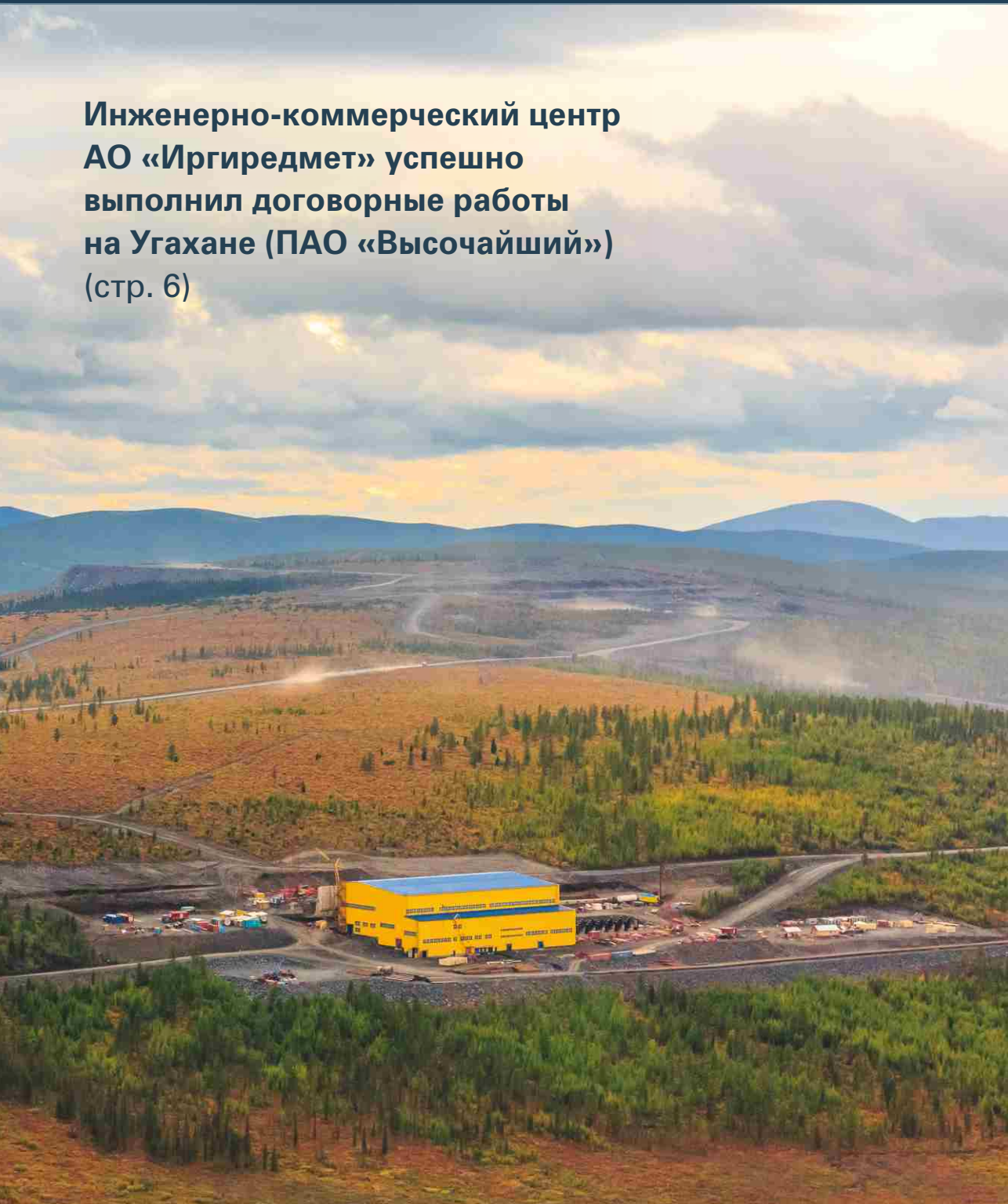


**Инженерно-коммерческий центр
АО «Иргиредмет» успешно
выполнил договорные работы
на Угахане (ПАО «Высочайший»)
(стр. 6)**



Содержание

ИНЖИНИРИНГ

Инженерно-коммерческий центр Иргиредмета успешно выполнил договорные работы на Угахане 6

