

Преимущества использования Технологии Альбион для проекта в Северном Квинсленде с анализом капитальных и эксплуатационных затрат по сравнению с бактериальным окислением и автоклавным окислением

Авторы: М. Hourn¹, Р. Rohner², Р. Bartsch³, К. Ngoviky³

¹ Xstrata Technology, ² Core Resources, ³ Aker Kvaerner Australia

1. Краткий обзор

С увеличением объемов производства золота из упорных сульфидных руд и при хроническом недостатке соответствующего опыта в горнорудной промышленности возрастает потребность в простом, надежном и менее дорогостоящем способе переработки упорных золотосодержащих руд.

Не так давно компании Xstrata и Highlands Pacific пришли к соглашению предложить по лицензии свою Технологию Альбион (Albion Process) в качестве новой менее затратной альтернативы существующим технологиям переработки упорных золотосодержащих руд. Функции по осуществлению дальнейшего развития и коммерческого лицензирования Технологии Альбион были возложены на компанию Core Resources, основанную бывшими сотрудниками компании Xstrata.

Компания Aker Kvaerner Australia (АКА), работая во взаимодействии с Core Resources в качестве участника такого процесса промышленного внедрения, выполнила сравнительное изучение капитальных и эксплуатационных затрат на переработку золотосодержащих руд с использованием трех различных технологий в рамках проекта расширенной разведки в Северном Квинсленде, Австралия. Данная статья содержит базовые сведения о Технологии Альбион с кратким изложением преимуществ использования этой новейшей технологии для проекта в Северном Квинсленде по сравнению с бактериальным окислением и автоклавным окислением. Она также основана на обширных знаниях компании АКА по фабрикам бактериального и автоклавного окисления, и содержит качественные и количественные оценки различных технологий.

2. Введение

Исследовательские лаборатории гидрометаллургии Xstrata были привлечены собственником проекта в Северном Квинсленде для проведения технологических испытаний проб руды с месторождения в рамках предварительного ТЭО. Пробы перечищенного флотационного концентрата тестировались с использованием технологий автоклавного окисления, бактериального окисления и Технологии Альбион.

Данные этих испытаний легли в основу проектных критериев при оценке фабрики для переработки упорного золота с расчетной производительностью порядка 100 000 унций золота в год, использующей каждую из выбранных технологий.

Испытания имели целью определить эффективность переработки руды из Северного Квинсленда по каждой из этих технологий и представить сравнительные данные по эксплуатационным и капитальным затратам.

3. Технология Альбион – новая менее дорогостоящая технология

Такие металлы как медь, никель, цинк и золото можно извлекать из руд или концентратов по гидрометаллургическим технологиям, которые включают выщелачивание ценных минералов в химический раствор. В некоторых случаях минерал, несущий в себе ценный металл, невозможно эффективно выщелачивать с использованием традиционных технологий, и минерал называют *упорным*.

Современные методы выделения ценных металлов из упорных минералов задействуют сложную обработку минералов при высоких температурах и/или давлениях для достижения выщелачивания. Эти методы, такие как обжиг и автоклавное выщелачивание, являются капиталоемкими и, в случае обжига, образуют экологически вредные выбросы, требующие дальнейшей обработки. Другие процессы, такие как био-окисление, также являются капиталоемкими и сложными в управлении.

Технология Альбион представляет собой очень привлекательный процесс переработки упорных сульфидных минералов с целью извлечения ценных металлов, заключенных в кристаллической решетке сульфидов. Технологический процесс включает ультратонкое измельчение минералов с последующим окислительным выщелачиванием в открытых чанах при атмосферном давлении. В технологической схеме задействованы существующие, промышленно проверенные технологические операции. Таким образом, Технология Альбион представляет собой важный технический прорыв.

Технология Альбион была разработана компанией MIM Holdings (в настоящее время Xstrata) и бывшим дочерним подразделением MIM - компанией Highlands Gold для переработки упорных руд цветных и драгоценных металлов. Технология прошла обширную проверку в пилотном масштабе. В настоящее время Технология Альбион проходит оценку для применения в нескольких горнорудных проектах Xstrata мирового класса, а также компаний, не входящих в группу Xstrata.

Первоначально технологический процесс разрабатывался для эксплуатации в условиях кислой среды с целью извлечения цветных металлов, возможно с содержанием попутных драгоценных металлов («Кислотный процесс»). Однако в ходе процесса разработки было обнаружено, что более эффективное окисление пирита (и теллуридов) может быть достигнуто в условиях щелочной среды и что это больше подходит для переработки руд драгоценных металлов, содержащих преимущественно пирит. Это повлекло за собой параллельное развитие технологии преимущественно для упорных золотосодержащих пиритных руд с независимым патентованием в данном технологическом направлении («Щелочной процесс»).

3.1 Описание Технологии Альбион

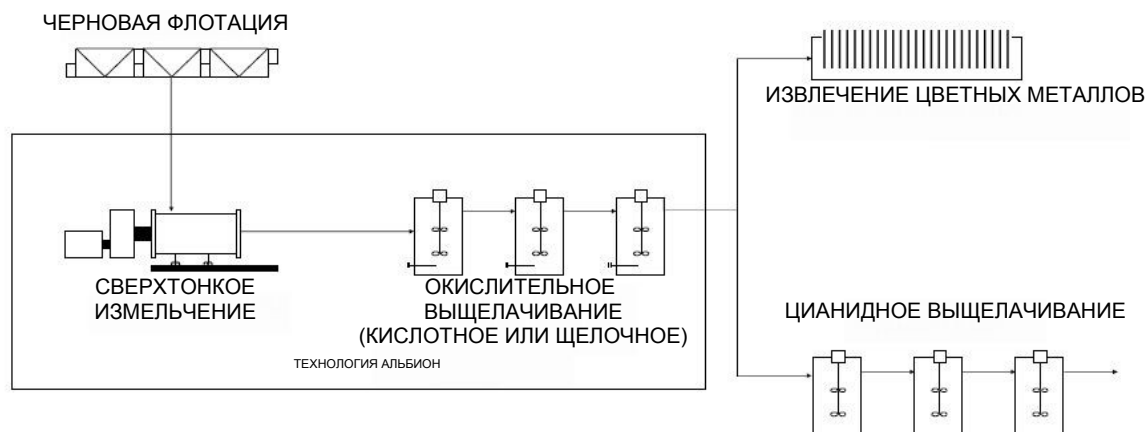


Рисунок 1 – Принципиальная схема Технологии Альбион

3.1.1 Кислотный процесс

Кислотный процесс применяется для извлечения таких ценных металлов как медь, цинк, никель и кобальт, представленных в форме сульфидных минеральных концентратов. Из остатка от выщелачивания можно также извлекать такие попутные драгоценные металлы как золото.

