ГИАБ. Горный информационно-аналитический бюллетень /
MIAB. Mining Informational and Analytical Bulletin, 2021;(5):68-84
ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL PAPER

УДК 622.7 DOI: 10.25018/0236_1493_2021_5_0_68

СТРАТЕГИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ИНТЕГРИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ГЕОТЕХНОЛОГИЙ

Л.В. Шумилова

Забайкальский государственный университет, Чита, Россия, e-mail: shumilovalv@mail.ru

Аннотация: Кратко изложена суть концепции управления отходами Cradle-to-cradle (C2C, «от колыбели до колыбели»), получившей признание в Европе, поддерживающей внедрение промышленных систем с замкнутыми циклическими процессами. Указаны современные требования, предъявляемые к безотходному производству. Приведены основные эффективные методы, снижающие негативное воздействие на окружающую среду, в том числе физико-химическая геотехнология. Представлены результаты критического анализа концепций безотходного производства горной промышленности, широко известные в России и за рубежом: интенсификации; горно-экологическая; управления отходами Zero Waste (ZW – «ноль отходов»). Выявлены общие проблемы для этих концепций; определены общие задачи, которые необходимо решить; перечислены требования, предъявляемые к организации безотходного производства (добыча полезных ископаемых и переработка природного и техногенного сырья). Внесены дополнения в горно-экологическую концепцию: разработана стратегия технического интегрирования территориальных горных промышленных систем с материальными потоками, вовлеченными в замкнутые циклы, на основе применения наилучших доступных технологий (НДТ), в частности, геотехнологий. Базисом стратегии являются НДТ, критерии их выбора, принципы комплексной оценки воздействия на окружающую среду и альтернативные варианты резервов энергоэффективности на основе интеграции деятельности компаний горного кластера при отработке техногенных объектов. Дан анализ содержания информационно-технологических справочников НДТ, разработанных в России для горнодобывающей и горноперерабатывающей промышленности, отмечены имеющиеся недостатки. Акцентировано внимание на том, что в справочниках НДТ содержится минимум информации касательно физико-химической геотехнологии, которая является прогрессивной, экологощадящей – «зеленой» технологией XXI века. Дано понятие термина «техническое интегрирование». Сделан вывод о том, что при проектировании новых предприятий и модернизации действующих необходимо учитывать не только принципы и базовые документы государственного реестра НДТ, но и потенциальную возможность интеграции территориальных промышленных систем горных предприятий с целью внедрения безотходного производства. Приведена схема интегрированной территориальной горной промышленной системы Забайкальского участка зоны БАМ (проект). Дан пример альтернативных вариантов НДТ извлечения золота из техногенных отходов, разработанных автором и апробированных на практике.

Ключевые слова: горнопромышленные отходы, безотходное производство, наилучшие доступные технологии, техническое интегрирование, горные промышленные системы, замкнутые циклы, технологии рециклинга, окружающая среда.

Для цитирования: *Шумилова Л. В.* Стратегия технического интегрирования территориальных промышленных систем на основе геотехнологий // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2021. – № 5. – С. 68–84. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_5_0_68.

© Л.В. Шумилова. 2021.

Geotechnology-based technical integration strategy for territorial industrial systems