МЕТАЛЛУРГИЯ

От руды до слитка. Полный комплекс научно-исследовательских, инженеринговых и внедренческих работ, включая поставку оборудования и запуск производства благородных металлов «под ключ». Лаборатория металлургии АО «Иргиредмет» 8

Биовыщелачивание с высокой экономической эффективностью обеспечивает повышение извлечения золота на месторождениях с упорными сульфидными рудами Лаборатория металлургии АО «Иргиредмет» 9

В. М. Бахир, Е. П. Бучихин, К. Н. Нестеров, И. А. Пальваль
Переработка хвостов обогащения россыпных месторождений золота (чёрных шлихов) йод-йодидными растворами 10

ОБОГАЩЕНИЕ

М. С. Лучко
О переработке хвостов ШОУ и ШОФ
Инженерно-коммерческий центр АО «Иргиредмет» 16

В. Ф. Никифоров, Г. В. Михеев, Ю. О. Федоров и др.
Галечные отвалы — перспективный источник золотодобычи на основе технологии РРС 17

О технологии рентгенометрической сепарации — РРС.
Технологический центр РРС АО «Иргиредмет» 21

Новые разработки для золотодобычи. ООО Научно-производственная компания Иркутские горные машины 22

Использование магнитных сепараторов для доводки золотых концентратов. ЗАО «ИТОМАК» 23

Готовимся к промысловому сезону вместе! Отгружаем сразу: ГМ-3, ППМ-5, ПШВ-150, ГДБ-40 и др. ПАО «ММЗ» 24

Мобильный комплекс МКПЗП-100 для промывки золотосодержащих песков. ООО «ГЕЛИОН» 25

GOLDEN MACHINE 100 — современная высокоэффективная установка для добычи россыпного золота. АО «Голд Майнинг Технолоджи» 26

Оборудование для золотодобычи
Ремонтно-механический завод «Сталькомплект» 27

Производство промприборов на базе пластинчатого грохота типа Дерокер. ПО «Уральские технологии» 27

Производство любого обогатительного оборудования в различных комплексах, любой сложности для россыпных месторождений. ООО «СибРесурсПроект» 28

Продается ШДУ производительностью 1 т/ч 28

ГОРНОЕ ДЕЛО

Б. К. Кавчик
MiningWorld 2018: новое, полезное, интересное 29

Срочно нужен проект? Обращайтесь!
Отдел россыпных месторождений АО «Иргиредмет» 31



Инженерно-коммерческий центр Иргиредмета успешно выполнил договорные работы на Угахане **6**



Переработка хвостов обогащения россыпных месторождений золота (чёрных шлихов) йод-йодидными растворами **10**



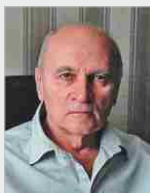
О переработке хвостов ШОУ и ШОФ **16**



Галечные отвалы — перспективный источник золотодобычи на основе технологии РРС **17**

Переработка хвостов обогащения россыпных месторождений золота (чёрных шлихов) йод-йодидными растворами

Задачей настоящего исследования являлась разработка технологии извлечения золота из черных шлихов применительно к малотоннажному производству в полевых условиях, обеспечивающей рентабельную эксплуатацию предприятия в экологически безопасном режиме.



В. М. Бахир,
Институт ИЭСиТ
Витольда Бахира



Е. П. Бучихин,
АО «ВНИИХТ»



К. Н. Нестеров,
АО «ВНИИХТ»



И. А. Пальваль,
ООО СП «ПЛ-Люченце»

В настоящее время остро стоит вопрос о переработке черных шлихов — продуктов шлихового обогащения рыхлых золотосодержащих отложений или измельченных пород. Данный материал относится к категории трудновскрываемых и не поддается классическим способам переработки.

Задача извлечения золота в данном случае может быть решена либо комбинацией тонкого или сверхтонкого помола с последующим гидрохимическим методом окислительного кислотного выщелачивания, в том числе автоклавного, либо термохимическим вскрытием сырья методом окислительного обжига с последующим выщелачиванием золота водным раствором подходящего реагента, в том числе цианированием.

Задачей настоящего исследования являлась разработка технологии извлечения золота из черных шлихов применительно к малотоннажному производству в полевых условиях, обеспечивающей рентабельную эксплуатацию предприятия в экологически безопасном режиме.