Технологическая схема включает окислительное выщелачивание тонкоизмельченного концентрата при атмосферном давлении. Процесс сверхтонкого измельчения, обычно до крупности 80% класса мельче 20 микрон, приводит к высокой степени деформации, вносимой в кристаллическую решетку минерала, которая «активирует» минерал, способствуя выщелачиванию. Благодаря резкому увеличению площади поверхности минерала возрастает также и глубина выщелачивания. Сверхтонкое измельчение сульфидных минералов до крупности 80% класса мельче 8 – 12 микрон также устраняет пассивацию минерала осадками на основе серы, поскольку выщелачиваемый минерал разрушается до того, как слой осадка становится достаточно толстым для пассивации минерала.

Сульфидные минералы, такие как халькопирит, пирит или арсенопирит окисляются по кислотной технологии, при которой основным окисляющим агентом служат ионы трехвалентного железа.

Основной реакцией выщелачивания является:



Поскольку выщелачивание осуществляется при атмосферном давлении, то сульфиды окисляются с преимущественным образованием элементарной серы.

Образующееся двухвалентное железо заново окисляется кислородом для регенерации ионов трехвалентного железа:



В зависимости от минерального состава сырья, кислота и ионы двухвалентного/трехвалентного железа частично или полностью образуются при растворении минералов железа (обычно пирита) в питании. Такие металлы как медь можно потом извлекать путем экстракции растворителями и электрохимического осаждения. Мешающие металлы, такие как железо и мышьяк, селективно осаждаются и удаляются на стадии нейтрализации, следующей за выщелачиванием. Содержащееся золото (будучи высвобожденным при окислении сульфидных минералов, в которых оно было первоначально заключено) можно извлекать цианированием.

Технология применима для извлечения таких цветных металлов как медь, цинк, никель и кобальт из сульфидных концентратов.

3.1.2 Щелочной процесс

Щелочной процесс применяется для извлечения таких драгоценных металлов как золото, серебро и металлы платиновой группы, представленных в форме упорных или карбонатных руд, которые невозможно перерабатывать по технологии стандартного цианидного выщелачивания. Щелочной процесс используется там, где из концентрата не требуется извлекать цветные металлы. Щелочной процесс применим к таким минералам как пирит, арсенопирит, селениды или теллуриды, несущие в себе драгоценные металлы.

Упорные золотосодержащие сульфиды, такие как пирит, образуют при окислении как железо, так и кислоту. При щелочном процессе эти железо и кислота постоянно нейтрализуются и осаждаются из раствора при добавлении щелочи, такой как известняк. Непрерывное удаление из раствора продуктов реакции выщелачивания означает, что выщелачивание происходит быстро и могут достигаться очень высокие уровни окисления сульфидов. Сверхтонкое измельчение минералов до крупности минус 20 или меньше микрон предотвращает пассивацию осаждающимися продуктами выщелачивания, поскольку выщелачиваемый минерал расходуется до того, как на нем может образоваться достаточный слой осадков.

Общую реакцию выщелачивания можно записать как:



В то же время, карбонатные минералы, которые могут мешать процессам извлечения золота, остаются инертными за счет осаждения гипса и оксидов железа на поверхности карбонатов. Так как последующая стадия цианирования осуществляется в условиях щелочной среды, то отсутствует необходимость нейтрализовать рабочую пульпу перед цианидным выщелачиванием и, таким

образом, нет необходимости в противоточно-декантационной промывке или фильтровании рабочей пульпы.

4. Сравнение Технологии Альбион с бактериальным окислением или автоклавным окислением на руде из Северного Квинсленда

4.1 Параметры проекта

Для проведения сравнительной оценки местом осуществления проекта был выбран равнинный район Австралии с доступной местной инфраструктурой. Такие условия являются представительными для проекта в Северном Квинсленде, а также будут отражать экономические проектные показатели для других схожих регионов.

Выборный масштаб проекта составил 740 000 тонн в год руды с содержанием в питании 4,6 г/т Au и 11,6 г/т Ag. При черновой флотации руды получался богатый концентрат в количестве 18 т/ч с содержанием 22 г/т Au, 28 г/т Ag, 22% S и 5% As, служивший питанием для стадии окисления. Выпуск золота составлял до 100 000 унций в год, в зависимости от извлечения.

Сравнительному изучению подвергались получение и переработка данного упорного сульфидного золотосодержащего концентрата по трем различным технологиям окисления с получением пульпы, пригодной для цианидного выщелачивания и последующего извлечения золота по обычным схемам «уголь в щелоче / уголь в пульпе».

4.2 Минералогия руды

Преобладающим минералом вмещающей породы в пробе руды, изучавшейся в рамках программы, было хлоритизированное высококалийное кварцевое габбро. Преобладал грубозернистый пироксен, подвергнутый хлоритизации и каолинизации. Второстепенные вмещающие минералы включали рутил и ильменит.

Сульфиды были широко рассредоточены во вмещающей породе, в силикатированной боковой породе, а также присутствовали в прожилках. Наиболее распространенным сульфидом был субгедральный-ангедральный пирит мельче 0,5 мм (5% по объему), присутствовавший в наименее силикатированных вмещающих породах, тогда как субгедральный арсенопирит мельче 150 микрон (1% по объему) - другой основной сульфид в руде, концентрировался в кварцевых жилах, кремнистой боковой породе и кремнистых зонах изменения. Свободного золота обнаружено не было, что позволило предположить то, что значительное количество золота было представлено в виде субмикроскопического золота в арсенопирите.

