

# ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ И ОБОГАЩЕНИИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ



**А. А. Абрамов,**  
проф., д-р техн. наук  
Московский государственный  
горный университет

Обогатительные фабрики ежегодно направляют в отвалы, хвостохранилища и очистные сооружения до 10 км<sup>3</sup> твердых и жидких отходов. Со сточными водами (жидкой фазой технологических хвостов, сливами и фильтратами от сгущения и обезвоживания концентратов, смывными стоками и стоками мокрой газоочистки) за год сбрасывается до 17,8 Мт растворенных веществ по сухому остатку. Среди них соединения тяжелых металлов, серы, фосфора, мышьяка, которые являются главными источниками загрязнения биосферы. Солевой и ионный составы сточных вод обогатительных (особенно флотационных) фабрик, часто объединяемых с рудничными, шахтными, карьерными водами, определяются химическим составом перерабатываемых руд и продуктами реакций, протекающих во флотационной пульпе.

Дефицит запасов чистой воды, необходимость защиты природных водоемов от загрязнений и рациональное использование источников водоснабжения требуют организации на обогатительных фабриках оборотного водоснабжения, одна-

ко его эффективная реализация, связанная с многократным использованием воды и постепенным переходом на замкнутые системы водоснабжения, предполагает решение целого ряда проблем. Во-первых, наличие в оборотных водах вредных примесей, количество которых возрастает по мере их использования, резко ухудшает технологические и технико-экономические показатели обогащения минерального сырья. В связи с этим обязательным условием создания систем оборотного водоснабжения является предварительное кондиционирование оборотных вод с целью их очистки и удаления вредных примесей. Во-вторых, следует учитывать, что подлежащие очистке природные и сточные воды часто содержат в значительных количествах ценные компоненты, стоимость которых в ряде случаев настолько велика, что позволяет полностью окупить затраты на водоочистку. В свою очередь, сохранение в оборотной воде необходимых концентраций органических и неорганических соединений, представленных реагентами, используемыми в технологическом процессе флотации, позволит существенно сократить расходы на их приобретение. Таким образом, технология кондиционирования оборотных вод должна предусматривать извлечение из них ценных компонентов при сохранении необходимых концентраций органических и неорганических реагентов. В-третьих, именно технологический процесс обогащения минерального сырья определяет характер вредных примесей в составе поступающих на фабрику оборотных вод. Следовательно, целью процесса их кондиционирования при организации замкнутых схем водооборота является поддержание такого ионно-молекулярного и дисперсионного состава оборотных вод, при котором в каждом цикле технологического процесса обеспечиваются условия, необходимые для получения максимально возможных технико-экономических показателей обогащения.

Решение перечисленных проблем позволит обеспечить, наряду с надежной охраной окружающей среды, высокую эффективность технологических процессов, дополнительное извлечение ценных компонентов в циклах кондиционирования промышленных и оборотных вод и сократить расходы на флотационные реагенты.

## Характеристика схем оборотного водоснабжения

В настоящее время практически все обогатительные фабрики используют лишь частичный (от 5 до 85 %) водооборот, что обусловлено в основном резким ухудшением технологических показателей обогащения при использовании осветленных вод хвостохранилища в качестве оборотных без предварительного

их кондиционирования или с очисткой (например, хлорированием) без учета требований технологического процесса. Так, на Белоусовской флотационной фабрике это привело к снижению суммарного извлечения металлов более чем на 20 % [1, 2].

Наиболее часто применяется *схема водооборота с использованием в качестве оборотной осветленной воды хвостохранилища*. Недостатки ее – воз-

растание концентрации примесей по мере оборота воды и сокращение возможностей повторного использования содержащихся в стоках реагентов, усложнение ионно-молекулярного состава и снижение концентраций отдельных компонентов. По этим причинам она более или менее пригодна при использовании физических методов обогащения, например гравитационного, магнитной

