

# ЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 669.21/23

DOI: 10.18324/2077-5415-2016-3-192-197

## Новая комплексная технология обработки техногенных отходов, позволяющая повысить экологическую безопасность

Е.В. Филиппова

Забайкальский государственный университет, ул. Александрo-Заводская 30, Чита, Россия

Filena78@mail.ru

Статья поступила 13.06.2016, принята 6.08.2016

*В статье отмечены основные источники воздействия на окружающую природную среду, к которым отнесены хвосто- и шламохранилища, отстойники, горные выработки, специальные активные выщелачивающие растворы. Обращается внимание на изменения федерального законодательства в части добычи золота на россыпных месторождениях, усугубляющие проблему утилизации отходов горнорудной отрасли. Это, в частности поправки в федеральный закон «О недрах», которые разрешают индивидуальным предпринимателям добычу полезных ископаемых. В этой связи рассмотрены разработки ученых Забайкальского государственного университета, в том числе молодых, которые предлагают экологозащитные технологии утилизации отходов, снижающие антропогенное воздействие на природные экосистемы. Подробно рассмотрено изобретение, которое относится к области горнорудной промышленности и может быть использовано для извлечения металлов из различных бедных растворов и пульп, в том числе хвостов обогащения. Суть данного изобретения заключается в усовершенствовании процесса извлечения благородных металлов и сопутствующих элементов из сбросных пульп и растворов для доизвлечения благородных и сопутствующих элементов, снижения антропогенной нагрузки на природные экосистемы. Техническим результатом являются повышение эффективности извлечения благородных металлов и сопутствующих химически связанных элементов, доизвлечение активных выщелачивающих растворов, утилизация сбросных пульп и активных выщелачивающих растворов. Для оценки возможностей и выбора способа изучался процесс извлечения золота совмещенными методами сорбции и цианирования. В результате разработана комплексная технология для переработки техногенных отходов, которая включает в себя способ комбинированного извлечения благородных металлов и сопутствующих элементов из сбросных пульп и растворов и осуществляется с применением последовательно расположенных аппаратов — распылителей, электролизера, электрофлотационной колонны, двухсекционного хвостохранилища и электродиалитических аппаратов.*

**Ключевые слова:** комплексное извлечение; сбросная пульпа; золото; сопутствующие минералы; новая технология; утилизация отходов.

## New integrated technology for processing industrial wastes which allows to increase ecological safety

E.V. Filippova

Trans-Baikal State University; 30, Aleksandro-Zavodskaya St., Chita, Russia

Filena78@mail.ru

Received 13.06.2016, accepted 6.08.2016

*The article deals with the main sources of impact on the surrounding environment, which are tailing dams, a sludge depository settlers, mining outputs, special active leach solutions. The attention is paid to the change of the federal legislation regarding gold mining on loose fields which allows individual entrepreneurs mining, in particular amendments to Federal Law "About a Subsoil" that aggravates a problem of waste of mining branch. In this regard, developments of scientists of Trans-Baikal State University, including young scientists who offer ecological and protective technologies for recycling and decrease in anthropogenous impact on natural ecosystems are considered. The invention which belongs to area of ore mining industry and can be used for extraction of metals from various poor solutions and pulps, including enrichment tails is considered. A task of this invention is enhancement of process of extraction of precious metals and the accompanying elements from waste pulps and solutions for additional recovery of the noble and accompanying elements, decrease in anthropogenous load of natural ecosystems. Technical result is the increase of efficiency of extraction of precious metals and the accompanying chemically connected elements, additional recovery of active leach solutions, utilization of waste pulps and active leach solutions. For an assessment of opportunities and the choice of a method, gold extraction process has been studied by the combined methods of sorption and cyanation. Therefore, the complex technology has been developed for conversion of technogenous waste which includes a method of the combined extraction of precious metals and the accompanying elements from waste pulps and*