4.3 Результаты испытаний

Лабораторные исследования, проведенные в исследовательских лабораториях гидрометаллургии, показали следующие извлечения и потребности в расходуемых материалах для руд из Северного Квинсленда:

Таблица 1 – Результаты технологических испытаний и потребности в расходуемых материалах

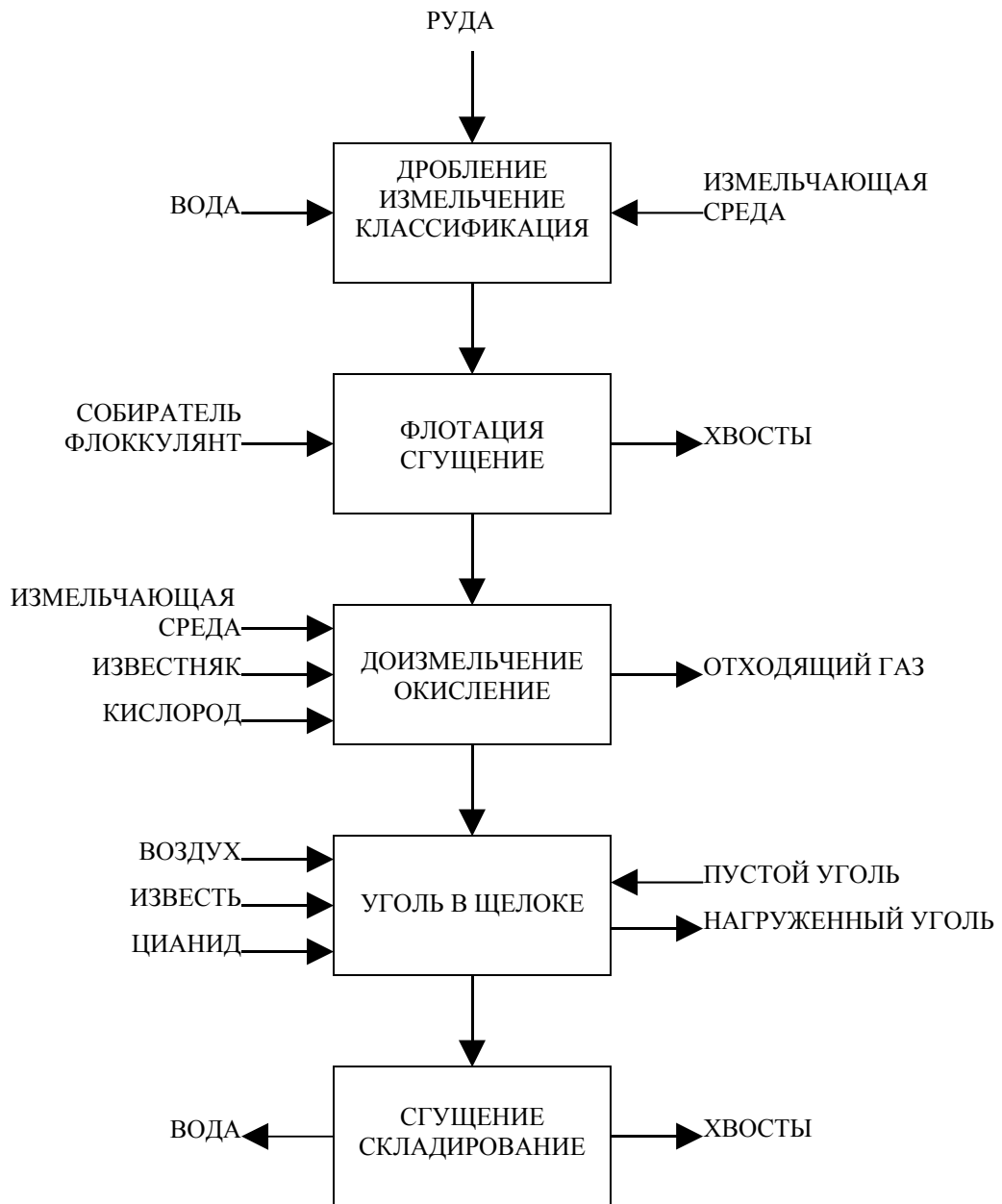
Технологические параметры	Технология Альбион	Автоклавное окисление	Бактериальное окисление
Извлечение при выщелачивании – Au, %	92	94	78
Извлечение при выщелачивании – Ag, %	75	4	25
Окисление при выщелачивании – сульфиды, %	70	96	65
Базовое извлечение при выщелачивании – Au, %	42	Концентрат, как был получен 80% класса мельче 100 мкм	
Базовое извлечение при выщелачивании – Ag, %	6		
Расходуемые материалы			
Кислород, т/год	62 357	82 000	0
Известняк, т/год	83 818	111 757	111 427
Известь, т/год	14 209	6 824	2 069
(NH ₄) ₂ SO ₄ , т/год			1 480
H ₃ PO ₄ , т/год			296
КОН, т/год			814
Антивспениватель, т/год			74
Флокулянт, т/год		3,8	
Цианид натрия, т/год	1 500	394	1 931
Активированный уголь, т/год	18	7	5