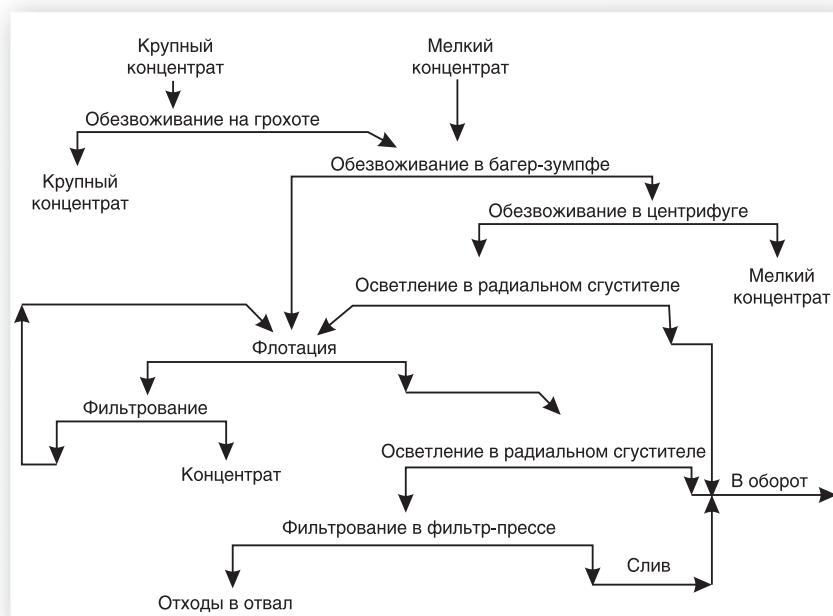


Рис. 1. Схема обезвоживания и водооборота при обогащении коксующихся углей

сепарации, а также флотации аполярных минералов. Основными вредными примесями при этом являются тонкие шламистые частицы, а ионно-молекулярный состав воды имеет второстепенное значение. Цель кондиционирования оборотных вод в этом случае – возможно более полное удаление из них тонких минеральных частиц, часть которых может быть представлена ценными компонентами. Типовая схема обезвоживания и водооборота при обогащении углей по схеме с флотацией шламов показана на рис. 1.

При использовании физико-химических методов обогащения полезных ископаемых (кроме угля), например флотационных, определяющее значение имеют концентрации ионов и молекул и их соотношение в оборотных водах. Основными вредными примесями являются избыточные остаточные концентрации флотационных реагентов, химические осадки, анионы модификаторов, катионы тяжелых металлов, масла, эмульгированные и растворимые органические соединения и т. д. Осуществление водооборота (без операции кондиционирования) приводит к их накоплению в оборотных водах и неминуемому ухудшению показателей обогащения [2].

Следует отметить, что предлагаемые в настоящее время технологии кондиционирования, предусматривающие очистку оборотных вод до качества свежей, являются необоснованными. Применение специальных методов очистки и кондиционирования всей оборотной воды требует не только больших капитальных и эксплуатационных затрат, что резко увеличивает себестоимость получаемых концентратов, но и приводит к потере всех ценных компонентов, имеющихся в оборотной воде, и разрушению реагентов, необходимых для осуществления флотационного процесса. Не вполне обоснованными по этим же причинам являются *схемы водооборота, предусматривающие доочистку и кондиционирование только той части оборотной воды, которая используется на технические и санитарно-технические цели, во вспомогательных операциях или в отдельных узлах технологической схемы обогащения руд.* Так, например, на апатит-нефелиновой обогатительной фабрике АНОФ-2 ОАО «Апатит» механохимической очистке (кондиционированию) подвергается лишь часть оборотной воды, а на обогатительной фабрике Кингисеппского ПО «Фосфорит» на биохимическую очистку подаются только сливы сгустителей и фильтрат вакуум-фильтров, что, естественно, приводит к существенным трудностям в получении максимально возможных показателей обогащения. Таким образом, очевидно, что схема водооборота и технология кондиционирования оборотных и промышленных вод должны определяться принятой технологией обогащения минерального сырья, которая, в свою очередь, зависит от типа перерабатываемых руд или углей [1, 2].

При флотации целью кондиционирования оборотных вод является их избирательная очистка, в процессе которой удаляются с последующей их утилизацией только те компоненты, которые вредно влияют на селективную флотацию минералов данной фабрики, и сохраняются компоненты, необходимые для протекания флотационного процесса. Поскольку схема флотации минерального сырья включает обычно несколько циклов, каждый из которых характеризуется своим реагентным режимом, то и условия кондиционирования оборотной воды для каждого цикла должны определяться его требованиями, что можно осуществить только при поцикловом водообороте.

Схема *поциклового водооборота* предполагает возврат очищенных стоков в тот же передел, отходом которого они являлись. В случае коллективно-селективной флотации руд цветных металлов, например свинцово-цинковых руд, только хвосты коллективной флотации направляются в хвостохранилище, а затем осветленная оборотная вода возвращается в операции измельчения. В селективных циклах флотации сливы сгустителей возвращаются в свои циклы после необходимой очистки в процессе кондиционирования от загрязняющих примесей (рис. 2). При прямой селективной флотации таких руд вода данного цикла после ее кондиционирования полностью возвращается в тот же цикл. При обогащении барит-полиметаллических руд схема оборотного водоснабжения усложняется, что обусловлено применением собирателей двух типов: ксантогената для сульфидных

тител и фильтрат вакуум-фильтров, что, естественно, приводит к существенным трудностям в получении максимально возможных показателей обогащения. Таким образом, очевидно, что схема водооборота и технология кондиционирования оборотных и промышленных вод должны определяться принятой технологией обогащения минерального сырья, которая, в свою очередь, зависит от типа перерабатываемых руд или углей [1, 2].