L.V. Shumilova

Transbaikal State University, Chita, Russia, e-mail: shumilovalv@mail.ru

Abstract: The article briefly describes the Cradle to Cradle concept of complete cycle production and waste management which found acceptance in Europe. The modern standards of non-waste production are listed. The main effective methods to minimize the environmental impact are presented, including the physicochemical geotechnology. The critical analysis results on the concepts of non-waste production in the mining industry, which are well known in Russia and abroad, are reported: intensification; mining ecology; Zero Waste. The common problems of these concepts are identified; the common objectives to be met are determined; the demands placed on non-waste production are recited (mineral mining, natural and industrial waste processing). The ecological concept is amended: the strategy is developed for the technical integration of territorial industrial systems with product flows involved in closed cycles based on the best available technologies (BAT), in particular, geotechnologies. The basis of the strategy are BAT, selection criteria, ground rules of integral assessment of ecological impact and alternative resources of energy efficiency based on integrated waste management activities of companies within a mining cluster. The information and technology guides on BAT, developed in Russia for the mineral mining and processing industry, are reviewed, and their shortcomings are specified. The emphasis is laid on deficiency of the BAT information and technology guides in terms of the physicochemical geotechnology which is an advanced and eco-friendly technology—the green technology of the 21st century. The term technical integration is defined. It is concluded that design and modernization of mines should take into account the ground rules and documentary framework of the public register of BAT and, also, the feasibility of integration of territorial industrial systems involved in mining operations toward introduction of non-waste technology and production. The layout (draft) of the integrated territorial mining system in the Transbaikal zone of the Baikal–Amur Mainline is presented. The BAT alternatives developed by the authors and practically proven in recovery of gold from mining waste are described.

Key words: mining waste, non-waste production, Best Available Technologies, technical integration, mining industrial systems, closed cycles, recycling technologies, environment.

For citation: Shumilova L. V. Geotechnology-based technical integration strategy for territorial industrial systems. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2021;(5):68-84. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_5_0_68.

Введение

Большинство развитых зарубежных стран, в том числе Западной Европы, целенаправленно создают крупные стратегические запасы собственных минеральных ресурсов за счет импорта дешевых зарубежных источников цветных, редких и благородных металлов.

Существенным резервом дополнительного получения цветных и благородных металлов является использование хвостов обогащения (лежалых и текущей переработки) и забалансовых руд.

За последнее время в зарубежной практике получили признание следующие концепции управления отходами потреб-