*solutions, performed by means of consistently located devices: sprays, electrolyser, electric floatation column, two-section tailings dam, electric dialytic devices.*

**Key words:** complex extraction; a waste pulp; gold; accompanying minerals; new technology; recycling.

### Введение

Основное воздействие на окружающую природную среду оказывают породы вскрыши, забалансовые полезные ископаемые, склады готовой продукции, дренажные и сточные воды, хвосто- и шламохранилища, отстойники, аэрозоли, горные выработки, специальные растворы, ведение взрывных работ. Нарушается целостность почвенного слоя при организации канав, траншей, скважин и т. д., что приводит к деструкции и дальнейшей деградации ландшафта. Из хвостохранилищ происходит перенос веществ, в том числе токсичных, за счет водной миграции и при аварийном разрушении дамб. На осушенных участках хвостохранилищ или с территории складов с концентратом токсичные вещества могут развеиваться ветром, создавая потенциально опасные и вредные условия.

В 2010 г. специалистами ЗабГУ составлен «Кадастр отходов производства и потребления Забайкальского края» [1]. В крае находятся 33 хвостохранилища, из них восемь заброшены, так как деятельность предприятий прекращена. В этих отходах содержание полезных минералов иногда выше, чем в породах, потому что в ряде случаев извлечение основного минерала не превышало 50 %, а попутные компоненты не извлекались совсем.

С 2014 г. в Забайкалье выдано еще более 30 новых лицензий на разработку и пользование недрами с целью добычи золота, что указывает на активизацию горнодобывающих предприятий. В настоящее время внесены поправки в федеральный закон «О недрах», которые разрешают индивидуальным предпринимателям добывать золото на россыпных месторождениях и освобождают от уплаты налога на добычу полезных ископаемых [2]. В этой связи проблема отходов обострится. Даже создание соответствующей инфраструкту-

ры и исключение некоторых стадий из переработки (добыча породы, измельчение, классификация) не способны увеличить извлечение золота из отходов, а только усугубляют проблему. В XXI в., учитывая кризисную экономическую ситуацию, добыча должна вестись с применением ресурсосберегающих и природоохранных технологий. Необходим комплексный подход к извлечению полезных компонентов из недр, позволяющий минимизировать негативное влияние и способствующий доизвлечению золота из техногенных образований, а также восстановлению нарушенных экосистем. Необходимо формирование зоны управляемой сорбции, концентрации отходов добычи в глубоких горизонтах подземного рудника, не имеющего сообщения с поверхностными водами.

Поэтому обоснование эффективной геотехнологии с комплексным подходом к снижению отходов добывающей отрасли путем доизвлечения золота из техногенных образований и рекультивацией нарушенных земель является актуальной задачей. Так, В.И. Флешлер указывает, что Дарасунское месторождение в Забайкалье должно обрабатываться только с применением экологозащитных методов, чтобы предотвратить экологический кризис.

**Программа и методы исследований.** В ЗабГУ ведутся разработки способов извлечения с учетом экологической безопасности (А.Г. Секисов, В.П. Мязин и др.) [3–8]. К примеру, Ю.И. Рубцовым предложена принципиальная схема экологически малоопасного основания для кучного выщелачивания золота [9].

Разные технологии обогащения по-разному влияют на окружающую природную среду. Анализ этого влияния представлен в табл. 1.