При флотации целью кондиционирования оборотных вод является их избирательная очистка, в процессе которой удаляются с последующей их утилизацией только те компоненты, которые вредно влияют на селективную флотацию минералов данной фабрики, и сохраняются компоненты, необходимые для протекания флотационного процесса. Поскольку схема флотации минерального сырья включает обычно несколько циклов, каждый из которых характеризуется своим реагентным режимом, то и условия кондиционирования оборотной воды для каждого цикла должны определяться его требованиями, что можно осуществить только при поцикловом водообороте.

Схема *поциклового водооборота* предполагает возврат очищенных стоков в тот же передел, отходом которого они являлись. В случае коллективно-селективной флотации руд цветных металлов, например свинцово-цинковых руд, только хвосты коллективной флотации направляются в хвостохранилище, а затем осветленная оборотная вода возвращается в операции измельчения. В селективных циклах флотации сливы сгустителей возвращаются в свои циклы после необходимой очистки в процессе кондиционирования от загрязняющих примесей (рис. 2). При прямой селективной флотации таких руд вода данного цикла после ее кондиционирования полностью возвращается в тот же цикл. При обогащении барит-полиметаллических руд схема оборотного водоснабжения усложняется, что обусловлено применением собирателей двух типов: ксантогената для сульфидных

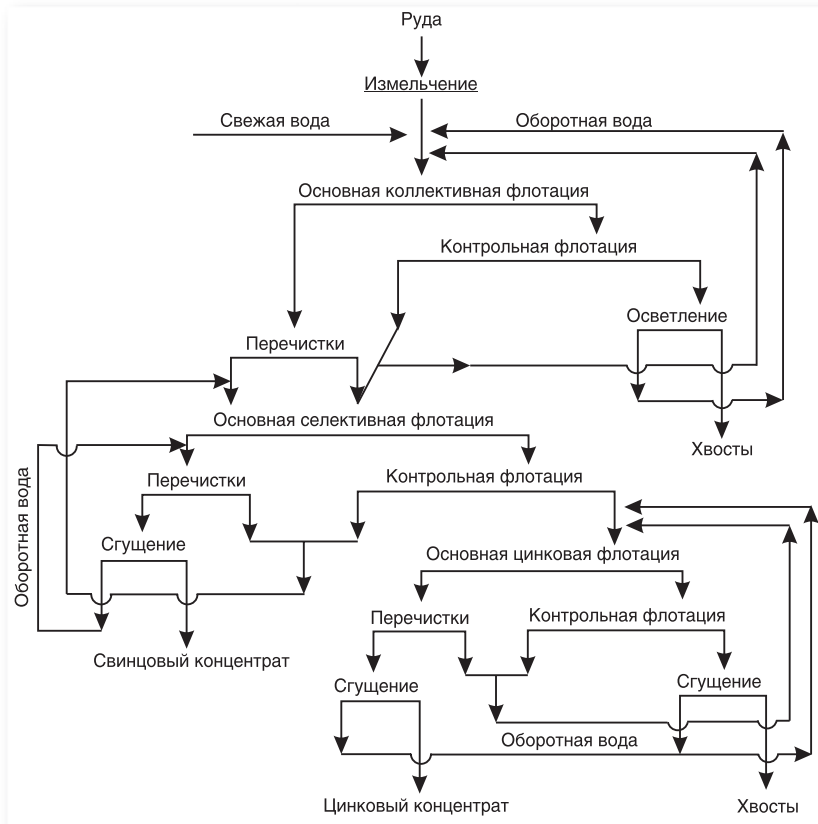
минералов и жирных кислот – для барита. На золотоизвлекающих фабриках при переработке руды по комбинированной схеме (флотация и цианирование) хвосты флотации поступают в хвостохранилище, слив которого используется в качестве оборотной воды и для гидротранспорта хвостов цианирования (вместо свежей воды).

Низкая эффективность поцикловых схем водооборота, в настоящее время не способных предотвратить ухудшение технологических и технико-экономических показателей при использовании оборотных вод, обусловлена или отсутствием операций их кондиционирования, что приводит к быстрому накоплению вредных примесей и нестабильности технологического процесса, или игнорированием требований процесса к качеству используемых в нем вод. Поэтому главным направлением в развитии методов кондиционирования с извлечением полезных компонентов из сточных и природных вод является разработка технологически обоснованных требований к оборотным водам в схемах замкнутого водоиспользования одного или нескольких предприятий.