4.4 Описание технологии

4.4.1 Технология Альбион

4.4.1.1 Технологическая блок-схема

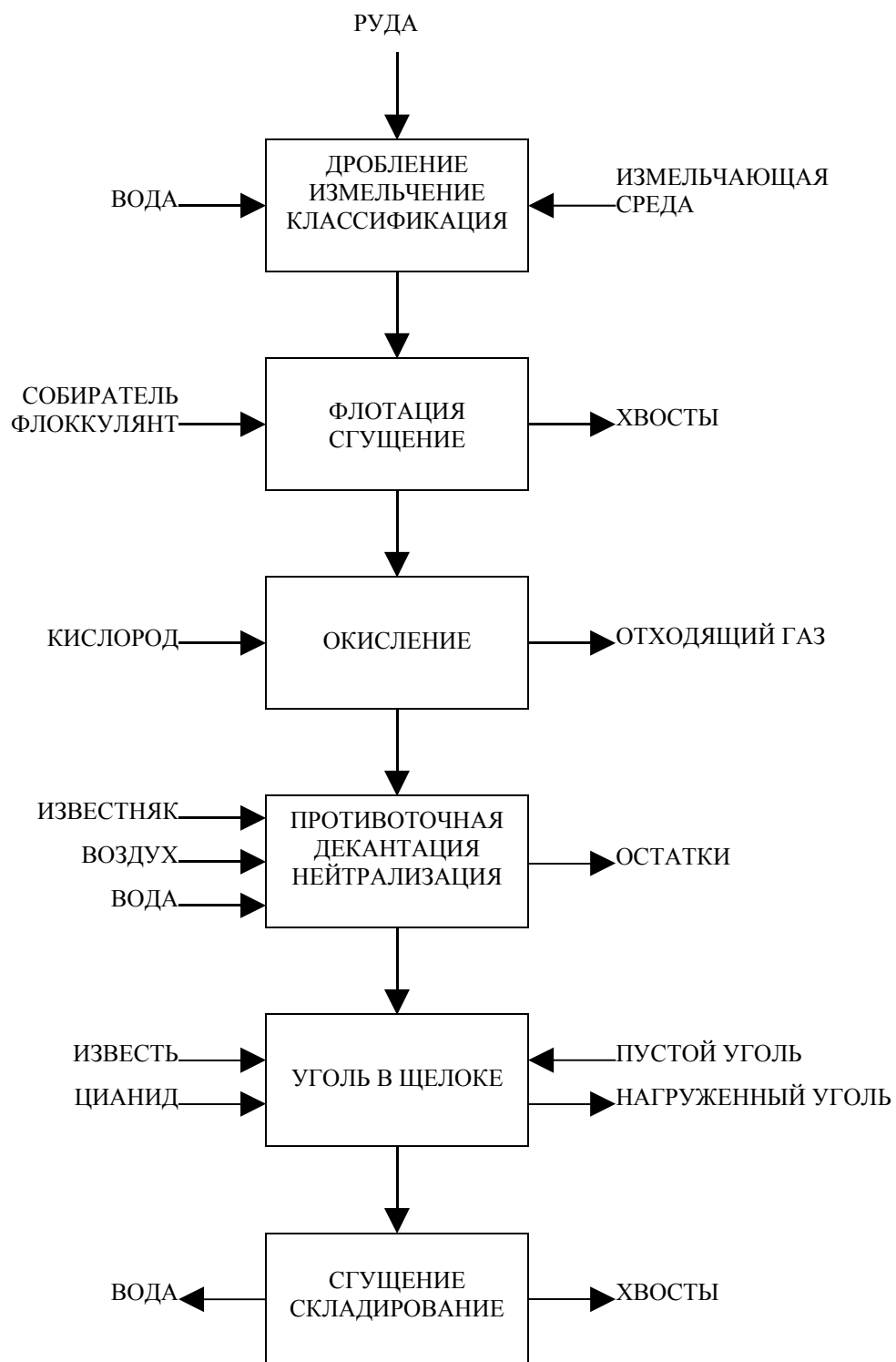
ТЕХНОЛОГИЯ АЛЬБИОН



4.4.2 Автоклавное окисление

4.4.2.1 Технологическая блок-схема

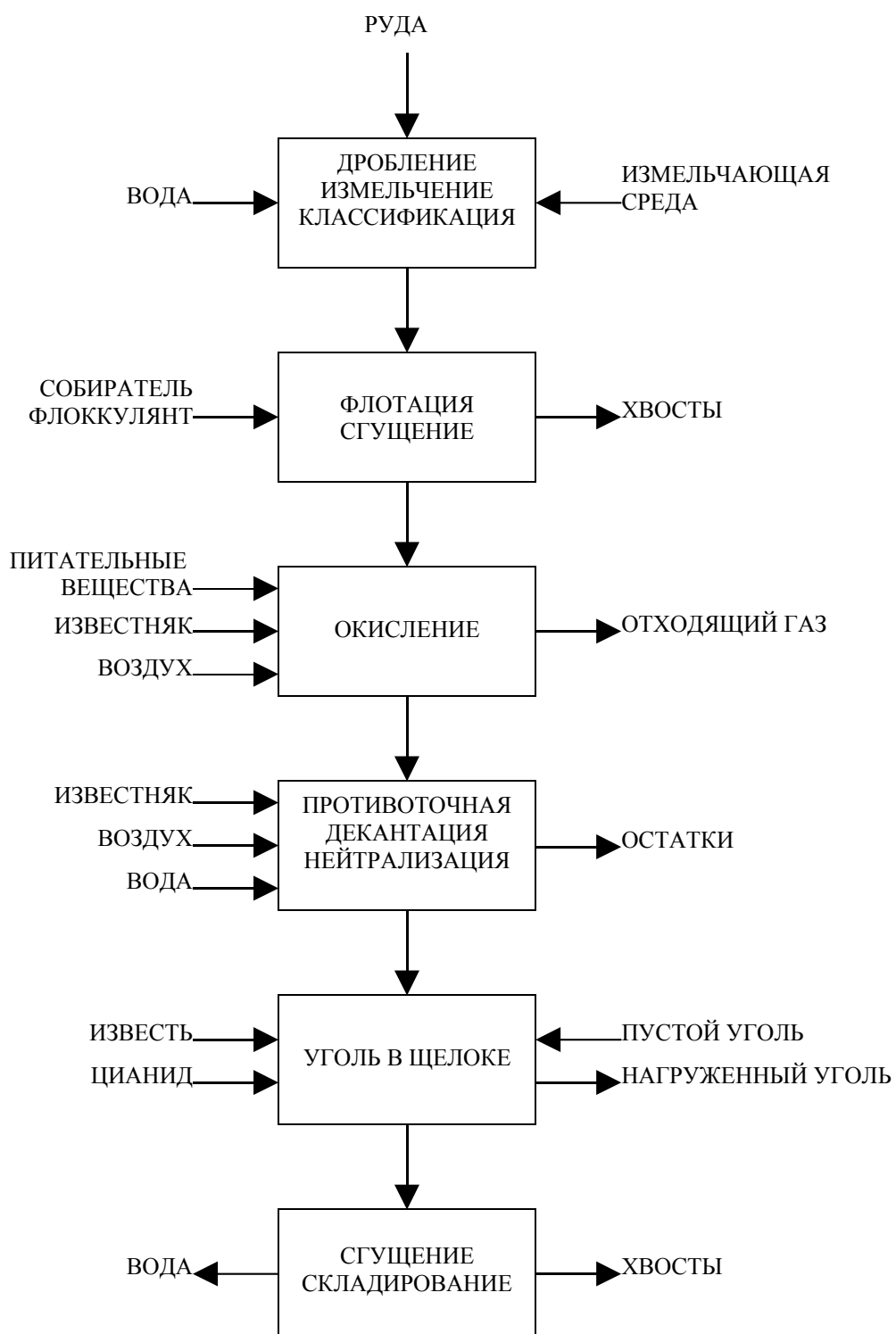
АВТОКЛАВНОЕ ОКИСЛЕНИЕ



4.4.3 Бактериальное окисление

4.4.3.1 Технологическая блок-схема

БАКТЕРИАЛЬНОЕ ОКИСЛЕНИЕ



4.5 Оценка капитальных затрат

4.5.1 Базис оценки

Данный порядок точности оценки был выдержан по стандарту «Класс 1 – Концептуальная оценка» компании Aker Kvaerner Australia, предполагающему погрешность -30% / +50%. Капитальные затраты оценены по состоянию на сентябрь 2004 г. и не учитывают рост стоимости трудозатрат и материалов в 2005 г. Объем оценки прямых затрат по трем вариантам включает капитальные затраты только по производственным мощностям.

Оценки по фабрике выполнялись методом постатейного учета затрат на аналогичные цели из других недавних проектных оценок в сфере золотодобычи с их корректировкой по размеру, потоку или производительности. Для данного сравнения вариантов технологии переработки были приняты обменные курсы валют по состоянию на сентябрь 2004 г.

Оценки отражают строительные затраты на равнинной территории с доступом к местной инфраструктуре, характеризующие таким образом Северный Квинсленд и аналогичные районы. Затраты на оборудование включают инструменты и контрольную аппаратуру, электрическое оборудование, металлические и бетонные конструкции, трубопроводы, а также затраты на их изготовление и установку. Были предусмотрены допустимые непредвиденные затраты в размере 10% от прямых затрат, отражающие всего лишь концептуальный уровень погрешности.

Сводная смета капитальных затрат представлена в Таблице 1. Величина затрат приведена австралийских долларах (A\$).

4.5.2 Исключения из объема капитальных затрат

Представленные капитальные затраты отражают относительный уровень капитальных затрат для различных производственных мощностей. Поскольку уровень оценки является концептуальным, то из оценки исключены следующие статьи:

- Коммунальные предприятия и поставка реагентов извне фабрики,
- Общая инфраструктура,
- Капитальные запасные части на первый год эксплуатации,
- Проектирование, закупки, строительство, управление и надзор со стороны поставщиков,
- Тяжелые грузоподъемные работы, временные сооружения и обустройство площадки,
- Материалы первой необходимости и товарные запасы,
- Страхование, технологические лицензии и пошлины,
- Строительный поселок и мобилизация,
- Добыча и транспортировка руды и известняка на фабрику,
- Хвостохранилища и канализация,

- Вспомогательные, рекультивационные и отсроченные капитальные затраты,
- Содействие во время пуско-наладки, выхода на проектную мощность и эксплуатации,
- Потребности в оборотном капитале и затраты собственника.

4.5.3 Методология