Таблица 1

*Влияние технологий обогащения на окружающую среду*

Технология	Компоненты природной среды					
	Поверхностные воды	Подземные воды	Атмосфера	Педосфера	Растительный мир	Животный мир
Гравитация осадка	+	–	–	±	±	–
Гравитация шлюзы	+	–	–	±	±	–
Гравитация драги	+	+	–	+	+	+
Комбинированная гравитационно-флотационная	+	±	+	±	–	–
Флотационная с цианированием	+	+	+	±	±	+
Гидро-хлорирование	+	+	–	±	+	+
Магнитно-флокуляционная	+	–	–	±	–	–
Кучное выщелачивание	+	±	+	+	+	+
Скважинное подземное выщелачивание	±	+	–	–	–	±
Чановое выщелачивание	+	–	+	±	±	±

Примечание: + влияет; – не влияет; ± влияет в зависимости от специфики метода

В настоящее время стали внедряться биотехнологические методы (Л.В. Шумилова, Ю.Н. Резник, Ю.И. Рубцов, А.Г. Секисов, Т.Г. Конарева и др.), так как после применения традиционных методов остается больше отходов. В современных методах ставка сделана на почвенные микроорганизмы, которые способны в анаэробных условиях восстанавливать сульфаты, сульфиды, тиосульфаты. Например, тионовые бактерии, способны окислять сульфидные минералы, тиосульфат и железо (II), используя полученную энергию для построения клетки, ассимилируя углерод, который может затем включаться в круговорот и использоваться растениями при биологической рекультивации.

Для оценки возможностей и разработки нового способа изучался процесс извлечения золота совмещенными методами сорбции и цианирования, их влияние на природные экосистемы [10–23]. В результате нами разработана комплексная технология для переработки техногенных отходов, в частности сбросной пульпы, которая включает в себя способ комбинированного извлечения благородных металлов и сопутствующих элементов.

Применялись разнонаправленные методы, включающие теоретические исследования, обобщения, многофакторное планирование экспериментов, математическую обработку экспериментальных данных, гранулометрический, минералогический, спектральный, химический, пробирный и другие методы анализа, технологическое тестирование, лабораторные исследования, укрупненные лабораторные и полупромышленные испытания довыщелачивания золота с предварительной подготовкой минерального сырья, находящегося в растворах и пульпах.

**Комплексная технология для переработки техногенных отходов.** Изобретение состоит в следующем. Через распылители, расположенные в трубе, отходящей от золотоизвлекательной фабрики (ЗИФ), в пульпу подают диспергированный воздух. Далее пульпа, содержащая пузырьки воздуха, проходит через электролизер с вертикальными и горизонтальными электродами. На катоде происходит электрохимическое восстановление частиц, и появляется водород, а на аноде — электрохимическое окисление частиц, и выделяется кислород. Так поддерживается необходимое количество кислорода. Его отсутствие в пульпе или растворе прекращает извлечение золота даже при наличии достаточной концентрации цианида. Пузырьки водорода, необходимые в процессе комбинированной электрофлотации, выделяют на катоде.

Комбинированная электрофлотация помимо приготовления газовой эмульсии включает: насыщение минеральной суспензии пузырьками воздуха за счет смешивания с приготовленной газовой эмульсией, минерализацию пузырьков воздуха и отделение минерализованных пузырьков в виде флотоконцентрата. Флотоконцентрат получают в электрофлотационных колоннах, расположенных следом в схеме извлечения золота и сопутствующих элементов, и отправляют на переработку и извлечение полезных компонентов.

При этом полученный на катоде водород повышает вероятность встречи пузырьков и тонких частиц полез-

ного компонента. Электрическое воздействие осуществляют для получения мелких пузырьков. Тонкие частицы сопутствующих элементов закрепляются на пузырьках и образуют флотационные комплексы. Таким образом, возрастает вероятность встречи и закрепления тонких частиц полезного компонента на мелких пузырьках газа, полученных комбинированным механическим и электрохимическим методами, повышается вероятность выноса тонких частиц полезного компонента во флотоконцентрат и снижаются финансовые затраты.

Дополнительно в электрофлотационные колонны подают собиратели, что повышает гидрофобность и снижает подвижность частиц. Минеральная нагрузка полезного компонента быстрее выносится на поверхность и меньше теряется со вторичными хвостами. В результате увеличивается скорость транспортировки минеральной нагрузки во флотоконцентрат, возрастает удельная производительность электрофлотационной колонны. В целом возрастает извлечение сопутствующих элементов и снижаются потери компонентов, повышается эффективность флотационного обогащения. Отделение полезного компонента осуществляют путем его всплытия на поверхность. Образовавшаяся на поверхности пена является флотоконцентратом, который затем отправляют на переработку.

