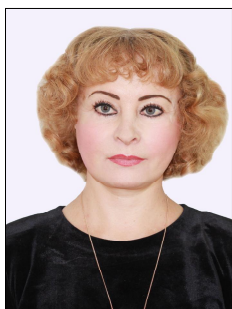


УДК 622.775

DOI: 10.21209/2227-9245-2020-26-8-49-58

**РАЗРАБОТКА И АПРОБАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ПЕСКОВ ДРАЖНОГО ПОЛИГОНА ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗОЛОТА И ТЯЖЕЛЫХ МИНЕРАЛОВ, СОДЕРЖАЩИХ МАГНИТНЫЕ ЧАСТИЦЫ**

**DEVELOPMENT AND TESTING OF TECHNOLOGY FOR PROCESSING SANDS FROM THE DREDGE FIELD TEST SITE FOR EXTRACTING GOLD AND HEAVY MINERALS CONTAINING MAGNETIC PARTICLES**



**Л. В. Шумилова,**  
Забайкальский  
государственный  
университет, г. Чита  
shumilovfalv@mail.ru

**L. Shumilova,**  
Transbaikal State University,  
Chita



**В. Г. Черкасов,**  
Забайкальский  
государственный  
университет, г. Чита  
cherkasov1948@yandex.ru

**V. Cherkasov,**  
Transbaikal State  
University,  
Chita



**Г. А. Юргенсон,**  
Институт природных ресурсов,  
экологии и криологии  
СО РАН, г. Чита  
yurgga@mail.ru

**G. Yurgenson,**  
Institute of Natural Resources,  
Ecology and Cryology SB RAS,  
Chita



**В. П. Мязин,**  
Забайкальский  
государственный  
университет, г. Чита  
myazinvpchita@mail.ru

**V. Myazin,**  
Transbaikal State  
University, Chita

Проанализировано состояние минерально-сырьевой базы мира и России, в частности рассмотрены два варианта модели инновационного пути развития России на основе внедрения наилучших доступных технологий (НДТ). Сделан вывод о том, что важную роль в выборе модели инновационного пути развития играют не только российские ресурсы, но и российские технологии, специалисты и оборудование. Представлена авторская блок-схема внедрения НДТ на горном предприятии, состоящая из четырех блоков: 1) аналитического и научно-исследовательского; 2) экономико-аналитического; 3) разработки проекта внедрения; 4) получения комплексного экологического разрешения и внедрения НДТ. Акцентировано внимание на том, что в настоящее время разрабатываются новые экологические нормативы допустимого комплексного воздействия промышленных объектов на окружающую среду, которым к 1 января 2025 г. должны соответствовать все горные предприятия России.

Рассмотрен конкретный пример разработанной, запатентованной и апробированной технологии переработки песков дражного полигона месторождения Джармагатай (Забайкальский край), который включает гравитационно-магнито-флокуляционно-магнито-электрические методы обогащения в сочетании с цианидным выщелачиванием золота. Способ относится к наилучшим доступным технологиям, так как позволяет добиться высокого уровня использования минерально-сырьевых ресурсов (комплексность и рациональность), уменьшить загрязнения атмо-, гидро-, лито- и биосферы выбросами и сбросами

**Ключевые слова:** инновации; зеленая инженерия; экоинженерия; наилучшие доступные технологии (НДТ); инклюзивная экономика; комплексное экологическое разрешение; пески дражного полигона; магнитная и магнито-флокуляционная сепарация; электрическая сепарация; выщелачивание; комплексность и рациональность

The state of mineral resources base of the world and Russia is analyzed. Two variants of the model of Russia's innovative way of development on the basis of the best available technologies' introduction (BAT) are considered. The conclusion is made that not only Russian resources, but also Russian technologies, specialists and equipment play an important role in the choice of the model of innovative way of development. The authors' block-scheme of BAT implementation at a mining enterprise is presented. It consists of four blocks: 1) analytical and research; 2) economic and analytical; 3) implementation project development; 4) obtaining an integrated environmental permit and BAT implementation. Emphasis is made on the fact that new environmental standards are being currently developed for the permissible integrated environmental impact of industrial facilities, which by 01.01.2025 should comply with all mining enterprises in Russia. A specific case of the developed, patented and tested technology of processing sands from the dredge field test side of the Dzharzagatay deposit (Transbaikal region), which includes gravity-magnetic-flocculation-electrical methods of enrichment, combined with cyanide leaching of gold, is considered. The method refers to the best available technology, as it allows to achieve a high level of mineral resources use (integration and rationality), to reduce pollution of atmo-, hydro-, litho- and biosphere by emissions and discharges

**Key words:** *innovation; green engineering; ecoengineering; best available technologies (BAT); inclusive economy; integrated environmental permit; dredge sands; magnetic and magnetic-flocculation separation; electric separation; leaching; integration and rationality*

**В**ведение. Современное развитие цивилизации невозможно без удовлетворения постоянно растущих потребностей в минеральном сырье. В настоящее время из недр Земли извлекается более 200 видов полезных ископаемых [2; 4; 6]. Социологи на протяжении последних 20 лет констатируют ежегодное значительное повышение численности населения планеты, а геологи предупреждают о систематическом снижении разведанных запасов полезных ископаемых при неуклонном росте стоимости минерального сырья в 0,05...0,15 раза [5; 7].