Предварительные исследования показали, что данный вид сырья не поддается цианированию даже при условии предварительного его кондиционирования обжигом. Малоэффективным оказалось и тиосульфатное выщелачивание. Ограничения возможности извлечения золота окислительным выщелачиванием растворами соляной кислоты с использованием азотсодержащих окислителей (растворами «царской водки») связаны с необходимостью поддержания высокой температуры (90 °С), замедленной кинетикой процесса и выбросами токсичных оксидов азота.

Использование в качестве окислителя хлора требует создания на месте специальных станций хранения баллонного хлора, токсичностью газа и необходимостью организации сложной системы газоочистки. Аналогичные ограничения существуют и для бромного выщелачивания. Применение других окислителей в настоящее время сдерживается их дороговизной.

Интенсификация процессов путем использования тонкого или сверхтонкого помола требует применения энергоемкого и дорогостоящего измельчительного оборудования (мельницы, грохоты и т.д.).

Выходом из создавшегося положения может явиться использование йод-йодидных растворов. Из опубликованных литературных данных следует, что эффективность выщелачивания золота йод-йодидными растворами не уступает как системам на основе соляной кислоты, так и с упомянутыми выше окислителями. Раствор йода в йодиде калия поддается электрохимической регенерации и может быть использован в обороте, процесс экологически безопасен. В настоящее время он может быть организован «в поле» на базе электрохимических установок института Бахира, позволяющих организовать производство йода и его повторное использование в процессе выщелачивания золота.

Недостатки йод-йодидной технологии связаны в основном с высокой стоимостью реагентов. Это требует тщательной промывки кеков после выщелачивания и выделения йода из сбросных растворов. Кроме того, разработка технологии йод-йодидного выщелачивания золота из черных шлихов требует минимизации расхода йода на окисление сопутствующих золоту примесей, что связано с отработкой условий предварительного кондиционирования шлиха. Для этого необходимы знания вещественно-минералогического состава сырья и форм нахождения в нем золота.

Решению вышестоящих задач посвящены исследования, приведенные в настоящей статье.

1. Характеристика исходного сырья

Для проведения исследования была представлена проба черных шлихов массой 10,0 кг и крупностью более 93% класса +0,1 мм (крупная фракция +1,0 мм составляла 21,2%; тонкая фракция минус 0,05 мм — 2,3%). Гранулометрическая характеристика исходного сырья приведена в табл. 1.

Таблица 1. Гранулометрический состав пробы черного шлиха

| п/п | Класс крупности, мм | Выход класса, % |
|-----|---------------------|-----------------|
| 1 | +1,00 | 21,2 |
| 2 | -1,00+0,40 | 23,4 |
| 3 | -0,40+0,20 | 35,4 |
| 4 | -0,20+0,10 | 13,2 |
| 5 | -0,10+0,05 | 4,5 |
| 6 | -0,05 | 2,3 |
| 7 | Исходная проба | 100,0 |

Из-за наличия большого количества класса +0,40 мм с суммарным выходом 44,6% в пробе шлиха для проведения исследований предварительно часть материала была подвергнута дополнительному измельчению в шаровой мельнице до крупности 95% класса минус 0,10 мм.

Рентгенофазовый анализ показал, что фазовый состав сырья представлен следующими минералами: магнетитом ($\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$) — 47,8%; кварцитом (SiO_2) — 32,9%; бадделейтом (ZrO_2) — 14,0%; титаномагнетитом (Fe_2TiO_4) — 4,56%. Из них несущими тонковкрапленное золото преимущественно являются магнетит и титаномагнетит. Содержание золота в кварците и бадделейте, по данным элементного анализа, незначительно. Среднее содержание золота в исходном сырье — 36,1 г/т; содержание золота в измельченной до крупности минус 0,10 мм пробе — 55,8 г/т.

2. Химическое кондиционирование сырья

Под этим процессом понимается предварительная обработка сырья химическими или пирометаллургическими методами с целью окисления всех форм восстановителей, способных взаимодействовать с йодом.

Основной формой химической депрессии золота в процессе йодного выщелачивания является «вялое» растворение золота вследствие поглощения растворителя — йода — различными металлами примесей (Fe, Cu, Zn, Pb и т.д.). Поскольку большинство образующихся в процессе выщелачивания йодных комплексов металлов примесей обладают хорошей растворимостью, они существенно увеличивают общий солевой фон растворов, следствием чего является образование на поверхности золотин химических пленок, тормозящих процесс растворения золота. Этим в значительной степени и объясняется пониженное извлечение золота в растворы при гидрометаллургической обработке руд, содержащих химические депрессоры золота.