Получившиеся вторичные хвосты в виде слабого концентрата с флотационными и минеральными частицами отводят в хвостохранилище, где минеральные частицы подвергают процессу отстаивания и доокисляют под действием естественных агентов и растворенного кислорода.

В ходе отстаивания в секции хвостохранилища накапливаются химические элементы до концентрации, достаточной для извлечения. Полученная при этом технически чистая вода отводится на технологические нужды для оборотного водопользования, а жидкая фаза декантированной и окисленной пульпы с растворенными в ходе окисления металлами отводится через шлюз (или секцию), подвергается электродиалитической обработке на следующем этапе и пропускается через систему из параллельно расположенных катодов и анодов. Электродиалитические аппараты предназначены для глубокой доочистки сбросных пульп и растворов. В них происходит процесс мембранного разделения, в котором ионы растворенных благородных металлов и сопутствующих веществ переносятся через мембрану под действием электрического поля и накапливаются на ионитах. Секция заполняется специально подготовленными ионитами, на которые осаждаются железо, медь, мышьяк.

Разделение анионов и катионов происходит под действием электрического поля, катионы перемещаются по направлению к катоду. Анионы движутся по направлению к аноду. При помощи электродиализа повышается концентрация раствора электролита. Анионы раствора электролита внедряются в матрицу мембраны ионита и замещают первоначально присутствующие в нем анионы. В процессе работы электродиалитического аппарата активная реакция катода становится щелочной, а анода — кислой. Электрический ток переносит катионы из раствора или сбросной пульпы в по-

ток концентрата со стороны катода. Твердую минеральную фазу пульпы из секции хвостохранилища подвергают выщелачиванию металлов и серы. Накапливают металлы в форме катионов на катионите и частично в катодной камере. Так, задерживают катионы Cu, Fe, Ag в этом потоке анионообменной мембраной со стороны катода, анионы  $SO_4^{2-}$ ,  $HAs^-$ , и катион  $H^+$  задерживают со стороны анода в потоке концентрата.

Для извлечения золота установлена вторая пара электродиалитических аппаратов. В них размещают подготовленный ионоселективный по золоту анионит в форме  $CN^-$ . Его гранулы выступают ионитовыми подвижными мембранами. Метастабильные катионы золота будут стремиться к катоду, увлекая за собой связанные с ними через гидратные оболочки анионы цианидов, а свободные анионы цианидов будут стремиться к аноду, извлекая там золото. Попадая в зону влияния гранул анионита, смещающиеся метастабильные комплексные анионы золота будут задерживаться пленочной фазой ионообменного сорбента и концентрироваться в поверхностных пленочных слоях ионитной фазы пульпы, окружающей гранулы анионита. Таким образом, осуществляется перераспределение анионов золота между компонентами сбросной пульпы.

На катодах наблюдается переход ионов из пленочной в гелевую фазу гранулы анионита. Метастабильные катионы золота пленочной фазы с внешней от катода стороны, по поровому пространству, переходят вглубь гелевой фазы анионита в форме  $CN^-$ . Часть комплексных ионов золота со стороны внутренней части сорбента, попадая в область электрического поля, поляризуется, и образующиеся стабильные катионы золота частично пересаждаются на катод, а большая часть комплексных ионов золота переходит в жидкую фазу пульпы, одновременно переходя на анионит.

Электроды располагают очень близко друг к другу для воздействия на пульпу, содержащую растворенное золото, для предотвращения его потерь.