**Требования технологических процессов к составу оборотных вод**

Требования к составу оборотных вод наиболее просты при использовании *физических методов обогащения* (гравитационного, магнитного и др.). Они сводятся, во-первых, к возможно более полному удалению из них тонких шламистых частиц и, во-вторых, – к извлечению имеющихся в оборотных водах ценных компонентов.

Наиболее сложные задачи возникают при кондиционировании оборотных вод для *физико-химических методов обогащения*, например, селективной флотации полиметаллических руд. В этом случае оно должно осуществляться в соответствии с количественными зависимостями между необходимыми концентрациями реагентов в оптимальных условиях процесса, куда подается оборотная



**Рис. 2. Принципиальная схема оборотного водоснабжения при коллективно-селективной флотации полиметаллических руд**

вода. Должны удаляться с последующей их утилизацией только те компоненты, которые вредно влияют на селективную флотацию минералов, и сохраняться ионные и молекулярные компоненты, необходимые для протекания данного флотационного процесса. При таком кондиционировании вод можно существенно снизить расход реагентов без ухудшения технологических показателей обогащения при полном водообороте на фабрике.

Достоверные количественные зависимости между концентрациями реагентов в оптимальных условиях процессов коллективной и селективной флотации можно получить в результате термодинамического анализа механизма действия реагентов и сопоставления полученных выводов с результатами экспериментальных исследований, т. е. путем физико-химического моделирования флотационных систем [2]. Получаемые таким образом модели являются детерминированными. До-

стоверность их сохраняется в условиях широких изменений вещественного состава перерабатываемых руд, крупности их измельчения, количества растворимых солей и шламов, гидродинамических условий флотации и других параметров технологического процесса. Разработанные к настоящему времени детерминированные модели позволяют осуществить оптимизацию практически всех основных процессов коллективной и селективной флотации руд цветных металлов и солеобразных минералов [2, 3] и являются, по сути, требованиями технологического процесса к составу (качеству) оборотных вод.

**Методы контроля и регулирования ионного состава оборотных вод и жидкой фазы пульпы**

Концентрация реагентов в жидкой фазе пульпы, определяющая возможность и селективность флотации минералов, измеряется в фильтрах или непосредственно в пульпе мето-

дами потенциометрии, кондуктометрии, спектрометрии, полярографии, хронопотенциографии и др. Так, *метод потенциометрии* широко применяется для измерения концентрации водородных, сульфидных, цианидных ионов, катионов кальция, магния и натрия, а также значения окислительно-восстановительного потенциала пульпы. *Кондуктометрический метод* используется для измерения концентрации свободного СаО в жидкой фазе пульпы. *Спектрофотометрический метод* применяется в системе централизованного автоматического контроля ионов ксантогената, а *полярографический* – в полярографическом анализаторе катионов цинка в жидкой фазе пульпы. *Метод хронопотенциографии* служит для определения концентрации катионов меди, цинка и других металлов, обычно в фильтрате пульпы.

Целесообразной является разработка аналитических комплексов разных типов для определения концентраций реагентов в жидкой фазе пульпы. Такие комплексы необходимы не только для контроля и регулирования ионного состава пульпы и оборотных вод, но и для контроля загрязнения окружающей среды и решения связанных с этим экологических проблем.

### Методы кондиционирования оборотных вод

Главным направлением развития методов кондиционирования оборотных вод с извлечением из них ценных компонентов является приведение их в соответствие с обоснованными технологическими требованиями используемого процесса обогащения минерального сырья.

**Удаление твердых частиц из оборотных вод.** Для удаления твердых частиц из оборотных вод в процессе их получения и кондиционирования используются процессы осаждения, фильтрации и методы флотации, разработанные специально для извлечения тонких частиц (методы IAF, DAF, NT, CAF, APF, BAF, FF и др. [2]).

*Осветление сточных вод* в хвостохранилище происходит в результате осаждения грубо- и среднedisпер-

сных примесей. Методом интенсификации служит введение в осветляемую воду поверхностно-активных веществ (ПАВ). Свертывание частиц в хлопья происходит под действием процессов коагуляции и флокуляции. Коагуляция вызывается взаимодействием разноименно заряженных частиц при введении в пульпу реагентов-коагулянтов (известки, хлористого кальция, хлорного или хлористого железа, железного купороса, алюмокалиевых квасцов и др.), флокуляция происходит при гидрофобизации поверхности частиц минералов реагентами-собирателями. Флокуляцией называется также процесс образования хлопьев, частицы которых связаны за счет химических сил мостиками из макромолекул полимеров. При флокуляции образуются более прочные и крупные, чем при коагуляции, агрегаты, которые быстрее оседают вследствие уменьшения вязкостных составляющих сопротивления жидкости.