В данной части работы с целью исключения депрессирующего влияния побочных металлов примесей проведены эксперименты по предварительному химическому кондиционированию сырья.

На основании проведенных экспериментов установлено, что обжиг материала при температуре 700–750 °С в течение 2 часов или обработка серной кислотой в присутствии окислителей (перекиси водорода или нитрита натрия) в течение 2 часов при 90–95 °С практически полностью решает проблему потерь йода с восстановителями (железо, сера и др.) — расход йода при проведении последующего процесса выщелачивания золота из черных шлихов соответствует стехиометрии.

3. Влияние крупности шлиха на извлечение золота

Известно, что наиболее распространенная причина технологической упорности золоторудного сырья — это тонкая вкрапленность золота. По данным минералогического анализа, в черных шлихах тонкодисперсное золото ассоциировано преимущественно с оксидами и гидроксидами железа, являющимися продуктами окисления золотосодержащего пирита. В этой связи для повышения эффективности переработки шлиха и степени извлечения золота проведена серия экспериментов по выщелачиванию пробы черного шлиха различной крупности.

Экспериментально установлено, что оптимальные результаты выщелачивания достигаются при измельчении 98% материала до крупности минус 0,1 мм или минус 0,074 мм (200 меш). Более глубокое измельчение приводит к неоправданному росту энергозатрат при измельчении, большим трудностям при фильтрации и отстаивании пульп.

Применительно к указанным предельным размерам частиц производственных суспензий процессы фильтрации и отстаивания пульп успешно протекают при введении в систему флокулянтов класса высокомолекулярных полиамидов с расходом 5,0–6,5 г/т твердого. В этом случае процесс можно проводить в режиме декантации с последующей фильтрацией сгущенного продукта на вакуумных нутч-фильтрах, что особенно важно для организации производства в полевых условиях.

4. Оптимизация условий выщелачивания

Эта задача в каждом конкретном случае решается методом подбора концентраций и соотношения концентраций йодистого калия и йода в выщелачивающих растворах, определение необходимого времени выщелачивания и соотношения Т:Ж. В нашем случае оптимальными технологическими показателями процесса выщелачивания золота йод-йодидным раствором из черных шлихов являются:

- концентрация йодистого калия (КJ) — от 10 до 200 г/л;
- концентрация йода (J_2) — от 1 до 50 г/л;
- температура — 20–25 °С;
- Т:Ж=1:2;
- время выщелачивания — 1,5–2,0 ч.

Эти условия обеспечивают извлечение золота на уровне 78–80% за одну стадию выщелачивания, до 98% за две стадии.

Для сравнения были проведены адаптационные опыты по выщелачиванию золота из шлиха различными реагентами: раствором «царской водки» при температуре 90 °С за 8 часов обработки степень извлечения золота равнялась 83–84%; выщелачивание системой *соляная кислота – хлор* за то же время обработки обеспечивает степень извлечения золота на уровне 73–75%.

5. Организация процесса регенерации йод-йодидного раствора после осаждения золота из продукционных растворов

Процесс осаждения золота из продукционных йод-йодидных растворов проводился по стандартной восстановительной методике в щелочной среде с помощью реагента — гидразина. Следует подчеркнуть, что после проведения операции осаждения золота и отделения его фильтрацией маточники фильтрации представляют собой щелочные растворы йодистого калия. Регенерация йод-йодидной выщелачивающей системы предполагает окисление этой соли до требований оптимального состава раствора выщелачивающего реагента.

Этот процесс осуществляли с помощью лабораторной установки производства института Бахира — АКВАТРОН-31-Л-10, генерирующей необходимое количество йода из йодистого калия (в анодной камере) вместе с едким калием (в катодной камере). Основные характеристики установки приведены в табл. 2.