Пополнение цианидом и кислородом диффузионного слоя происходит путем диффузии этих реагентов из остальной части раствора или пульпы, не соприкасающейся с поверхностью растворенного золота. Вне диффузионного слоя концентрация молекул кислорода и ионов цианида значительно выше, а комплексных цианистых ионов золота — ниже, чем внутри слоя.

Полученный в анодной камере при взаимодействии водорода и сульфатов сернокислотный анолит используют в качестве выщелачивающего раствора, а твердую минеральную фазу пульпы рекомендуется применять в качестве материала закладки на подземном руднике.

#### **Пример конкретного использования технологии.**

Данная технология опробовалась на сбросной пульпе с ЗИФ Забайкалья, в которой обнаруживается значительное количество растворенного золота. Кроме того, совместно присутствуют сопутствующие промышленно ценные минералы, не извлекаемые в ходе обогащения, и оставшиеся активные выщелачивающие растворы. Низкое, 1,1–1,3 г/т, содержание золота и различные сопутствующие минералы в сбросной пульпе этой ЗИФ исключают применение для их переработки известных гидрометаллургических методов.

Сбросная хвостовая пульпа с ЗИФ направляется по подводящей трубе, где установлены распылители. Затем пульпа проходит через электролизер и направляется в электрофлотационную колонну, где на выходе образуется флотоконцентрат, который отправляют на переработку гидрометаллургическим методом. Предложенная комплексная схема дает лучшие результаты, обеспечивающие доизвлечение золота на анионите, других промышленно ценных металлов и токсичных для биоты элементов, что позволяет утилизировать сбросные пульпы и активные выщелачивающие растворы.

Обедненные хвосты размещались и подвергались отстаиванию в первой секции хвостохранилища, на выходе из которой осуществляли электросорбцию. Конечный кислотный раствор направляли на вторую секцию хвостохранилища, где также подвергали отстаиванию.

Анионит заранее был размещен в электродиалитических аппаратах для извлечения сопутствующих элементов и растворенного золота. Подготовка анионита проводилась раствором трехпроцентного цианида натрия путем его смешивания с раствором в чанах. При такой обработке ионы  $CN^-$  закрепляются на активных участках поверхности сорбента.

В первом электродиалитическом аппарате извлекали промышленно ценные металлы и токсичные элементы, во втором аппарате — золото.

Напряжение на электродах подавалось равным 8 В, при этом сила тока составляла 3 А.

Используемый в электродиалитическом аппарате анионит обладает способностью к повторному использованию, для чего применялась традиционная технологическая схема регенерации.

Для элюации золота с анионита использовался цианистый натрий в виде 1%-ного раствора. Его пропускали при температуре 150 °С и давлении 10 Атм. При этом процесс элюации золота заканчивался через 1–2 часа. При добавлении в раствор элюента 1%-ного едкого натра процесс элюации ускорялся.

#### **Заключение**

Разработанная технология комбинированного извлечения благородных металлов и сопутствующих элементов из сбросных пульп и растворов, включающая приготовление газовой эмульсии, насыщение пузырьками газа и отделение в виде флотоконцентрата, отличается от известных тем, что до разделения в электрофлотационных колоннах газовой эмульсии готовят комбинированным механическим и электрохимическим методом, подавая в пульпу диспергированный воздух через распылители и пропуская через электролизер с горизонтально и вертикально установленными катодами. Флотоконцентрат отправляют на переработку, а вторичные хвосты сливают в секцию хвостохранилища, где происходит процесс отстаивания и доокисления минеральных частиц. Жидкую фазу декантированной и окисленной пульпы с растворенными в ходе окисления металлами подвергают электродиалитической обработке, накапливая металлы в форме катионов на катионите и, частично, в катодной камере. Твердую минеральную фазу пульпы из секции хвосто-

хранилища подвергают выщелачиванию металлов и серы, причем серноокислотный анолит, который образуется в анодной камере, используют в качестве выщелачивающего раствора. На конечных стадиях при электролизе в качестве ионообменного сорбента используют ионоселективный по золоту анионит, подготовленный в форме  $CN^-$ .