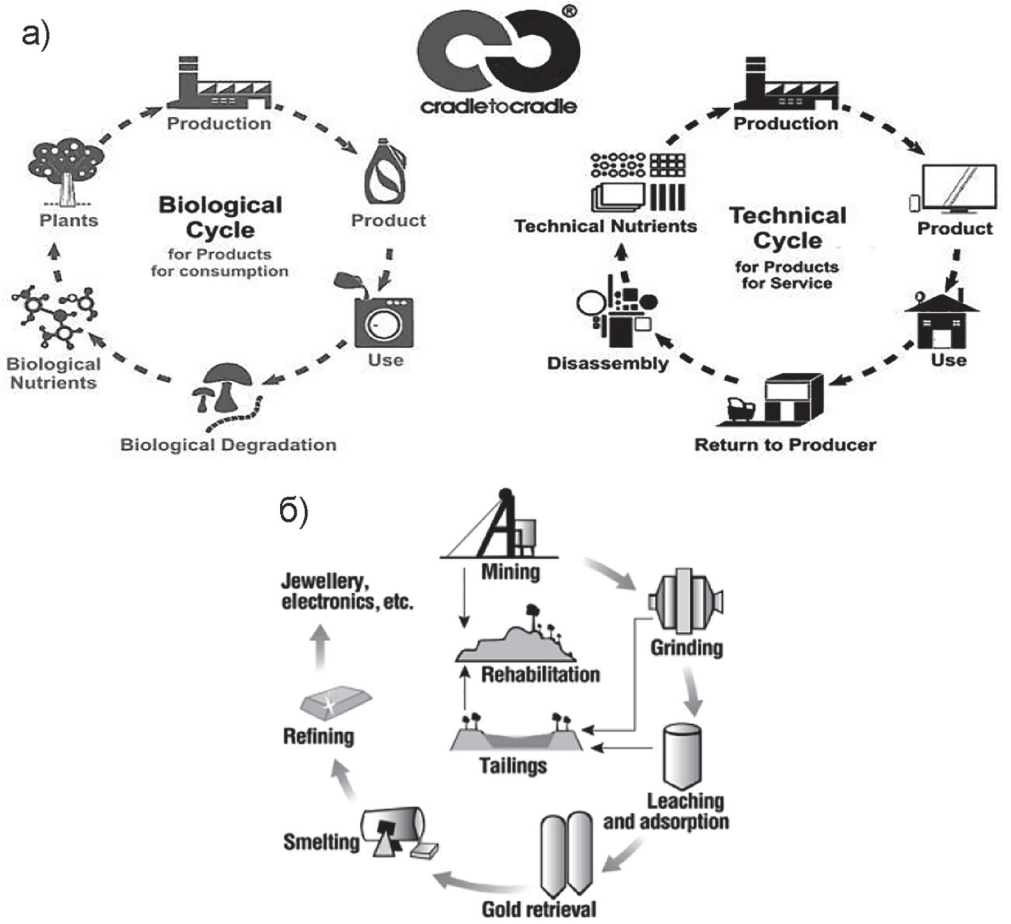

Рис. 1. Промышленные системы с замкнутыми циклическими процессами [3]: биологический и технический циклы (а); цикл производства золота (б)

Fig. 1. Industrial systems with closed-loop processes: biological and technical cycles (a); gold production cycle (b)

ления: (Cradle-to-cradle (C2C, «от колыбели до колыбели»), Zero Waste (ZW, «ноль отходов»), Cleaner Production («более чистое производство»), Green Engineering («зеленая инженерия», «экоинженерия»), Cradle-to-Grave (C2G, «от колыбели до могилы») [1, 2].

Концепция Cradle-to-cradle реализуется во многих странах, в том числе в ЕС и США, и предполагает внедрение промышленных систем с замкнутыми циклическими процессами (рис. 1) [3].

Так, например, замкнутый цикл: производство — использование — рекультивация (дизайн и адаптация продукта к процессу обновления, утилизация) — повторное использование (рис. 1, *а*) практикуется в компаниях крупных производителей техники и электроники (мобильные телефоны, камеры, копировальные аппараты, детали, узлы авиационно-космической промышленности) и на предприятиях утилизации твердых коммунальных отходов, отходов пищевой и лесной промышленности и др.

Для горной отрасли технологии рециклинга включают малый замкнутый цикл переработки только техногенных от-

ходов, а не товарной продукции (рис. 1, *б*). Следует отметить, что на предприятиях горного профиля образуется такое количество техногенного сырья (в среднем 50—80%, для золотодобывающей промышленности — 99,99%), которое по объему многократно превышает отходы в указанных выше секторах экономики.

Контроль над движением природного вещества на всех этапах жизненного цикла горного предприятия практически отсутствует, что является одной из главных причин возникновения проблем нехватки ресурсов и загрязнения окружающей среды.

Поэтому с учетом реалий сегодняшнего дня и зарубежного опыта управления отходами в различных отраслях экономики, требуется обновление (расширение, дополнение, детализация) горно-экологической концепции безотходного производства на основе применения геотехнологий.

Цель исследований — разработка стратегии технического интегрирования территориальных промышленных систем на основе геотехнологии для расширения функциональных возможностей горно-экологической концепции безотходного производства.

Объект исследований — наилучшие доступные технологии, НДТ (Best Available Technologies) горных промышленных систем с материальными потоками, вовлеченными в замкнутые циклы.

Методы

Применялись следующие методы:

- эмпирического уровня — многофакторного сравнения признаков безотходного производства, наблюдения, измерения;
- экспериментально-теоретического уровня — теоретический анализ и обобщение научной литературы и нормативно-правовой документации по безотходным технологиям за рубежом и в России; системный анализ требований к безотходному производству; исторический анализ этапов развития безотходных технологий; системный анализ концепций безотходного производства; анализ и обобщение методических подходов к оценке воздействия горных технологий на окружающую среду; критический анализ «горизонтальных» межотраслевых и «вертикальных» отраслевых технических справочников наилучших доступных технологий, разработанных в России; моделирование промышленных систем с материальными потоками, вовлеченными в замкнутые циклы; логический анализ функционирования промышленных систем с использованием сырья и энергии в замкнутом цикле;
- экспериментально-теоретического уровня: разработка стратегии технического интегрирования территориальных промышленных систем на основе геотехнологии; лабораторные исследования и апробация наилучших доступных технологий при переработке минерального сырья техногенных месторождений.