В этой связи состояние минерально-сырьевой базы (МСБ), обеспеченность минеральными ресурсам и современная индустриальная база – существенные проблемы как в целом мировой экономики, так и отдельных стран.

От эффективности переработки минерального сырья на основе инновационных технологий зависит поступательное развитие практически всех отраслей промышленности, поэтому для сокращения разрыва в развитии технологий горного дела необходим переход на инновационный путь развития экономики.

*Материалы и методы исследования.* Современная Россия – это мощная сырьевая держава, унаследовавшая от СССР большой минерально-ресурсный потенциал и индустриальную базу. Валовая ценность разведанных и оцененных запасов составляет около 28,5 трлн долл. США.

После развала Советского Союза, в связи со сложной экономической ситуацией, в

РФ на протяжении многих лет на уровне государства отсутствовала стратегическая промышленная политика, негативным результатом чего стала деиндустриализация, повлекшая за собой технологическое отставание, импортозависимость, низкую эффективность и конкурентоспособность, нехватку ресурсов и загрязнение окружающей среды.

Так, в результате деиндустриализации степень импортозависимости РФ в 2014 г. по 19 важным отраслям промышленности в среднем составила 53,28 % (технологии, материалы, комплектующие, оборудование, промышленные комплексы, химические соединения и др.), для которых продукция горного и металлургического комплексов является исходным сырьем.

Согласно данным Федеральной службы государственной статистики России, минимальное значение импортозависимости имеет химическая промышленность – 4,7 %, а максимальное значение (92,0 %) характерно для авиационной промышленности (самолетостроение) [3]. За последние пять лет ситуация стала меняться, однако ввиду малого промежутка времени – незначительно.

Товарная структура российского импорта по состоянию на октябрь 2018 г. составила: машины, оборудование, транспортные средства – 47,7 %; минеральные продукты – 1,9 %; продукты химической промышленности, каучук – 18,2 %; металлы, драгоценные камни и изделия из них – 7,7 %; продовольственные товары – 12,1 % [3].

Россия в числе лидеров лишь на двух-трех научных направлениях. В связи с чем существует значительный технологический разрыв в использовании передовых технологий между Россией и развитыми странами (ЕЭС и США), несмотря на то, что она имеет статус развитого государства. В данный момент РФ занимает лишь 70-е место по уровню инновационной составляющей в экономике.

Динамика развития мирового горного производства за последний тридцатилетний период свидетельствует о том, что с явным преимуществом впереди идут – Азия, Европа, Северная и Латинская Америка, Африка и Океания. Следует отметить, что среди 20 крупнейших стран – производителей металлов Россия занимает третье место после Китая и Австралии.

В современный период инновационный путь развития передовых стран ЕС (Финляндия, Германия, Швеция, Австрия, Бельгия, Испания, Дания и др.), Великобритании, США и Канады, а также повышение эффективности и конкурентоспособности горной отрасли достигается на основе экологизации экономики (зеленая экономика) и внедрения наилучших доступных технологий (НДТ, *Best Available Technologies*).

«Зеленая экономика – это устойчивая экономика, которая повышает качество жизни для всех жителей в пределах экологических ограничений нашей планеты, но при этом риски для окружающей среды и экологический дефицит минимизированы» (Green Economy Coalition, 2011). Такая экономика является максимально инклюзивной (UNEP, 2009), в том числе в деятельности минерально-сырьевых корпораций.

Для комплексного подхода к защите окружающей среды и внедрения наилучших доступных технологий в Европе реализуется на практике несколько концепций (<http://europa.eu.int/comm/environment/impel> – раздел официального сайта Европейского Союза, посвященный вопросам экологии): Zero Waste (экологическая концепция ZW, «ноль отходов»), Cradle-to-Cradle (C2C, «от колыбели до колыбели»), Cleaner Production («более чистое производство»), Green Engineering («зеленая инженерия», «экоинженерия»), Cradle-to-Grave (C2G, «от колыбели до могилы»).

Например, реализация целей концепции ZW обеспечивается внедрением в горной отрасли различных инновационных технологий

безотходной добычи полезных ископаемых и переработки минерального сырья с соблюдением интегрированных экологических принципов (Industrial Ecology, Cradle-to-Cradle, Green Engineering, Zero waste design – «безотходная разработка»). Примером этого подхода является концепция Cradle-to-Cradle Design (<http://www.epa.gov> – официальный сайт Агентства по охране окружающей среды США).