Данная технология учитывает возможность утилизации активных растворов и повторной переработки техногенных образований, содержащих золото, чтобы снизить безвозвратные потери недоизвлеченного золота. Выделение из растворов и пульп с использованием предложенной технологии может значительно повысить эффективность извлечения золота и химических соединений с ним элементов.

Освоению техногенных образований способствуют комплексное извлечение сопутствующих минералов и ускорение рекультивации, что является важной задачей золоторудной отрасли и требует скорейшего решения.

#### *Литература*

1. Мязин В.П. Кадастр отходов производства и потребления Забайкальского края. Чита: ЧитГУ, 2010. 23 с.
2. Полевой В. Магадан подхватит золотую лихорадку // Ведомости, 12 окт. 2015 г. № 3936.
3. Секисов А.Г., Мазуркевич С.А. Способ извлечения благородных металлов из растворов и пульп и реактор для его осуществления: пат. 2251582 Рос. Федерация. № 2003129547; заявл. 07.10.03; опубл. 10.05.05, Бюл. № 13.
4. Секисов А.Г., Лавров А.Ю., Мязин В.П., Штатов В.Ю., Кондратьев С.А., Федоров А.С. Способ флотационного обогащения руд, содержащих сульфидные минералы и золото: пат. 2443475 Рос. Федерация. Бюл. № 6. 27.02.2012.
5. Секисов А.Г., Шевченко Ю.С., Лавров А.Ю. Перспективы использования шахтного выщелачивания при разработке золоторудных месторождений // Обогащение полезных ископаемых ФТПРПИ. 2015. № 5. С. 1-8.
6. Секисов А.Г. Геолого-технологическая оценка и новые геотехнологии освоения природного и техногенного золото-содержащего сырья Восточного Забайкалья: моногр. Чита: ЗабГУ, 2011. 312 с.
7. Секисов А.Г., Зыков Н.В., Королев В.С. Дисперсное золото. М., 2010. 251 с.
8. Секисов А.Г., Лавров А.Ю., Шевченко Ю.С., Манзырев Д.В., Петухов А.А., Конарева Т.Г. Геотехнологии извлечения дисперсного и «гонкого» золота из техногенных минеральных образований Забайкальского края // Вестн. ЧитГУ. 2012. № 1 (80) С. 34-42
9. Рубцов Ю.И., Рубцова О.П., Сафронов В.И., Спирин Э.К. Основание для кучного выщелачивания руд, хвостов и концентратов: пат. 2085722. опубл. 27.07.1997.
10. Arbuzov S.I., Rikhvanov L.P., Maslov S.G. Anomalous gold contents in brown coals and peat in the south-eastern region of the Western-Siberian platform // Of Coal Geol. 2006. Vol. 68. P. 127-134.
11. Bailey E.H. Gold complexation by chloride bearing fluids – an exafs study. W.: Environmental Science, University of Nottingham. 1997. P.131.
12. Bortnikova S., Manstein Y., Saeva O., Yurkevich N., Gaskova O., Bessonova E., Romanov R., Ermolaeva N., Chernuhin V., Reutsky A. Acid mine drainage migration of Belovo zincplant (South Siberia, Russia): multidisciplinary study // Water Security in the Mediterranean Region, NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security. Springer, 2011. P. 191-208.

13. Wang S., Fan W. Gold solubility in  $SiO_2-HCl-H_2O$  system at 200 °C: a preliminary assessment of the implications of solidification with regard to gold mineralization // Chinese Journal of Geochemistry January 1994. Vol. 13, № 1. P. 13-23.

14. Yannopoulos J.C. The extractive metallurgy of gold. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. 120 p.

15. Yurkevich N.V., Saeva O.P., Palchik N.A. As mobility in two mine tailings drainage systems and its removal from solution by natural geochemical barriers // Applied geochemistry. 2012. Vol. 27. P. 2260-2270. DOI 10.1016/j.apgeochem.