В целом, капитальные затраты по каждому технологическому блоку постатейно переносились из предшествующих проектов компании АКА или из последних ТЭО в качестве наиболее приемлемых. Эталонные проекты выбирались по сходству оборудования и корректировались по производительности и изменению курса валют.

Капитальные затраты по технологическому блоку противоточной декантации и нейтрализации (не являются частью схемы Технологии Альбион) были приняты из ТЭО АКА (май 2003 г.). Различия в последующей технологии, включая извлечение золота, были также постатейно учтены на основании соответствующих технологических и эксплуатационных параметров.

Технология Альбион

Капитальные затраты по блоку Технологии Альбион были постатейно приняты из ТЭО АКА по сравнению Технологии Альбион с обжигом (август 2004 г.). Для расчета постатейных затрат были приняты технологические параметры по эффективности потребления кислорода и времени пребывания в реакторах. Капитальные затраты по кислородному заводу не включались, поскольку в эксплуатационных затратах учитывался вариант поставки со стороны.

Автоклавное окисление

Капитальные затраты по технологическому блоку автоклавного окисления были постатейно приняты из последнего ТЭО АКА по автоклавному окислению (май 2003 г.) с учетом изменения курса валют. Для расчета постатейных затрат были приняты технологические параметры по эффективности потребления кислорода, перекачке питания насосами и времени пребывания в реакторах. Капитальные затраты по кислородному заводу не включались, поскольку в эксплуатационных затратах учитывался вариант поставки со стороны.

Бактериальное окисление

Капитальные затраты по технологическому блоку бактериального окисления были постатейно приняты из последнего ТЭО АКА по бактериальному окислению с учетом эквивалентной конфигурации чанов и агитаторов. Затраты по воздухоподувкам, охладителям пульпы и другому вспомогательному оборудованию

рассчитывались по базе данных АКА. Для расчета постатейных затрат были приняты технологические параметры по потреблению и диспергированию воздуха и времени пребывания в реакторах.

4.6 Оценка эксплуатационных затрат

4.6.1 Базис оценки

Данный порядок точности оценки был выдержан по стандарту «Класс 1 – Концептуальная оценка». Эксплуатационные затраты оценены по состоянию на декабрь 2004 г. и не учитывают рост стоимости трудозатрат и материалов в 2005 г. Эксплуатационные затраты для сравнения были рассчитаны по главным группам расхода, включая:

- Трудовые ресурсы
- Коммунальные услуги
- Материалы и реагенты
- Техническое обслуживание

Каждая группа была существенно разбита по статьям для отражения тарифов и цен. Затраты группируются по технологическим блокам, указанным на технологических блок-схемах (см. раздел 4.3). Эксплуатационные затраты по первичным производственным блокам дробления, измельчения и флотации почти идентичны и не учитываются в данном сравнении.