В данной работе в качестве примера НДТ рассмотрен запатентованный авторами способ обогащения металлоносных песков (RU2709256C1), предназначенный для извлечения тяжелых минералов, содержащих магнитные частицы. Методика проведения экспериментальных исследований по обогащению песков на лабораторной установке заключалась в следующем. Представительная технологическая проба состояла из нескольких частных проб, отобранных в разных точках дражного полигона месторождения Джармагатай (Забайкальский край).

Преобладающий класс крупности свободного золота представлен зернами ценного компонента – 0,315 мм, а частный выход рудных частиц, содержащих связанное золото в сростках с кварцем и сульфидными минералами, составлял 17 %. Шлиховой комплекс тяжелых минералов в металлоносных песках представлен минеральными зернами – 4 мм. Основными магнитными минералами шлихов являлись магнетит, титаномагнетит и пирротин, легко извлекаемые на сепараторах со слабым магнитным полем.

*Результаты исследования и их обсуждение.* Развитие минерально-сырьевой базы и инновационных технологий является не только основным условием экономической устойчивости и политической независимости, но и важнейшим фактором сохранения государства. Для решения накопившихся проблем и преодоления технологического отставания России в различных отраслях экономики, и особенно в горной, предприятиям предлагается выбрать один из вариантов модели инновационного пути развития (рис. 1).

В ликвидации технологического разрыва базисом инновационного развития России являются минеральные ресурсы и существующие промышленные технологии, специалисты, оборудование, поэтому модель 2 предпочтительнее, хотя и модель 1 также должна с течением времени трансформироваться во

2-ю модель. Следующая эволюционная ступень – это повышение эффективности и конкурентоспособности технологий.

В Российской Федерации в последние годы, начиная с 2014 г., осуществляется масштабная разработка и корректировка нормативно-правовой базы. В частности, 21 июля 2014 г. в Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» внесены важные изменения и дополнения. Основопологающим правовым

документом стандартизации по регламентации порядка внедрения наилучших доступных технологий является Федеральный закон от 31 декабря 2014 г. № 488-ФЗ (ред. от 13.07.2015) «О промышленной политике в Российской Федерации», в котором повышение эффективности и конкурентоспособности планируется обеспечить посредством внедрения «Наилучших доступных технологий» (НДТ, *Best Available Technologies*) – «зеленая инженерия», «экоинженерия».

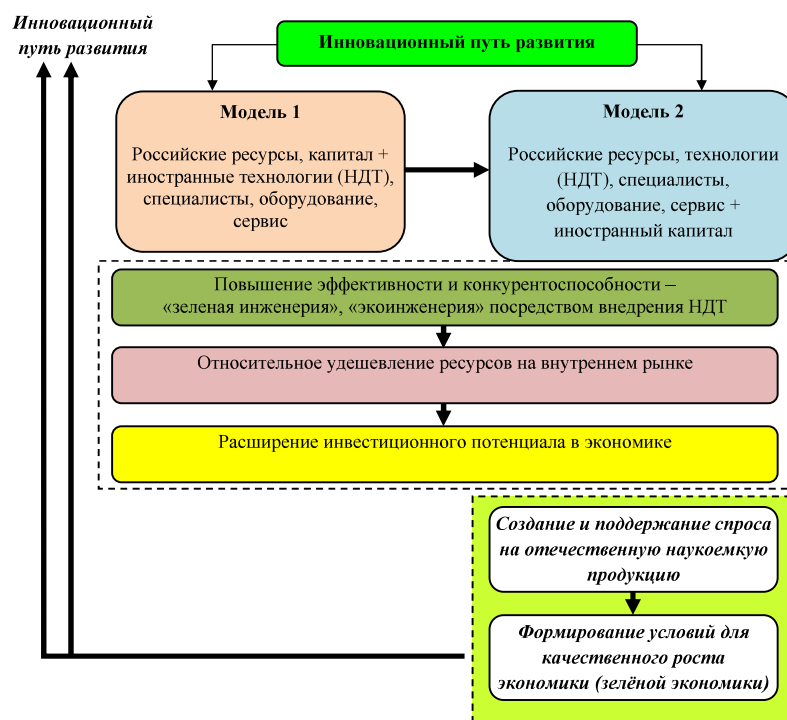


Рис. 1. Альтернативные модели инновационного пути развития России /  
Fig. 1. Alternative models of the innovative development of Russia

Для методического сопровождения этой деятельности активно разрабатываются информационно-технологические справочники наилучших доступных технологий (ИТС НДТ).

Постановлением Правительства Российской Федерации от 23 декабря 2014 г. № 1458 введен в действие нормативный документ «О порядке определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии, а также разработки, актуализации и опубликования информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям».

В соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации от 31 октября 2014 г. № 2178-р «О поэтапном графике

создания в 2015-2017 гг. отраслевых справочников наилучших доступных технологий» начата разработка ИТС НДТ на основе европейской нормативной документации (ГОСТ Р 540972010. Национальный стандарт РФ. Ресурсосбережение. Наилучшие доступные технологии. Методология идентификации. (Resources saving. Best available techniques. Identification methodology; Справочник наилучших доступных технологий / под ред. Министерства природных ресурсов и экологии РФ // Некоммерческое партнерство «Центр экологической сертификации – Зеленые стандарты». М., 2011. 838 с.).

В России насчитывается порядка двадцати ИТС НДТ для горной отрасли и ме-

таллургии, которые, как и европейские справочники, разделены на две группы: «горизонтальные» (применяемые к большинству отраслей промышленности) и «вертикальные» (применяемые в одной или нескольких отраслях промышленности).

Структура информационно-технического справочника (*Best available techniques. The structure of the information and technical reference book*) утверждена и введена в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 декабря 2014 г. (ПНСТ 21-2014. «Наилучшие доступные технологии. Структура информационно-технического справочника» (с Поправкой) (Источник: ИСС «ТЕХЭКСПЕРТ»).

К НДТ также относятся технологии, которые находятся на стадии научно-исследовательских, опытно-конструкторских работ или опытно-промышленного внедрения, позволяющие повысить эффективность производства и сократить эмиссии в окружающую среду.

Разработанный авторами и апробированный в лабораторных условиях способ обогащения металлоносных песков можно отнести к следующим справочникам: «вертикальные» отраслевые – ИТС 14-2016 «Производство драгоценных металлов» (введен 1 июля 2017 г.); ИТС 23-2017 «Добыча и обогащение руд цветных металлов» (введен 1 июня 2018 г.); ИТС 49-2017 «Добыча драгоценных металлов» (введен 1 июня 2018 г.); «горизонтальные» межотраслевые – ИТС 15-2016 «Утилизация и обезвреживание отходов» (введен 1 июля 2017 г.); ИТС 16-2016 «Горнодобывающая промышленность. Общие процессы и методы» (введен 1 июля 2017 г.); ИТС 17-2016 «Размещение отходов производства и потребления» (введен 1 июля 2017 г.).

Приоритет нового технологического решения подтвержден патентом РФ (Пат. № 2709256 Российская Федерация, МПК В03В 7/00 (2006.01). Способ обогащения металлоносных песков: № 2019114366: заявл. 07.05.2019; опубл. 17.12.2019 / Мязин В. П., Шумилова Л. В., Петухова И. И., Антипин С. А., Мишин А.С.; заявитель и патентообладатель ЗабГУ).

Подготовительные операции – это дезинтеграция и грохочение по классам крупности -8+16 металлоносных песков. Надрешетный продукт далее направлялся на грохочение и гравитационное обогащение для выделения гравитационного концентрата и доизвлечения мелких классов ценного

компонента (ДМК). Концентраты гравитации и ДМК объединялись в один продукт, который направлялся на дальнейшую магнито-флокуляционную перемешку.

Перемешка осуществлялась на шлюзовой приставке. Магнитное поле приставки создавали путем намагничивания и размагничивания продукта постоянным полем высокой напряженности и градиента, создаваемым установкой намагничивающих и размагничивающих рядов постоянных магнитов, размещенных снизу желоба приставки поперек транспортируемого потока. Основные размерные параметры используемых магнитов и изменение зависимости напряженности магнитного поля и расчетного значения силы магнитного взаимодействия над магнитами при параллельном и угловом расположении их между собой определялись расчетным путем. Постоянные магниты размещались с чередующейся полярностью с числом намагничивающих рядов не менее двух.

Принятые параметры по расстоянию размещения магнитов между собой и угла их наклона к горизонтальной плоскости определены на основании экспериментального замера оптимальной напряженности магнитного поля и расчетного значения магнитных сил.

Выделенный после перемешки концентрат разделяли на богатый продукт и непродуктивную фракцию хвостов. Последнюю направляли на дальнейшее последовательное выделение сепарацией, магнитной и электропроводной фракций.

Размагничивание продукта производилось на выходе из шлюзовой приставки при сполоске концентрата. Выделенную магнитную фракцию возвращали для повторного использования в процесс ДМК, а электропроводную фракцию, содержащую сростки связанного золота с кварцем и сульфидными минералами, направляли на измельчение и последующую классификацию с выделением слива и песков.

Слив возвращали в оборот, пески направляли на цианирование золота при интенсивном их перемешивании. Хвосты цианирования далее идут на обезвреживание, рабочие растворы – на последующее сорбционное извлечение золота.

Авторская блок-схема внедрения НДТ переработки минерального сырья природных и техногенных месторождений на горном предприятии представлена на рис. 2.