16. Абдрахманов Р.Ф. Гидрогеоэкология Башкортостана. Уфа: Информреклама, 2005. 344 с.

17. Алексеенко А.В., Касимов Н.С., Кошелева Н.Е. Геохимические изменения ландшафтов при добыче россыпного золота на месторождении Заамар в Центральной Монголии // Инженерная геология. 2014. № 5. С. 6-16.

18. Буряк В.А., Журнист В.И., Кузин А.А. Золото Еврейской автономной области (геолого-промышленные типы месторождений, перспективы, проблемы освоения). Биробиджан – Хабаровск: ИКАРП ДВО РАН, 2002. 123 с.

19. Глотов В.Е., Глотова Л.П., Бульбан А.П., Митрофанов И.Д. Хвостохранилище Карамкенского горно-металлургического комбината: инженерно-геологические проблемы и причины аварийного разрушения // Вестн. ДВО РАН. 2010. № 3. С. 31-40.

20. Зотеев В.Г., Костерова Т.К. Пути реконструкции хвостохранилищ с целью ликвидации их аварийности и экологической опасности // Мельниковские чтения. Горные науки на рубеже XXI века. Пермь: ИПКО РАН, 1997. С. 71.

21. Комаров М.А., Григорьев Н.П., Киперман Ю.А. Эколого-экономическая оценка минеральных ресурсов – новое направление геолого-экономических исследований // Мельниковские чтения. Горные науки на рубеже XXI века. Пермь: ИПКО РАН, 1997. С. 88-89.

22. Мамаев Ю.А., Пономарчук Г.П., Литвинцев В.С., Пуляевский А.М. Выявление закономерностей процессов миграции и концентрации золота при перемещении двухфазных потоков, содержащих в твердой фазе ценные компоненты высокой плотности, по наклонной и криволинейной поверхностям // Информационный бюллетень РФФИ. 1999. № 7. С. 37-51.

23. Топилов Т., Рахимов В.Р., Турсебеков А.Х., Климанов Е.В. Актуальные геолого-геохимические проблемы экологии Алмалык-Ангренского горно-промышленного района. М., 2005. С. 86-90.

#### *References*

1. Myazin V.P. Inventory of production wastes and consumption of Transbaikalian edge. Chita: ChitGU, 2010. 23 p.
2. Polevoy V. Magadan podkhvatit zolotuyu likhoradku // Vedomosti, 12 okt. 2015 g. № 3936.
3. Sekisov A.G., Mazurkevich S.A. A method of extraction of precious metals from solutions and pulps and the reactor for its implementation: pat. 2251582 Ros. Federatsiya. № 2003129547; yayavl. 07.10.03; opubl. 10.05.05, Byul. № 13.
4. Sekisov A.G., Lavrov A.Yu., Myazin V.P., Shtatov V.Yu., Kondrat'ev S.A., Fedorov A.S. A method of floatation enrichment of the ores containing sulphidic minerals and Gold: pat. 2443475 Ros. Federatsiya. Byul. № 6. 27.02.2012.
5. Sekisov A.G., Shevchenko Yu.S., Lavrov A.Yu. Prospects for the use of mine leaching when developing of gold deposits // Obogashchenie poleznykh iskopaemykh FTRPI. 2015. № 5. P. 1-8.
6. Sekisov A.G. Geological and technological assessment and new geotechnologies of development of natural and technogenic gold-bearing raw materials of East Transbaikalia: monogr. Chita: ZabGU, 2011. 312 p.