Интенсификация *процесса сгущения* продуктов обогащения в аппаратах осаждения может быть достигнута применением полимерных флокулянтов, магнитной и электрической обработкой пульпы, добавкой вспомогательных порошков, обеспечивающих агломерацию тонких частиц за счет адгезии, магнитной флокуляцией на твердых магнитных частицах в переменном магнитном поле, аэрофлокуляцией и др. [4]. При неэффективности известных методов интенсификации процесса сгущения используются специальные конструкции осадительных или фильтрующих центрифуг [1]. Для интенсификации *процессов фильтрации* продуктов обогащения и улучшения осветления оборотной воды применяются водяной пар для обработки кека и реагенты для обработки сгущенной пульпы, физические воздействия на пульпу (ультразвук, электроосмос и др.) [4]. Этому способствует также использование новых конструкций секторов дисковых вакуум-фильтров из легких антикоррозийных материалов (в том числе синтетических), пресс-фильтров типа «Ларокс» (Финляндия) или КМП-22 (Россия), высоковакуумных насосов.

Для очистки вод от взвешенных частиц применяют *зернистые фильтры* (гравий, щебень, мраморная крошка, кварцевый песок, керамзит, шлак или смеси указанных материалов).

Основной метод удаления загрязняющих средне- и тонкодиспергированных минеральных примесей при кондиционировании оборотных и очистке сточных вод – *флотация* [2]. К традиционным флотационным методам кондиционирования оборотных и очистки сточных вод относятся электрофлотация, методы IAF (Induced air flotation), DAF (Dissolved air flotation), NF (Nozzle flotation). Нетрадиционными технологиями являются колонная флотация (Column flotation), флотация в гидроротаторах (Centrifugal flotation) и аппаратах Джемисона (Yet flotation), метод CAF (Cavitation air flotation).

Весьма важен с позиции утилизации находящихся в промышленных водах ценных компонентов процесс селективной флокуляции. Его применяют, например, для повышения степени извлечения тонких фракций железных и марганцевых минералов, каменных углей. В качестве флокулянтов используют крахмалсодержащие продукты, полиакриламид, жирнокислотный собиратель, в качестве дисперсантов – едкий натрий, известь, жидкое стекло [4].

Развитие технологии магнитной полиградиентной сепарации сделало возможным использование ее в схемах очистки оборотных вод от тонкодисперсных магнитных загрязнений [1]. Весьма эффективным решением при этом является использование магнитной флокуляции тонкодисперсных загрязнений на тонкоизмельченном магнетите.

**Кондиционирование ионного состава оборотных вод и удаление примесей.** Удаление растворимых компонентов органических и неорганических веществ из оборотных вод в процессе их кондиционирования должно осуществляться в соответствии с физико-химической моделью используемого технологического процесса. Простейший случай кондиционирования оборотных и промышленных вод – регулирование их

щелочности и поддержание значения рН, близкого к необходимому при флотации. Такая задача может возникнуть при использовании на фабрике смеси кислых рудничных и сильнощелочных фабричных вод.

При использовании большого количества рудничных вод при флотации сульфидных руд может оказаться необходимой очистка их от ионов меди или других металлов методами цементации или ионной флотации. При флотации руд редких металлов часто требуется очистка от солей щелочноземельных металлов, которая может быть осуществлена загрузкой соответствующих реагентов (сода, фосфаты) или ионообменной очисткой на природных или синтетических ионообменных материалах.

Процесс кондиционирования ионного состава оборотных вод с удалением вредных примесей и утилизацией ценных компонентов является, как правило, комбинированным. Он может включать процессы сорбции, ионного обмена, химической и биохимической очистки, макро- и микрофильтрации и специальных методов флотации.

*Процесс сорбции* — один из важнейших методов удаления из оборотных вод нежелательных ионных и молекулярных компонентов и концентрирования ценных компонентов на поверхности применяемых сорбентов. Так, процесс сорбции активированным углем и органическими сорбентами используется для извлечения из вод катионов тяжелых металлов, органических соединений и других веществ. Утилизацию извлеченных активированным углем металлов обычно проводят подмешиванием угля в шихту металлургического процесса. Более эффективен метод утилизации, заключающийся в десорбции с поверхности угля адсорбированных соединений и регенерации исходных свойств минеральными кислотами или комплексообразователями. Для извлечения тяжелых металлов из вод может быть использована также технология с применением жидких экстракционных мембран. Недостатком неорганических сорбентов (силикагеля, природных и искусственных цео-

литов, туфов, бентонитовых глин, диатомитов, вермикулитов, глауконитов и т. п.) является их низкая регенерационная способность.