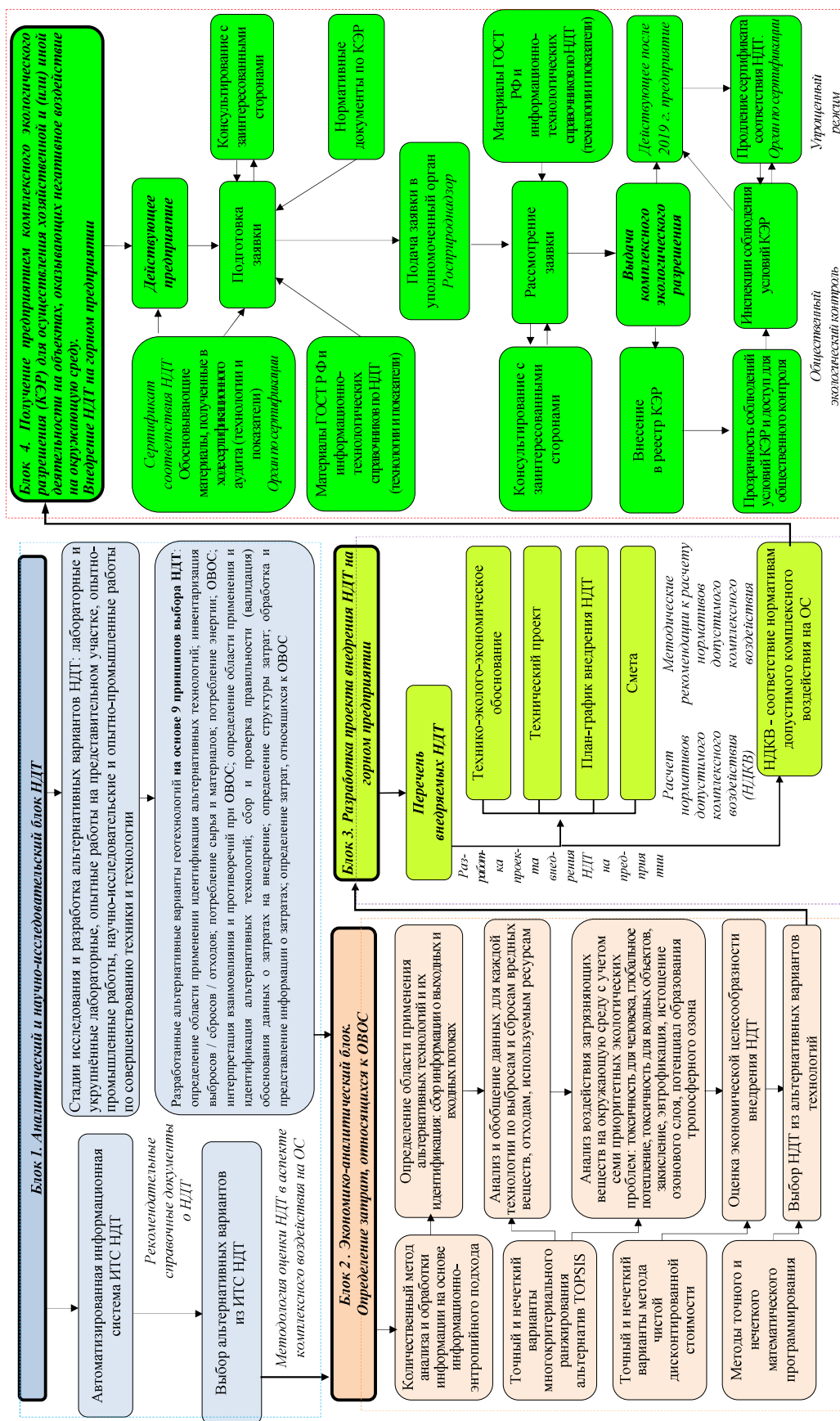


Рис.2. Блок-схема внедрения НДТ на горном предприятии / Fig. 2. Block diagram of BAT implementation at a mining enterprise

В настоящее время разрабатываются новые экологические нормативы допустимого комплексного воздействия (НДКВ): нормативы допустимых выбросов, технические удельные нормативы негативного воздействия на единицу выпускаемой продукции, предельно допустимые экологические концентрации и предельно допустимые экологические нагрузки.

Следует также учесть, что в ближайшее время невыполнение НДКВ промышленными предприятиями повлечет за собой экономические санкции в виде платы за негативное воздействие на окружающую среду, доходщей до 100-кратного размера ущерба.

«До конца 2020 года не менее 80 из 300 крупнейших предприятий должны перейти на так называемые наилучшие доступные технологии, получить комплексные экологические разрешения... Ни в коем случае нельзя допускать здесь сбоев» (послание Президента Российской Федерации В. В. Путина Федеральному собранию 15 января 2020 г.).

Промышленным предприятиям России, включая предприятия горного кластера, до конца 2024 г. будут выданы 6900 комплексных экологических разрешений – КЭР (из паспорта Национального проекта «Экология»). Первыми (в срок до 31 декабря 2022 г.) подать заявку обязаны 300 объектов, перечень которых должно утвердить Министерство природных ресурсов РФ. Все остальные промышленные объекты должны получить КЭР до 1 января 2025 г.