Таблица 2. Основные характеристики АКВАТРОН-31-Л-10

| Наименование параметра | Значение параметра |
|---|--------------------|
| Производительность по йоду | 19–23 г/час |
| Производительность по едкому калию | 16–18 г/час |
| Время выхода на рабочий режим при запуске | 15 минут, не более |
| Потребляемая электрическая мощность | 400 Вт |
| Напряжение питающей электросети | 220 вольт, 50 Гц |

6. Промывка кеков после выщелачивания

Необходимость решения этой задачи определяется высокой стоимостью йода, что требует полного возврата его в технологический цикл. Это достигается путем применения трехступенчатой водной отмывки кека после выщелачивания золота и захваченного кеком йода при соотношении Т:Ж=1:2 (масс.) через операции репульсации и последующей фильтрации. Уже на первой стадии водной отмывки практически полностью отмывается золото, после третьей — йод.

На основании вышеизложенного была разработана схема процесса отмывки выщелоченного кека от растворенного золота и химических реагентов — йодида калия (КJ) и йода (J_2).

После процесса йод-йодидного выщелачивания пульпа поступает на фильтрование, производственный золотосодержащий раствор накапливается в приемной емкости и поступает на реагентное осаждение золота гидразином.

Нерастворимый остаток — кек (влажностью 20%) — направляется на 1-ю водную промывку. Он перегружается во второй реактор, где распульповывается водой до соотношения Т:Ж=1:2, полученная пульпа отфильтровывается. 1-я промывная вода направляется в приемную емкость, а кек направляется последовательно сначала на 2-ю, а затем на 3-ю водную промывку, которые осуществляются аналогичным способом. После окончания процесса 3-й водной промывки отмытый от золота и реагентов (на 99,5%) влажный кек направляется в хвостохранилище, а 3-я промывная вода может быть утилизирована или использована повторно на стадии 1-й водной промывки.

Оставшиеся 1-е и 2-е промывные воды с этой операции объединяются в одной емкости и направляются на операцию сорбционной очистки от йода.

7. Сорбционная очистка сточных вод от йода

Исследования показали, что требованиям разрабатываемой технологии полностью отвечает анионит Purolite S992, емкость которого по йоду равна 0,916–0,970 г/г. Эксперименты показали, что для насыщения смолы необходимо 12 часов контакта при соотношении объемов сорбент:раствор = 1:4000. Остаточное содержание йода в маточнике сорбции — 10–12 мг/л.

Десорбцию йода с насыщенного сорбента осуществляли раствором состава: NaOH (20 г/л) + сульфит натрия Na_2SO_3 (75 г/л) с расходом 10 объемов десорбирующего раствора на объем смолы. Товарный десорбат (4 объема) используется для выделения йода и возврата его в технологический цикл, бедные десорбирующие растворы (начало и конец десорбции) используются для приготовления свежих десорбирующих растворов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенных исследований предложена следующая технологическая схема переработки золотосодержащих черных шлихов по йод-йодидной технологии (см. рис. 1).

Технологическая схема проверена в лабораторном и укрупненном опытно-промышленном масштабе. Производство комплектов оборудования для аффинажных мини-заводов производительностью от 0,5 до 5 тонн сырья в сутки налажено предприятием ПЛ «Люченце».