- Объем переработки концентрата: 18 тонн в час
- Качество концентрата: 22% серы и 22 г/т золота
- Рабочий режим: 8200 часов в год, отражающие эксплуатационную готовность 94%

Цены поставки реагентов были взяты из предложений поставщиков или из базы данных АКА. Нормы потребления или расходы были получены из технологических балансов испытаний или перенесены из ТЭО по аналогичным проектам АКА. Стоимость кислорода была принята из предложения поставщика по специализированной установке для стороннего снабжения.

Размещение трудовых ресурсов было назначено для производственных мощностей по переработке концентрата, включая такие стадии как нейтрализация и «уголь в щелоке», на основании других последних ТЭО. Оклады и жалованья оценивались на основании внутренней информации по австралийским проектам.

Затраты на техническое обслуживание были постатейно выведены из прямых затрат на оборудование на основании коэффициентов пересчета по аналогичным производственным мощностям. Стоимость электроэнергии и воды рассчитывалась исходя из оценок по региону потребления, и стоимость электроэнергии была принята на уровне 5 центов за киловатт-час.

Из оценки эксплуатационных затрат были исключены следующие статьи:

- Обслуживание хвостового хозяйства и рекультивация
- Расходы на управление и лицензирование
- Расходы головного офиса и местной службы безопасности
- Расходы по транспортировке продукции, аффинажу и роялти
- Страховые и надзорные инспекции
- Амортизация, износ и финансирование
- Измельчение руды и производство концентрата

Представленные затраты по производственным блокам являются относительными и отражают прямые эксплуатационные расходы только по окислению и последующим операциям. Затраты принимаются на уровне концептуальной оценки.

Все затраты представлены в австралийских долларах по состоянию на сентябрь 2004 г.

4.7 Краткое изложение сравнительных оценок затрат

Ниже приводятся и обсуждаются в сравнении капитальные и эксплуатационные затраты. Предварительные сравнения можно сделать на основе сопоставления. Капитальные затраты по производственным блокам представлены в Таблице 2 и включают оценки для производства концентрата с тем, чтобы показать их относительную величину в сравнении с переработкой концентрата (серый цвет ячеек). Эксплуатационные расходы представлены в Таблице 3 для переработки концентрата, включая окислительное выщелачивание с последующей переработкой окисленных концентратов по схеме «уголь в щелоке».

4.7.1 Сравнение капитальных затрат

Таблица 2 – Сравнение итоговых оценок капитальных затрат по производственным блокам

Описание области	Технология Альбион	Автоклавное окисление	Бактериальное окисление
Дробление и измельчение	15,4	15,4	15,4
Флотация и сгущение концентрата	4,0	4,0	4,0
Окисление	10,5	25,3	29,8
Противоточная декантация и нейтрализация	-	2,5	3,0
«Уголь в щелоке», извлечение золота и обезвреживание цианида	1,7	1,0	1,1
Непредвиденные затраты, 10%	3,2	4,8	5,3
ИТОГО ПО ТЕХНОЛОГИИ, млн. A\$	34,8	53,0	58,6

Оцененные производственные мощности для переработки концентрата по Технологии Альбион требуют значительно меньших капитальных затрат, чем остальные технологические приемы, т.е. 12,2 млн. А\$ по сравнению с 28,8 млн. А\$ для автоклавного окисления и 33,9 млн. А\$ для бактериального окисления. Прямая экономия капитала составляет соответственно порядка 16 млн. А\$ и 22 млн. А\$ (за вычетом непредвиденных расходов).

Эту разницу в оценках капитальных затрат можно ощутить в сравнении с общими потребностями в капитале для рядовых предприятий по добыче упорного золота в равнинных областях Австралии производительностью 100 000 унций золота в год, которые могут составлять порядка 100-150 млн. А\$. Общие затраты по проекту будут зависеть от требований инфраструктуры и освоения рудника, но данная потенциальная экономия представляется значительной при концептуальной точности оценки.

Более низкие затраты по фабрике и оборудованию для Технологии Альбион можно объяснить меньшими размерами реакционных чанов и агитаторов по сравнению с бактериальным выщелачиванием, тогда как предприятие для автоклавного выщелачивания потребует значительно более дорогостоящего оборудования. Количество установленных причудливых трубопроводов и сложность управления также будут значительно меньшими для производственных мощностей окисления по Технологии Альбион.

4.7.2 Сравнение эксплуатационных затрат

Таблица 3 – Сравнение итоговых оценок эксплуатационных затрат на переработку концентрата

Статья	Технология Альбион	Автоклавное окисление	Бактериальное окисление
Трудовые ресурсы	1,7	3,5	2,1
Коммунальные услуги	2,2	1,6	3,3
Реагенты	9,3	6,3	7,7
Техническое обслуживание	0,9	2,1	1,3
Годовые эксплуатационные затраты на переработку концентрата, млн. А\$	14,1	13,5	14,5
Затраты на произведенную унцию золота, А\$	147	138	178

Эксплуатационные затраты на переработку концентрата на фабрике по Технологии Альбион, 14,1 млн. А\$ в год, одинаковы с фабрикой автоклавного окисления, 13,5 млн. А\$ в год, при концептуальной точности оценок. Немного меньшие удельные затраты для автоклавного окисления являются следствием более высокого извлечения золота, обусловленного этим методом агрессивного выщелачивания. Стоимость поставки кислорода является главной переменной статьей затрат по технологическим схемам для Технологии Альбион и автоклавного выщелачивания.

Немного более высокие оценки общих эксплуатационных затрат по сравнению с переработкой концентрата по Технологии Альбион были получены для технологии бактериального выщелачивания - 14,5 млн. A\$ в год. Основная разница в переменных затратах обусловлена потребностью бактериального окисления в энергозатратах на поставку и диспергирование воздуха, по сравнению с потреблением кислорода в реакторах по Технологии Альбион. Более низкое извлечение золота по результатам испытаний схемы бактериального окисления обуславливает значительно более высокие удельные эксплуатационные затраты.