*Процессы ионного обмена* обеспечивают извлечение практически любых ионных компонентов из оборотных, сточных и природных вод [5]. Их применяют для очистки цианосодержащих сливов стустителей, отходов цианирования золотосодержащих руд, сточных вод горно-металлургической промышленности. Недостатком процесса является высокая стоимость ионообменных смол и необходимость использования реагентов для элюирования (очистки) смол после их насыщения. Для переработки получаемых элюатов сорбционных процессов, не содержащих взвешенных и коллоидных частиц или солей жесткости, весьма эффективны *электродиализные методы*, пригодные также для очистки концентрированных металлосодержащих стоков цветной и черной металлургии и обессоливания сточных и природных вод.

Сорбция, экстракция, ионный обмен, электродиализ обеспечивают удаление из оборотных вод и концентрирование примесей в малых объемах очищаемых жидкостей или на временных носителях. Для утилизации ценных компонентов необходимо применение других методов (элюирования, электролиза и др.).

Традиционными для перевода примесей в конденсированные фазы являются *процессы химической очистки*, предполагающие воздействие реагентов-осадителей, окислителей или восстановителей на ионно-молекулярный состав оборотных вод [5].

Процесс химического осаждения сводится к связыванию ионов примесей в малорастворимые соединения. Например, для очистки оборотных вод от ионов тяжелых металлов достаточно повышения рН или насыщения раствора ионами  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ , тиоацетамида. Очистка от ионов серы и мышьяка осуществляется дозированием водорастворимых солей тяжелых металлов (Fe, Al) или извести. Очистка стоков от ионов и комплексов цианида осуществляется подачей солей Fe. Существенный недо-

статок процессов химической очистки с использованием реагентов-осадителей — увеличение засоленности очищенных вод.

Использование газообразного хлора и гипохлорита эффективно для разрушения комплексных соединений тяжелых металлов, в частности цианидных и роданидных, с последующим осаждением гидроксидов и окислительным разрушением цианидных и роданидных ионов до углекислого газа и азота или до промежуточных соединений [5]. Недостатком методов с использованием соединений хлора является образование ядовитых соединений и утечка газообразного хлора. Более безопасны методы, предполагающие использование в качестве окислителя озона, кислорода или перекиси водорода. Недостаток этих методов — неудовлетворительная кинетика окислительных процессов и высокая стоимость используемых реагентов.

Процессы химической и окислительной обработки завершаются процессами механической, сорбционной, флотационной или другой очистки сточных вод от сконденсированных примесей. В ряде случаев полученные осадки представляют собой ценное металлургическое сырье, химические удобрения и т. д.

*Биологические методы очистки* основаны на способности микроорганизмов включать находящиеся в ионной и молекулярной форме примеси в процессы жизнедеятельности и в виде нерастворимых продуктов метаболизма или составных частей собственного организма выводить из очищаемой воды. Они получили распространение при обработке стоков горно-обогатительных и металлургических предприятий для удаления органических флотореагентов, цианида, ионов тяжелых металлов [5]. Выведены многочисленные штаммы бактерий, концентрирующих растворенное или мелкодисперсное золото из сливов золотоизвлекательных фабрик или сливов рудных стустителей, а также штаммы, обеспечивающие интенсивную деструкцию цианидов при концентрациях до 100 мг/л. Недостатком методов — низкая интенсив-

ность процессов водоочистки и трудность утилизации содержащихся в загрязненной воде ценных примесей.

Для извлечения и утилизации находящихся в загрязненной воде ценных компонентов в виде осадков и тонкодиспергированных частиц широко используются процессы макро- и микрофльтрации [1, 2]. Получаемые продукты направляются на дальнейшую переработку. Для выделения из сточных и природных вод мелкодиспергированных примесей применяют микрофилтраты (керамические с модифицированной поверхностью, из фторопласта, некоторых полимеров и химволокон и др.). Эффективность очистки возрастает при использовании коагулянтов и флокулянтов, а также ультразвуковой обработки. Метод ультрафльтрации позволяет выделить из воды твердые и жидкие вещества коллоидной крупности при очистке маслосодержащих сточных вод. Он перспективен также для удаления из оборотных вод металлоорганических соединений, хорошо растворимых в воде. Метод гиперфльтрации (обратного осмоса) пригоден для

очистки воды от примесей, находящихся в ионной и молекулярной форме, например, при очистке вод, содержащих большое количество ионов ценных металлов (золота, хрома, никеля и т. д.). Методы ультра- и гиперфльтрации являются универсальными для оборотных вод любого типа. Для оптимального их применения необходимо решить проблему очистки и деполяризации мембран, а также утилизации получаемых концентрированных растворов и эмульсий выделенных примесей.