На рис. 3 показана технологическая схема НДТ, реализующая способ обогащения золотосодержащих песков месторождения Джармагатай.

Экспериментальные опыты проведены на шлюзовой приставке. Конструктивно шлюзовая приставка перемешки выполнена с двумя намагничивающими и одним размагничивающим рядами магнитов. Причем ряды, сформированные из постоянных магнитов чередующейся полярности, устанавливались поперек транспортируемого потока при соотношении жидкого к твердому в пульпе 16:1.

Расстояние между параллельно установленными магнитами в рядах составляло в намагничивающих рядах 20 мм, при угловом размещении размагничивающих магнитов на выходе шлюзовой приставки между магнитами сверху полюсов – 40 мм, снизу – 15 мм.

Угол наклона магнитов чередующейся полярности к горизонтальной плоскости равен  $14^\circ$ .

Основные размерные параметры используемых магнитов и изменение зависимости напряженности магнитного поля и значения силы магнитного взаимодействия над магнитами при параллельном и угловом расположении их между собой определялись расчетом.

В качестве улавливающей постели использовали магнитные частицы (основной вмещающий минерал – магнетит) крупностью  $-2+0,15$  мм.

Объединенный продукт подавался в голову шлюзовой приставки. Производили съем уловленного богатого концентрата, хвосты с высоким содержанием магнитной и проводниковой фракции подвергали поочередно магнитной и электрической сепарации. Магнитную фракцию направляли для повторного доизвлечения мелких классов ДМК. Электропроводную фракцию, содержащую связанное золото в сростках с кварцем и сульфидными минералами, направляли для измельчения в шаровую мельницу с целью раскрытия сростков. После классификации продуктов в гидроциклоне выделяли слив и пески.

Слив направляли в шаровую мельницу, выделенные пески подвергали цианидному выщелачиванию при интенсивном перемешивании продуктов с целью выделения золота в рабочий раствор. Длительность цианидного выщелачивания золота в мешалках составляла 12 ч при концентрации  $\text{NaCN} - 0,05...0,1$  %,  $\text{CaO} - 0,01...0,3$  % при рН, равном 9...11. После сбора рабочего раствора его направляли на сорбционное выделение золота, образуемые хвосты – на дальнейшее обезвреживание.

Экспериментально доказано, что новые техническое и технологическое решения позволяют повысить степень извлечения свободного золота на 6...7 %, связанного золота – на 4,3 % по сравнению с прототипом гравитационно-магнитного обогащения [1].

По предлагаемой авторами технологической схеме оптимальный результат обогащения золотосодержащих песков достигается комбинированным способом переработки, позволяющим применять безреагентные методы выделения ценных компонентов – гравитационное обогащение, магнитную, флокуляционно-магнитную и электрическую сепарации,

в связи с чем отсутствуют выбросы и сбросы ядовитых веществ в окружающую среду. Кроме основных ценных компонентов, извлекаются также попутные продукты, а отходы обогащения используются в дорожном

строительстве и стройиндустрии. Следовательно, минеральные ресурсы используются рационально и комплексно. Это свидетельствует о том, что разработанная технология относится к категории НДТ.