Благодаря относительной простоте эксплуатации и обслуживания, фабрика по Технологии Альбион имеет самые низкие показатели фиксированной стоимости трудовых ресурсов. Фабрика бактериального окисления требует более тщательного наблюдения со стороны операторов для поддержания деятельности бактерий и имеет больше вспомогательных производственных мощностей, например для нейтрализации и охлаждения воды. Ожидается, что фабрика автоклавного окисления будет иметь более значительные требования по технологическому контролю и рабочей силе вследствие более агрессивных условий работы. Дополнительные расходы, обусловленные этими затрудняющими факторами, будут зависеть от удаленности площадки фабрики от основных центров населения и от наличия квалифицированных трудовых ресурсов.

4.7.3 Сравнение общих затрат на переработку концентрата

В Таблице 4 сведены общие затраты на переработку концентрата, включающие амортизацию капитальных затрат, для различных технологий окисления. Приведенные затраты охватывают технологическую фабрику начиная с окисления концентрата и заканчивая цианированием остатка от выщелачивания.

Капитальные затраты, подлежащие амортизации, включают прямые затраты на переработку концентрата из Таблицы 2 (отмечены серым цветом ячеек) с добавлением к ним непредвиденных расходов в размере 10% и не прямых издержек в размере 20%. Общие капитальные затраты на переработку концентрата, включая непредвиденные и не прямые расходы, для трех технологий составляют: Технология Альбион – 16,1 млн. A\$, автоклавное окисление – 38,0 млн. A\$ и бактериальное окисление – 44,8 млн. A\$.

Капитальные затраты амортизуются по норме 15% в год.

Таблица 4 – Общие затраты на переработку концентрата (включая амортизационные отчисления)

Статья	Технология Альбион	Автоклавное окисление	Бактериальное окисление
Эксплуатационные затраты на произведенную унцию золота, A\$	147	138	178
Амортизация капитальных затрат на произведенную унцию золота, A\$	25	58	83
Общие затраты на произведенную унцию золота, A\$	172	196	261*

* Общие затраты для бактериального окисления снизятся до 219 A\$ на унцию, если извлечение золота будет одинаковым с Технологией Альбион (т.е. 92%)

5. Сравнение технологических вариантов

5.1. Операбельность

Основными преимуществами Технологии Альбион по сравнению с другими способами переработки упорных концентратов являются простота эксплуатации и низкие капитальные затраты. Все оборудование для Технологии Альбион имеет обычное и проверенное устройство, и требуется в меньшем количестве, чем для фабрики бактериального окисления аналогичной производительности по концентрату. Ожидается, что потребности оборудования для Технологии Альбион в технологическом контроле и мониторинге будут наименьшими среди всех других конкурирующих технологий, включая бактериальное окисление, автоклавное окисление, обжиг и хлорирование.

Запуск и остановка производственных мощностей по Технологии Альбион осуществляются быстро, в отличие от реакторов бактериального и автоклавного окисления. Не возникает никакой опасности для оборудования или персонала от потери температуры или давления, которая может возникнуть на обжиговых печах или фабриках автоклавного окисления. Перебои в подаче электроэнергии, кислорода или воздуха, либо повторный запуск, не представляют больших проблем для технологической эффективности.

Стабильная природа Технологии Альбион позволяет операторам быстро и надежно осваивать управление производством. Персонал с ограниченными производственными навыками можно обучить оптимальной эксплуатации фабрики в течение непродолжительного времени. Предполагается, что обязанности по эксплуатации на большинстве предприятий будут осуществляться оператором цикла «уголь в щелоке», сводя таким образом к минимуму стоимость трудовых затрат.

5.2. Готовность к использованию

Ожидаемый высокий коэффициент готовности фабрики по Технологии Альбион на уровне 94 и более процентов выше, чем у большинства производственных мощностей для измельчения и чем у других фабрик по переработке упорных руд.

Оборудование фабрики по Технологии Альбион имеет обычную конструкцию и использует стандартные конструкционные материалы. Схема цепи аппаратов и конфигурация трубопроводов обеспечивают возможность обхода отдельных единиц оборудования при непрерывной переработке концентрата.

5.3. Технологическая гибкость

Технология Альбион способна эффективно перерабатывать все виды упорных концентратов: сульфидные, мышьяковистые и карбонатные. Сверхтонкое измельчение и эффективное потребление кислорода обеспечивают переработку питания переменного качества. Природа осаждаемых разностей железа и серы в остатке от выщелачивания по Технологии Альбион обеспечивает низкое потребление цианида при последующем извлечении золота.

Для Технологии Альбион приемлемо присутствие в концентратах цветных металлов и органических примесей. Глубина окисления, достигаемая при выщелачивании по Технологии Альбион, является функцией от времени пребывания и относительно нечувствительна к минералогии. Поскольку выщелачивание не является бактериальным, то не требуется добавление в процесс питательных веществ, а металлы или органические примеси, которые могут ограничивать деятельность бактерий, не будут оказывать влияние на выщелачивание по Технологии Альбион.

Такие летучие металлы как ртуть не испаряются при рабочих температурах выщелачивания по Технологии Альбион и остаются в остатке. Токсичные металлы, такие как мышьяк, будут переходить в остаток от выщелачивания в экологически стабильной форме арсената железа.

5.4. Простота технического обслуживания

Применение простых, проверенных технологических операций, обычного оборудования и общедоступных компоновочных решений обеспечивает простоту технического обслуживания фабрики. Меньший размер чанов и неопасный характер пульпы, используемой при выщелачивании по Технологии Альбион, обеспечивают улучшенный доступ и более низкие затраты на обслуживание по сравнению с производственными мощностями бактериального и автоклавного окисления. Схема Технологии Альбион позволяет также полностью обойтись без секций противоточной декантации и нейтрализации, так что общий объем технического обслуживания будет минимальным по сравнению с производственными мощностями автоклавного выщелачивания.

Щелочная в общем случае пульпа при переработке драгоценных металлов по Технологии Альбион значительно снижает потребность фабрики в

высококачественной нержавеющей стали. Производственным мощностям по Технологии Альбион не требуются экзотические никелевые сплавы или титан.

Условия эксплуатации Технологии Альбион не требуют специальной подготовки поверхностей, частых проверок и непредвиденных эксплуатационных расходов, характерных при использовании дорогостоящих материалов.

