального реагентного и температурного режима в процессах подготовки исходного питания, пенной сепарации и кондиционирования оборотной воды. Решение поставленных задач было невозможно без научного обоснования и выбора температурного и реагентного режима флотационного обогащения алмазосодержащих кимберлитов, включая операции кондиционирования пульпы и воды в цикле процессов пенной сепарации с применением реагентной, тепловой и электрохимической обработки (рис. 1).

Для решения данной проблемы были проведены научные исследования с применением современных методов, таких как ИК, УФ, РФЭС и ОЖЕ-спектроскопия кимберлитов и минеральных образований на поверхности алмазов, твердой фазы оборотных вод. Применены методики термодинамических расчетов равновесий в исследуемых водных системах при повышенных температурах. Использован визиометрический анализ фазового состава реагентов-собирателей. Проведены измерения смачиваемости и флотируемости алмазов. Апробация разработанных реагентов и температурных режимов, способов кондиционирования оборотных вод проведена на автоматизированной установке пенной сепарации и в промышленных условиях на обогатительных фабриках № 3 и № 14 АК «АЛРОСА».



**Рисунок 1 – Анализ и выбор путей решения проблемы увеличения извлечения мелких алмазов процессами флотации и пенной сепарации**

В процессе научных исследований была разработана методология определения причин гидрофиллизации и выбора технологий восстановления природной гидрофобности мелких алмазов, заключающаяся в определении по данным сканирующей электронной микроскопии элементного состава поверхностных образований, расчете массовых долей базовых минеральных групп (отличающихся генезисом, механической и химической устойчивостью), выборе совокупности физических, физико-химических и реагентных методов кондиционирования водно-минеральных систем в циклах флотации и пенной сепарации алмазосодержащих кимберлитов.

Установлена определяющая роль рыхлых минеральных образований в гидрофильных покрытиях на поверхности алмазов. Показано, что эти покрытия находятся в динамическом равновесии со шламами, содержащимися в водной фазе пульпы. Подтвержден механизм механического удаления рыхлых минеральных образований с поверхности алмазов при взаимодействии минеральных зерен в условиях турбулизации среды или в процессе оттирки в пульпе высокой плотности вплоть до их полного диспергирования. Отмечена

особенность механизма гидрофилизации, заключающаяся в протекании процесса закрепления тонкодисперсных слоистых алюмосиликатов на гидрофобной поверхности алмазов.

Методом термохимического моделирования были определены условия техногенной гидрофилизации алмазов кристаллизующимися минералами карбонатного и силикатного состава, образующимися из пересыщенных водных фаз технологических процессов при повышенных температурах в условиях термического кондиционирования и выбор условий растворения и предотвращения образования пленочных гидрофилизирующих покрытий в условиях комбинированного применения термического и электрохимического кондиционирования водно-минеральных систем. Результатами расчетов и экспериментальных исследований обосновано применение и определены параметры процесса электрохимического кондиционирования оборотной воды, обеспечивающего повышение эффективности очистки поверхности алмазов в операции пенной сепарации при применении технологии тепловой обработки, обеспечивающей термохимическое разрушение и растворение гидрофилизирующих образований на поверхности алмазов, достигаемые за счет снижения концентрации ионов кальция и карбоната, а также смещения рН среды в кислую область.

На основании экспериментальных исследований методами измерения краевых углов смачивания и беспенной флотации дано обоснование рациональной совокупности методов кондиционирования водно-минеральных систем для очистки и предотвращения образования на поверхности алмазов гидрофилизирующих покрытий, включающей термомеханическое и термохимическое удаление рельефных и пленочных карбонатных покрытий, механическую очистку от шламов с непрерывным удалением шламовых образований из водной фазы, кондиционирование водной фазы реагентами-диспергаторами шламов и декристаллизаторами, а также электрохимическое кондиционирование оборотной воды.

Вскрыт механизм закрепления шламовых покрытий на алмазах и дано новое научное обоснование разрушения гетерофазных систем алмаз – поверхностное шламовое минеральное образование при использовании термохимического и ультразвукового кондиционирования пульпы, обеспечивающего гидрофобизацию поверхности алмазов и повышение показателей пенной сепарации алмазов.

Определены причины высокой эффективности сочетания процессов теплового кондиционирования пульпы и электрохимического кондиционирования оборотной воды для восстановления природной гидрофобности алмазов и повышения интенсивности закрепления собирателя, заключающиеся в усилении термохимического механизма растворения пленочных покрытий с поверхности алмазов.

Установлены новые зависимости и закономерности изменения фазового состава собирателя при смешивании мазута и дегазированной нефти, заключающиеся в растворении асфальтенов в низкомолекулярных фракциях нефти, а парафинов – в среднемoleкулярных фракциях мазута. Показано, что протекающее одновременно с процессом взаиморастворения различных фракций образование тонкодисперсных и коллоидных растворов высокомолекулярных компонентов нефтепродуктов увеличивает их адгезионную активность и приводит к увеличению собирательных свойств компаундов на основе мазута Ф-5 и Маччобинской нефти.