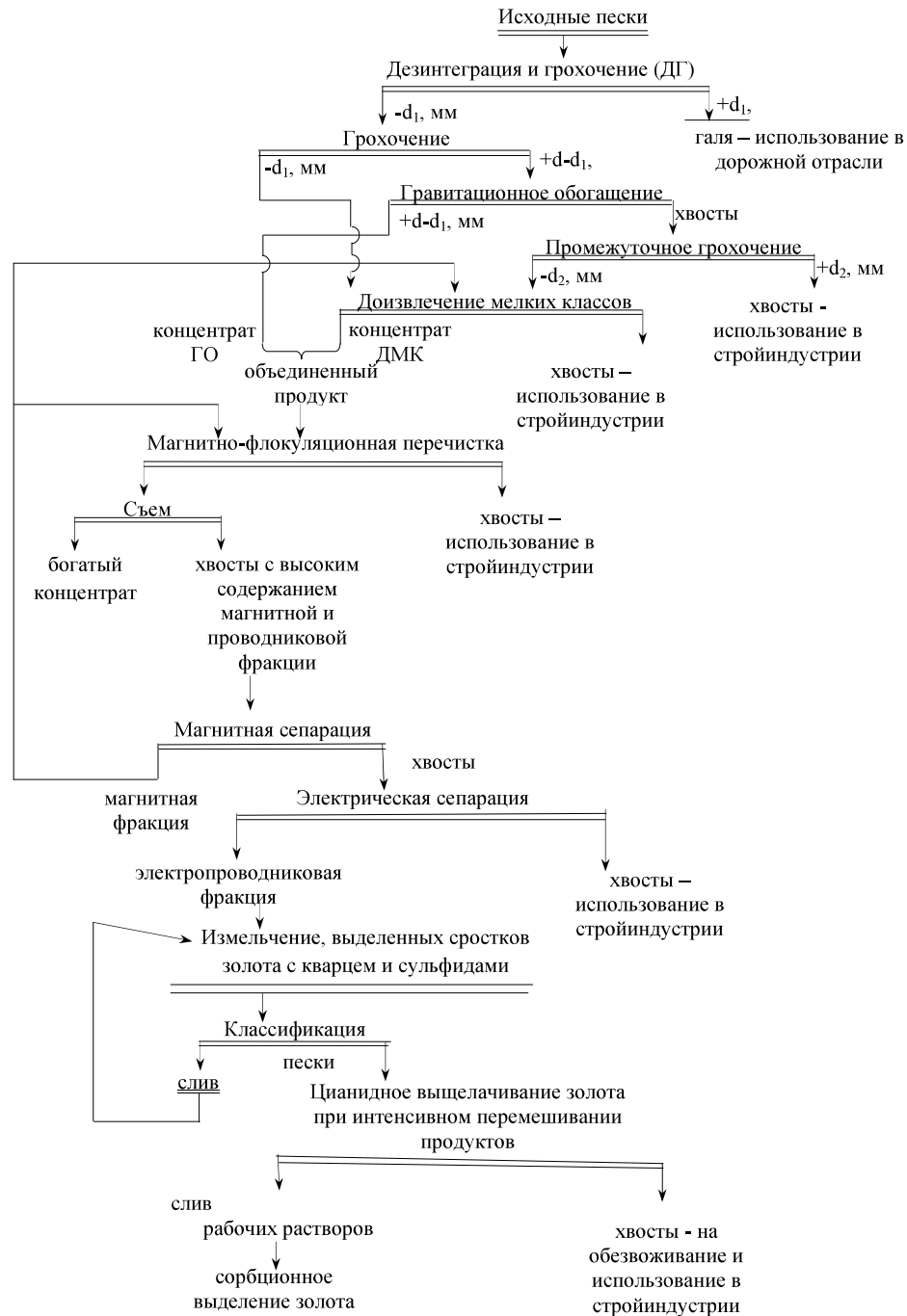


Рис. 3. Технологическая схема НДТ, реализующая способ обогащения золотосодержащих песков дражного полигона месторождения Джармагатай / Fig.3. Technological scheme of BAT, which implements the method of gold-bearing sands enrichment at the dredging site of the Dzharماغатай deposit



**Заключение.** Необходимость переработки минерального сырья природных и техногенных месторождений с соблюдением требований охраны окружающей среды, переход экономики России на инновационный путь развития, а также внутренняя подготовленность и зрелость науки дают все основания полагать, что новые подходы, развиваемые в геотехнологии, и, в частности обогащении полезных ископаемых, приведут к новым результатам как научного, так и практического плана.

По оценкам экспертов, практическая реализация разработанных технологических и технических решений НДТ («зеленая инженерия», «экоинженерия») по освоению месторождений и переработке минерального сырья представляет реальную возможность сократить объем добычи на 20...30 %.

Реализация всего комплекса намеченных научно-исследовательских, опытно-конструкторских, опытно-промышленных работ в области обогащения полезных ископаемых на основе синтеза современных знаний естественных, технических и прикладных наук позволит в первые десятилетия XXI в. ниве-

лировать технологическое отставание отечественной промышленности и внедрить наилучшие доступные технологии на предприятиях горного кластера России, решить многие проблемы МСК, обеспечить рациональное и комплексное использование минерального сырья и предотвратить расточительную и бесхозяйственную эксплуатацию месторождений полезных ископаемых.

Разработана и апробирована в лабораторных условиях на песках дражного полигона месторождения Джармагатай комбинированная технология, включающая гравитационно-магнито-флокуляционно-магнито-электрические методы обогащения в сочетании с цианидным выщелачиванием золота при интенсивном перемешивании продуктов. Запатентованный способ относится к наилучшим доступным технологиям и позволяет увеличить производство золота, извлечь попутные компоненты, добиться высокого уровня использования минерально-сырьевых ресурсов (комплексность и рациональность), уменьшить загрязнения атмосферы, гидро-, лито- и биосферы выбросами и сбросами.