5.5. Стоки и выбросы

Пульпа на выходе Технологии Альбион далее перерабатывается по схеме извлечения золота с помощью технологии «уголь в щелоче». Затем конечные остатки могут обрабатываться и храниться в хвостохранилищах либо использоваться при закладке отработанного пространства рудника после стандартного обезвреживания цианида. Никаких других жидких стоков по Технологии Альбион не образуется.

Выбросы газа из реакционных чанов Технологии Альбион минимальны вследствие высокой степени использования кислорода. Остаточные кислород и диоксид углерода, образующиеся при нейтрализации, будут поглощаться влагой. Какой-либо очистки газа, кроме рассеяния парового шлейфа, для удаления кислотного тумана или летучих компонентов не требуется.

5.6. Извлечение золота и серебра

Большинство испытаний Технологии Альбион на различных рудах достигали извлечения золота, в целом сопоставимого с бактериальным окислением, однако в данном случае оно оказалось выше. Автоклавное окисление может обеспечить определенно более высокие уровни извлечения золота за счет использования более высокой температуры и давления.

Ключевым преимуществом Технологии Альбион является то, что в каждом из испытанных на сегодняшний день случаев были достигнуты значительно более высокие уровни извлечения серебра, чем при бактериальном и автоклавном окислении.

5.7. Потребление реагентов

После выщелачивания по Технологии Альбион золото извлекается при помощи обычных методов «уголь в щелоче / уголь в пульпе» при относительно невысоких расходах цианида и извести. Потребление известняка будет одинаковым для всех технологических методов окисления, поскольку оно диктуется степенью окисления серы. Потребление цианида на фабрике «уголь в щелоче / уголь в пульпе» ниже, чем для бактериального окисления благодаря природе остатка от выщелачивания. Для некоторых концентратов потребности Технологии Альбион в нейтрализующих реагентах ниже, поскольку образуется некоторое количество элементарной серы.

При переработке концентратов по Технологии Альбион отсутствует потребность в питательных веществах, флокулянтах или диспергаторах. Для тонкого

измельчения в мельницах IsaMill требуется менее дорогостоящая измельчающая среда.

Ожидается, что потребление кислорода по Технологии Альбион будет аналогичным с его потреблением в реакторах автоклавного выщелачивания. В данном сравнении для реакторов автоклавного окисления и Технологии Альбион был принят уровень утилизации кислорода 80%. Потребление кислорода при автоклавном окислении будет зависеть от минералогии концентрата, включая уровень содержания карбонатов.

6. Современные технологические процессы

За последнее десятилетие для цветных и драгоценных металлов было разработано множество технологических схем переработки концентратов. Новые технологии выщелачивания для сульфидных концентратов золота, никеля и меди можно сравнить с Технологией Альбион на основании интенсивности технологических параметров.

Ряд технологий выщелачивания концентратов, проработанных до пилотного внедрения и более поздних стадий, представлен в Таблице 5. Другие технологии, не использующие в качестве первичного окислителя воздух или кислород, не представлены в перечне. Следует отметить, что многие из этих процессов возникли специально для переработки медных концентратов, но они включены в перечень, поскольку могут быть адаптированы для смешанных медно-золотосодержащих или золотосодержащих концентратов.

Таблица 5 – Предлагаемые методы выщелачивания сульфидных концентратов

Параметр	Высокий уровень	Средний уровень	Низкий или фоновый уровень
Температура, °С	> 155	115 – 155	< 115
	Автоклавное окисление	AAC/UBC CESL Dynatec	Технология Альбион Activox Mt Gordon Бактериальное окисление
Давление, Па	> 1 млн.	150 тыс. – 1 млн.	< 150 тыс.
	Автоклавное окисление AAC/UBC CESL Dynatec	Activox Mt Gordon	Технология Альбион Бактериальное окисление
Время пребывания, часы	> 24	1 – 24	< 1
	Бактериальное окисление	Технология Альбион Mt Gordon Activox	Автоклавное окисление AAC/UBC CESL Dynatec
Тонина помола D_{80} , мкм	< 38	38 – 75	> 75
	Технология Альбион Activox AAC/UBC	Бактериальное окисление CESL Dynatec	Автоклавное окисление Mt Gordon

Технология Альбион разработана для эксплуатации при атмосферном давлении и относительно низкой температуре. Технология позволяет осуществлять окисление концентрата в обычных агитационных чанах, что обуславливает минимальные строительные затраты. Единственным из других упоминаемых способов, который работает в условиях такой низкой интенсивности, является бактериальное окисление. Процесс бактериального окисления требует времени пребывания порядка 5 суток по сравнению с примерно 1 сутками для Технологии Альбион.

Время реакции бактериального окисления немного уменьшается при снижении тонины помола и увеличении температуры раствора, но оно не становится меньше 4 суток. После переработки концентрата по методу бактериального окисления извлечение металла будет ниже, а потребление реагентов выше по сравнению с Технологией Альбион.

Управление процессом бактериального окисления может стать проблематичным при высокой температуре пульпы, обусловленной изменчивой деятельностью специализированных термофильных бактерий.

Единственными методами, способными работать в условиях щелочных пульп, являются Технология Альбион и автоклавное окисление. При этом предполагается использование в строительстве менее дорогостоящих

конструкционных материалов по сравнению с кислыми пульпами, особенно при более низкой рабочей температуре.

7. Заключение

В настоящее время имеется ряд технологий переработки упорного золота. Однако теперь Технология Альбион предлагает золотодобывающей промышленности простую, надежную и менее затратную альтернативу для переработки таких руд.

Технология многократно проверена в масштабе крупнотоннажной пилотной установки на ряде различных руд, и качественное сравнение основных производственных факторов показывает, что условия Технологии Альбион являются технологически надежными и потенциально менее сложными для строительства и эксплуатации.

Исследование продемонстрировало убедительные доказательства стоимостных преимуществ Технологии Альбион. Эти преимущества, наряду с невысокими капитальными затратами и простотой пуско-наладки, делают Технологию Альбион заслуживающей особого внимания.

В настоящее время компания Core Resources работает с потенциальными партнерами над вводом в эксплуатацию первой промышленной фабрики по Технологии Альбион.