Универсальными методами очистки оборотных вод от грубо-, тонко- и гипертонкодиспергированных примесей являются различные специальные процессы флотации. Их применяют для извлечения из сточных вод предварительно переведенных во флотоактивную форму катионов тяжелых металлов и содержащих ценные компоненты зерен минеральных суспензий. Эффективность флотационного извлечения загрязнений возрастает при использовании процессов флотофлокуляции, флото- и электрокоагуляции, которые способствуют укруп-

нению как гидрофобных, так и гидрофильных частиц.

При кондиционировании и очистке оборотных и сточных вод могут быть использованы следующие специальные процессы и методы флотации [2]:

метод APF (Adsorbing particulate flotation), являющийся наиболее эффективным для удаления загрязняющих примесей из жидких стоков. Сущностью его является адсорбция катионов, анионов или органических веществ на поверхности флотирующихся частиц (Rubio, 2002). Эффективность процесса зависит от выбора носителя, который должен иметь развитую поверхность, высокую реакционную способность к удаляемым примесям и хорошую флотируемость. Носителем могут быть минеральные частицы, полимерные смолы, активированный уголь. Предложено также использовать в качестве носителя микроорганизмы (Zouboulis и др., 2001). Эмульгированные в воде масла и ионы металлов удаляются при использовании различных конструкций аппаратов DAF, IAF, Yet flotation при флота-



МОСКВА, РОССИЯ 2-4 ФЕВРАЛЯ 2010

## ШЕЛЬФ РОССИИ

### V ЕЖЕГОДНАЯ ВСТРЕЧА

**Ключевые докладчики**

Пьер Нергарарян, Генеральный директор, **ТОТАЛЬ РАЗВЕДКА РАЗРАБОТКА РОССИЯ**

Лев Бродский, Генеральный директор, **РОСНЕФТЬ-ШЕЛЬФ – ДАЛЬНИЙ ВОСТОК**

Эрве Мадео, Первый заместитель Главного исполнительного директора, Вице-президент по проектам, **SHTOKMAN DEVELOPMENT**

Бенгт Ли Хансен, Президент, **STATOILHYDRO РОССИЯ**

Александр Мандель, Генеральный директор, **ГАЗПРОМ НЕФТЬ ШЕЛЬФ**

Сергей Делия, Заместитель генерального директора по геологии и разработке, **ЛУКОЙЛ-НИЖНЕВОЛЖСКНЕФТЬ**

- Единственное в своем роде мероприятие, на котором соберутся руководители всех крупнейших компаний, работающих на российском континентальном шельфе, и обсудят важнейшие экономические и технологические проблемы сектора
- ПОЛУЧИТЕ из первых рук информацию о политике государства и изменениях в законодательстве, определите соответственный путь развития Вашего бизнеса и новые начинания
- УЗНАЙТЕ о новостях по таким крупнейшим шельфовым проектам в России, как Штоلمان, Сахалинские проекты и по обустройству месторождения им. Ю. Корчагина
- ОТКРОЙТЕ инновационные и надежные решения для проектирования и строительства морских платформ и подводных трубопроводов, и для проведения буровых работ; ОПРЕДЕЛИТЕ необходимые технологии для Вашего проекта на предконференционном семинаре по новейшим технологиям для работы на шельфе
- УСТАНОВИТЕ новые деловые контакты с ведущими компаниями региона и УКРЕПИТЕ связи с уже существующими в праздничной атмосфере вечернего коктейль-приема при поддержке TOTAL'а
- ПРЕДСТАВЬТЕ Вашу компанию вниманию руководителей нефтегазового сектора и ПОВЫСЬТЕ узнаваемость Вашего бренда в России и за рубежом на специализированной выставке

CO-ОПРАНИЗАТОР:



СПОНСОРЫ:












За дальнейшей информацией обращайтесь по телефону: +44 207 067 1800, факс: +44 207 430 9513 или эл. почте: [marketing@theenergyexchange.co.uk](mailto:marketing@theenergyexchange.co.uk) [www.theenergyexchange.co.uk/russiaoffshore](http://www.theenergyexchange.co.uk/russiaoffshore) Пожалуйста, регистрируя свое участие, укажите код NAEN

ции нагруженного носителя (Rubio и др., 2002);

метод DAF (Dissolved air flotation), применяемый при разделении тонких минеральных частиц, удалении осадков твердых частичек, масел и микроорганизмов (Rubio и др., 2002, 2006). Повышение его эффективности достигается организацией в конструкции аппарата противоточного движения загрязненной жидкости и потока микропузырьков – процесс COCO-DAF (Counter current dissolved air flotation filtration process) (Eades и Brignall, 1995). Процесс DAF сейчас широко используется, например, для очистки стоков бумажных фабрик, нефтяных рафинировочных установок, муниципальных сточных вод, различных стоков и загрязненных сливов сгустителей;