## Список литературы

1. Казимиров М. П., Солоденко А. Б. Технология и оборудование для обогащения шлихов промывочного прибора ПГШОК-50-2 // III конгресс обогатителей стран СНГ: сб. ст. М.: МИСИС, 2001, с. 222.
2. Козловский Е. А. Минерально-сырьевые ресурсы в экономике мира и России. М.: ВНИИГеосистем, 2014. 700 с.
3. Федеральная служба государственной статистики России. URL: [www.gks.ru](http://www.gks.ru) (дата обращения: 15.08.2020). Текст: электронный.
4. Huangling Gu, Xiaoyong Yang, Zhangxing Nie, Jianghong Deng, Luan Duan. Study of late-Mesozoic magmatic rocks and their related copper-gold-polymetallic deposits in the Guichi ore-cluster district, Lower Yangtze River Metallogenic Belt, East China // *International Geology Review*. 2018. Vol. 60, No. 11. P. 1404–1434.
5. Matthews T. Dilution and ore loss projections: Strategies and considerations // *Mining: Navigating the Global Waters: collected articles*. Denver, 2015. P. 529–532.
6. Mawby Maurice R. W. J. Australasian mining and metallurgical operating practices. Carlton, Vic.: Australasian Institute of Mining and Metallurgy, 2013.
7. Seredkin M., Zabolotsky A., Jeffress G. In situ recovery, an alternative to conventional methods of mining: exploration, resource estimation, environmental issues, project evaluation and economics // *Ore Geology Reviews*. 2016. Vol. 79. P. 500–514.

## References

1. Kazimirov M. P., Solodenko A. B. *III kongress obogatiteley stran SNG: sb. st.* (III congress of concentrators of the CIS countries: collected articles). M.: MISIS, 2001, s. 222.
2. Kozlovsky Ye. A. *Mineralno-syriyevye resursy v ekonomike mira i Rossii* (Mineral resources in the economy of the world and Russia). Moscow: VNIIGeosistem, 2014. 700 s.
3. *Federalnaya sluzhba gosudarstvennoy statistiki Rossii* (Federal Service of State Statistics of Russia). URL: [www.gks.ru](http://www.gks.ru) (Date of access: 15.08.2020). Text: electronic.
4. Huangling Gu, Xiaoyong Yang, Zhangxing Nie, Jianghong Deng, Luan Duan. *International Geology Review* (International Geology Review), 2018, vol. 60, no. 11, pp. 1404–1434.

5. Matthews T. *Mining: Navigating the Global Waters: collected articles* (Mining: Navigating the Global Waters: collected articles). Denver, 2015, pp. 529–532.

6. Mawby Maurice R. W. J. *Australasian mining and metallurgical operating practices* (Australasian mining and metallurgical operating practices). Carlton, Vic.: Australasian Institute of Mining and Metallurgy, 2013.

7. Seredkin M., Zabolotsky A., Jeffress G. *Ore Geology Reviews* (Ore Geology Reviews), 2016, vol. 79, pp. 500–514.

#### Коротко об авторах

---

*Шумилова Лидия Владимировна*, д-р техн. наук, доцент, профессор, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: обогащение полезных ископаемых, физико-химическая геотехнология, инновационные технологии, экоинженерия  
shumilovalv@mail.ru

*Черкасов Валерий Георгиевич*, д-р техн. наук, доцент, профессор, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: машины и аппараты горно-обогатительного производства  
cherkasov1948@yandex.ru.

*Юргенсон Георгий Александрович*, д-р геол.-минер. наук, главный научный сотрудник, Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, профессор, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: минералогия, геохимия, рудогенез, геммология  
yurgga@mail.ru

*Мязин Виктор Петрович*, д-р техн. наук, профессор, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: обогащение полезных ископаемых, кучное выщелачивание, инновационные технологии, экология  
myazinvpchita@mail.ru

#### Briefly about the authors

---

*Lidiya Shumilova*, doctor of technical sciences, associate professor, professor, Transbaikal State University, Chita, Russia. Sphere of scientific: mineral processing, physical and chemical geotechnology, innovative technologies, eco-engineering.

*Valery Cherkasov*, doctor of technical sciences, associate professor, professor, Transbaikal State University, Chita, Russia. Sphere of scientific: machines and devices of mining and processing production.

*Georgy Yurgenson*, doctor of geological and mineralogical sciences, chief researcher, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Professor, Transbaikal State University, Chita, Russia. Sphere of scientific: mineralogy, geochemistry, ore genesis, gemology

*Victor Myazin*, doctor of technical sciences, professor, professor, Transbaikal State University, Chita, Russia. Sphere of scientific: mineral processing, heap leaching, innovative technologies, ecology

#### Образец цитирования

---

*Шумилова Л. В., Черкасов В. Г., Юргенсон Г. А., Мязин В. П. Разработка и апробация технологии переработки песков дражного полигона для извлечения золота и тяжелых минералов, содержащих магнитные частицы // Вестник Забайкальского государственного университета. 2020. Т. 26, № 8. С. 49–58. DOI: 10.21209/2227-9245-2020-26-8-49-58.*

*Shumilova L., Cherkasov V., Yurgenson G., Myazin V. Development and testing of technology for processing sands from the dredge field test site for extracting gold and heavy minerals containing magnetic particles // Transbaikal State University Journal, 2020, vol. 26, no. 8, pp. 49–58. DOI: 10.21209/2227-9245-2020-26-8-49-58.*

Статья поступила в редакцию: 16.09.2020 г.

Статья принята к публикации: 14.10.2020 г.