7. Sekisov A.G., Zykov N.V., Korolev V.S. Disperse gold. M., 2010. 251 p.
8. Sekisov A.G., Lavrov A.Yu., Shevchenko Yu.S., Manzyrev D.V., Petukhov A.A., Konareva T.G. Geotechnologies of extraction of disperse and "thin" gold from technogenic mineral formations of Zabaykalsky Krai // Chita State University Journal. 2012. № 1 (80). P. 34-42.
9. Rubtsov Yu.I., Rubtsova O.P., Safronov V.I., Spirin E.K. Basis for compact leaching of ores, tails and concentrates: pat. 2085722. opubl. 27.07.1997.
10. Arbuzov S.I., Rikhvanov L.P., Maslov S.G. Anomalous gold contents in brown coals and peat in the south-eastern region of the Western-Siberian platform // Of Coal Geol. 2006. Vol. 68. P. 127-134.
11. Bailey E.H. Gold complexation by chloride bearing fluids - an exafs study. W.: Environmental Science, University of Nottingham. 1997. P. 131.
12. Bortnikova S., Manstein Y., Saeva O., Yurkevich N., Gaskova O., Bessonova E., Romanov R., Ermolaeva N., Chernuhin V., Reutsky A. Acid mine drainage migration of Belovo zincplant (South Siberia, Russia): multidisciplinary study // Water Security in the Mediterranean Region, NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security. Springer, 2011. P. 191-208.
13. Wang S., Fan W. Gold solubility in SiO<sub>2</sub>-HCl-H<sub>2</sub>O system at 200 °C: a preliminary assessment of the implications of solidification with regard to gold mineralization // Chinese Journal of Geochemistry January 1994. Vol. 13, № 1. P. 13-23.
14. Yannopoulos J.C. The extractive metallurgy of gold. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. 120 p.
15. Yurkevich N.V., Saeva O.P., Palchik N.A. As mobility in two mine tailings drainage systems and its removal from solution by natural geochemical barriers // Applied geochemistry. 2012. Vol. 27. P. 2260-2270. DOI 10.1016/j.apgeochem.
16. Abdrakhmanov R.F. Hydrogeoecology of Bashkortostan. Ufa: Informreklama, 2005. 344 p.
17. Alekseenko A.V., Kasimov N.S., Kosheleva N.E. Geochemical changes of landscapes in case of production of placer gold on the field Zaamar in the Central Mongolia // Engineering Geology. 2014. № 5. P. 6-16.
18. Buryak V.A., Zhurnist V.I., Kuzin A.A. Gold Jewish Autonomous Region (geological and industrial types of fields, prospects, development problems). Birobidzhan - Khabarovsk: IKARP DVO RAN, 2002. 123 p.
19. Glotov V.E., Glotova L.P., Bul'ban A.P., Mitrofanov I.D. Karamken tailing dump: engineering and geological problems and accident-caused destruction // Bulletin of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences. 2010. № 3. P. 31-40.
20. Zoteev V.G., Kosterova T.K. Ways of reconstruction of tailings dams for the purpose of liquidation of their accident rate and ecological danger // Mel'nikovskie chteniya. Gornye nauki na rubezhe XXI veka. Perm': IPKO RAN, 1997. P. 71.
21. Komarov M.A., Grigor'ev N.P., Kiperman Yu.A. The Ekologo-economic evaluation of mineral resources - the new direction of geological economic researches // Mel'nikovskie chteniya. Gornye nauki na rubezhe XXI veka. Perm': IPKO RAN, 1997. P. 88-89.
22. Mamaev Yu.A., Ponomarchuk G.P., Litvintsev V.S., Pulyaevskii A.M. Detection of regularities of processes of migration and concentration of gold when moving the two-phase flows containing valuable components of a high density in a firm phase on inclined and curvilinear surfaces // Informatsionnyi byulleten' RFFI. 1999. № 7. P. 37-51.
23. Topilov T., Rakhimov V.R., Turesebekov A.Kh., Klimanov E.V. Actual geological and geochemical environmental problems of the Almalyk-Angren mining district. M., 2005. P. 86-90.