Разработана модель и установлены закономерности массопереноса водной фазы в цикле пенной сепарации при варьировании степени замыкания схемы водооборота, определяющие скорость и предельный уровень нарастания минерализации оборотной воды и увеличения остаточных концентраций реагентов и шламов, являющихся причиной снижения извлечения алмазов. Результаты моделирования и экспериментальной проверки процесса соле-накопления показали, что замыкание схемы водооборота от 60 до 90 % обуславливает нарастание минерализации оборотной воды на 50 %, увеличивает остаточные концентрации реагентов на 25-40 %, ведет к росту концентрации шламов в водной фазе технологического процесса на 180 %. Установлено, что снижение извлечения алмазов на 8 % при увеличении доли оборотной воды от 85 до 90 % обусловлено отрицательным влиянием шламов. Показано, что оптимальная степень замыкания водооборота при действующей системе осветления оборотных вод составляет 85 %.

Определен оптимальный температурный режим подготовки питания к процессу пенной сепарации мелких классов алмазов, включающий тепловую обработку алмазосодержащего концентрата острым паром при температуре пульпы 80-85 °С, кондиционирование с реагентами и флотацию в пенном сепараторе при 45-50 °С, подачу в операции кондиционирования и флотации оборотной воды и пенную сепарацию при температуре 14-24 °С. Показано, что выбранный режим предполагает использование накопленного в операции тепловой обработки при 85 °С тепла для поддержания необходимых температур в операциях кондиционирования с реагентами (более 30 °С) и непосредственно в процессе пенной сепарации (более 18 °С).

Результатами полупромышленной и промышленной апробации показана эффективность комбинированной технологии кондиционирования исходного питания, новых реагентных режимов и схем замкнутого водооборота в цикле пенной сепарации алмазосодержащих кимберлитов, обеспечивающих повышение извлечения технических алмазов на 3-5 %. Разработанные технологические режимы флотационного обогащения мелких классов алмазосодержащих руд с применением комбинированной тепловой и электрохимической обработки пульпы и воды, новых реагентов-собирателей, диспергаторов и регуляторов, а также режимы оборотного водоснабжения были испытаны в промышленных условиях и внедрены на обогатительных фабриках № 3 и № 14

«АК «АЛРОСА». Достигнутый и ожидаемый экономический эффект от внедрения разработок составляет 196,8 млн. руб. в год.

#### *Список литературы*

1. Двойченкова Г. П., Коваленко Е. Г., Комарова Н. И. Моделирование и исследование поверхностных свойств алмазов при использовании электрохимически модифицированных минерализованных вод // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2014. – №5. – С.42-47.
2. Коваленко Е. Г., Двойченкова Г. П., Поливанская В. В. Обоснование применения метода тепловой обработки для повышения эффективности процесса пенной сепарации алмазов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2014. – № 6. – С. 158–164.
3. Коваленко Е. Г. Моделирование и оптимизация замкнутого водооборота в цикле пенной сепарации алмазосодержащих кимберлитов // В сборнике: Проблемы комплексной и экологически безопасной переработки природного и техногенного минерального сырья (Плаксинские чтения - 2021). Владикавказ, 2021. – С. 328-332.
4. Коваленко Е. Г., Двойченкова Г. П. Применение теплового кондиционирования в процессе пенной сепарации алмазосодержащих кимберлитов // Горный журнал. – 2022. – № 8. – С. 41-47.
5. Двойченкова Г. П., Коваленко Е. Г., Тимофеев А. С., Подкаменный Ю. А. Повышение эффективности пенной сепарации алмазосодержащего материала за счет комбинированной очистки поверхности алмазов от шламовых гидрофилизирующих покрытий // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2022. – № 10. – С. 20-38.
6. Морозов В. В., Коваленко Е. Г., Двойченкова Г. П., Чуть-Ды В.А. Выбор температурных режимов кондиционирования и флотации алмазосодержащих кимберлитов компаундными собирателями // Горные науки и технологии. – 2022. – Т. 7. – № 4. – С. 287-297.
7. Морозов В. В., Двойченкова Г. П., Коваленко Е. Г., Тимофеев А. С. Обоснование степени замыкания водооборота в цикле пенной сепарации алмазосодержащих кимберлитов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2022. – № 12. – С. 4-19.

УДК:622.7

## **ВЫБОР ОРГАНИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ ЛЮМИНОФОРСОДЕРЖАЩИХ МОДИФИКАТОРОВ СПЕКТРАЛЬНО-КИНЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АЛМАЗОВ\***

**Морозов В.В., Двойченкова Г.П., Чантурия Е.Л., Тимофеев А.С., Лезова С.П.**  
ФГБУН «Институт проблем комплексного освоения недр  
им. акад. Н.В. Мельникова РАН», г. Москва, Россия

*\*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-17-00020,  
<https://rscf.ru/project/21-17-00020/>*

Для снижения потерь алмазов с вышеуказанными свойствами разработана технология модифицирования их спектрально-кинетических характеристик за счет селективного закрепления на их поверхности композиций люминофоров [1]. Технология обработки алмазосодержащего материала предполагает использование специально подобранных люминофоров в органической