мультипузырьковая флотационная колонна, представляющая собой обычную колонную машину, оснащенную инъекционным устройством для образования пузырьков среднего размера и устройством для получения микропузырьков, как в аппаратах DAF (Rubio и др., 2002; Feris и др., 2001);

метод FF (Flocculation-flotation) и близкий к нему модернизированный метод ASH флотации. Флокуляционная система в аппаратах совмещена с флотационной камерой для удаления аэрированных флокул, которые образуются только в присутствии высокомолекулярных полимеров и пузырьков в условиях резких сдвиговых напряжений во флокуляторе. Аэрофлокулы, размером в несколько миллиметров,

всплывают во флотационном аппарате центробежного типа;

метод BAF (Bubble accelerated flotation system) использует концепцию контактор – сепаратор с очень краткой обработкой в контакторе (Colic и др., 2001). В зависимости от системы образования пузырьков, методы носят названия IA BAF (Induced air BAF), V BAF (Vacuum BAF), E BAF (Electroflotation BAF). Эффективность процесса зависит от характера кондиционируемой оборотной воды или очищаемого стока, типа и концентрации флокулянта, объема подаваемого воздуха. Результаты промышленного использования аппаратов позволяют считать, что FF и BAF методы являются среди других систем наиболее эффективными.

### Заключение

Основная причина резкого ухудшения технико-экономических показателей обогащения полезных ископаемых при использовании оборотных вод – несоответствие их состава требованиям используемого технологического процесса. Такие требования могут быть сформулированы в каждом конкретном случае на основании результатов исследований закономерностей технологических процессов переработки и обогащения минерального сырья. Имеющиеся механические, физико-химические и химические методы очистки оборотных, промышленных и сточных вод могут обеспечить выполнение любых требований технологических процес-

сов к их составу. Условием эффективного контроля и регулирования ионного состава оборотных вод является создание аналитических комплексов разных типов, необходимых также для контроля загрязняющих примесей в сточных водах и решения проблем охраны окружающей среды.

Создание инновационной технологии кондиционирования оборотных вод в соответствии с требованиями используемого технологического процесса и с выделением из них ценных компонентов позволит получать максимально возможные показатели обогащения и дополнительную прибыль, резко снизить расход реагентов, осуществить полный (замкнутый) водооборот на предприятии и тем самым исключить загрязнение окружающей среды и затраты на очистку сточных вод. ■■■

**Innovative environment protection technologies for mineral processing and beneficiation**

**A. A. Abramov**

The article discusses the quintessence of the solution of environmental problems in mineral processing. The rationale is given of the requirements of the respective processes to the composition of circulating waters and methods for meeting these standards, thus providing for the complete circulating water cycle with no risk of deterioration of the plant performance and economics.

**Key words:** mineral processing plants, waste waters, recirculating water supply, complete circulating water cycle, composition of circulating waters, physical-chemical modeling of floatation systems, monitoring and control of the circulating water composition, circulating water conditioning.



### Список литературы=References

1. *Абрамов А. А. Переработка, обогащение и комплексное использование твердых полезных ископаемых.* М.: Изд-во МГТУ, 2003, 2004. Т. 1, 2. = *Abramov A. A. Processing, beneficiation and comprehensive utilization of solid minerals.* М.: MSMU Publishers, 2003, 2004. Vol. 1, 2 (in Russian).
2. *Абрамов А. А. Флотационные методы обогащения (3-е изд.).* М.: Изд-во МГТУ, 2008. = *Abramov A. A. Flotation methods of mineral processing (3rd Edition).* М.: MSMU Publishers, 2008 (in Russian).
3. *Абрамов А. А. Технология переработки и обогащения руд цветных металлов.* М.: Изд-во МГТУ, 2005. Т. 3, кн. 1, 2. = *Abramov A. A. Technology of non-ferrous metals ores processing and concentration.* М.: MSMU Publishers, 2005. Vol. 3, books 1, 2 (in Russian).
4. *Абрамов А. А. Пути развития теории обогатительных процессов и создания инновационных технологий комплексного использования сырья // Недропользование – XXI век. 2009. № 1. С. 65–73.* = *Abramov A. A. Ways for the development of the theory of mineral processing and elaboration of innovation technologies for comprehensive utilization of the mineral feedstock // Nedropolzovanie XXI Vek Magazine. 2009. № 1, pp. 65–73 (in Russian).*
5. *Горные науки. Освоение и сохранение недр земли.* М.: Изд-во Академии горных наук, 1997. = *Mining sciences. Development and conservation of mineral resources of the earth.* М.: Academy of mining Sciences Publishing House, 1997 (in Russian).