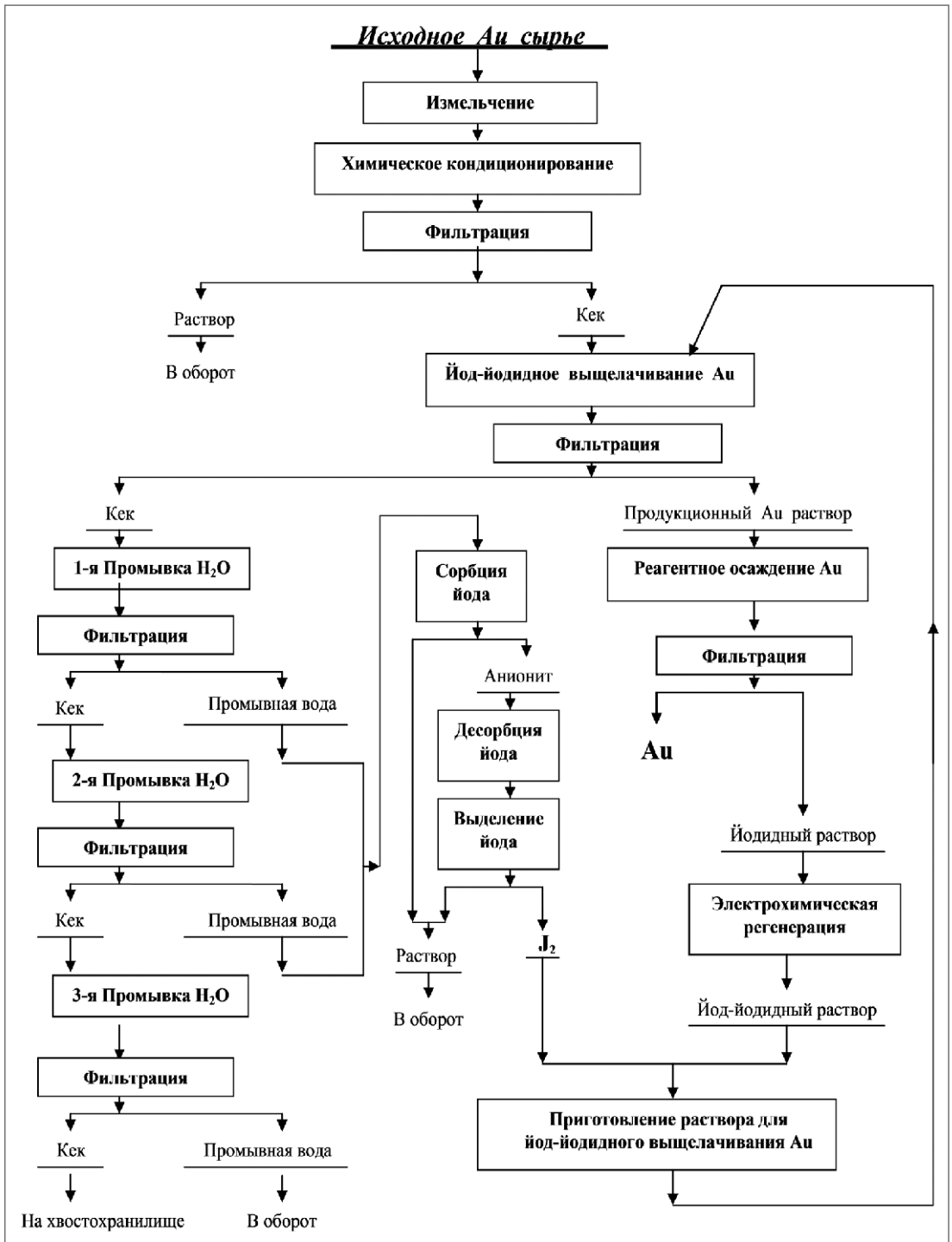


Рис. 1. Принципиальная технологическая схема переработки золотосодержащих черных шлихов

Рис. 2. Реактор для выщелачивания на 5 тонн шлихов в смену



Испытания по выщелачиванию золота с использованием йод-йодидных систем проведены на партиях окисленных и сульфидных хвостов обогащения нескольких россыпных месторождений.

Опытно-промышленные испытания проводились на производственной базе ООО СП «ПЛ-Люченге» в Москве и показали эффективность и универсальность метода. Извлечение золота составляет 80–98%. Себестоимость переработки 1 тонны сырья — 10–40 тыс. руб.

В июне 2018 г. в Магадане будут проведены полевые испытания аффинажного мини-завода производительностью 5 тонн хвостов в сутки, по результатам которых будет принято решение о продаже оборудования и технологий потребителям. ■



Рис. 3. Реактор для осаждения золота

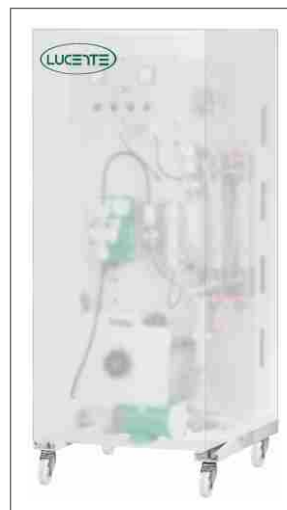


Рис. 4. Электролизер Бахира производительностью 1,5 кг йода в час

По вопросам сотрудничества и приобретения:

Компания ООО СП «ПЛ-ЛЮЧЕНТЕ»

г. Зеленоград г. Москва, тел.: 8 (499) 348–10–47

эл. почта: splucente@mail.ru

www.pl-lucente.com/refinery