Результаты

К безотходному производству предъявляется ряд требований, которые можно выполнить при использовании эффективных методов, снижающих негативное воздействие на окружающую среду (табл. 1).

В данной работе исследованы следующие наиболее известные концепции безотходного горного производства, применяемые в России и за рубежом: интенсификации; горно-экологическая; управления отходами Zero Waste — экологическая концепция ZW (табл. 2).

Согласно Федеральному закону Российской Федерации от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (ред. от 13 июля 2015 г.) и Федеральному закону от 31.12.2014. № 488-ФЗ «О промышленной политике в Россий-

Таблица 1

Требования к безотходному производству и методы, снижающие негативное воздействие на ОС
Requirements for waste-free production and methods that reduce the negative impact on the operating system

Требования к безотходному производству	Методы снижения воздействия на ОС
К технологическим процессам: разработка принципиально новых процессов, при внедрении которых существенно снижается или практически исключается образование отходов и отрицательное воздействие на окружающую среду; комплексное использование всех компонентов сырья и максимально возможное использование потенциала энергоресурсов; возможность замены первичных сырьевых и энергетических ресурсов вторичными; создание энерготехнологических процессов; внедрение непрерывных процессов и т.д.	Методы управления (менеджмента) — методы, связанные с системами и процедурами управления проектированием и эксплуатацией производственного процесса, а также с подготовкой операторов и другого персонала. Методы борьбы с загрязнением, направленные на сокращение эмиссий в воздух, водные объекты и на почву. Наилучшие доступные технологии, в том числе методы физико-химической геотехнологии*
К аппаратурному оформлению: разработка принципиально новых аппаратов (например, позволяющих проводить в одном аппарате несколько технологических процессов); оптимизация размеров аппаратов по модульному ряду; герметизация; использование новых конструкционных материалов и т.д. *К сырью, материалам и энергоресурсам*: обоснованность их качества (в частности, использование сырья и материалов, например, технической воды); предварительная подготовка сырья и топлива (извлечение из него токсичных компонентов; возможность замены сырья и энергоресурсов на нетрадиционные, местные, попутно добываемые), предварительная подготовка минерального сырья для извлечения металлов с использованием нетрадиционных методов воздействия) и т.д.	Методы, интегрированные в производственный процесс, — это, главным образом, методы, связанные с предупреждением или снижением эмиссий, образующихся при реализации таких видов деятельности, как хранение, химические реакции, разделение и очистка различных материалов и веществ. «Зеленое» потребление сырья, энергии и других ресурсов — ISO/TS 14072:2014. Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines for organizational life cycle assessment
К техногенному сырью на переделах добычи и переработки: обеспечение возможности и условий возвращения отходов в производственный цикл (рецикл). К готовой продукции, включая побочную и попутно образующуюся: обеспечение возможности и условий возвращения продукции в производственный цикл после физического и морального износа (рецикл); биоразлагаемость и т.д.	Методы на протяжении всего жизненного цикла получения продукции (проектирование, строительство, эксплуатация, реконструкция, консервация, ликвидация горного предприятия): ISO 14006:2011 Environmental management systems — Guidelines for incorporating eco-design
К обезвреживанию и ликвидации не утилизируемых отходов: обоснование способов обезвреживания и ликвидации, включая конструкционные узлы установок и сооружений; оценка возможного воздействия на окружающую среду в зависимости от способа обезвреживания и ликвидации ядовитых отходов и т.д.	Методы минимизации воздействия на стадии обращения с отходами: ответственность производителя и устойчивость компании (в экологическом отношении) — ISO 14031:2013. Environmental management — Environmental performance evaluation — Guidelines The Psychology of Green Organizations

Таблица 2

Результаты анализа концепций безотходного производства в горной промышленности
Results of the analysis of waste-free production concepts in the mining industry

Концепция безотходного производства /Сущность концепции		
Концепция интенсификации	**Горно-экологическая концепция**	**Экологическая концепция ZW**
Комплексное освоение крупных сырьевых ресурсов с полным использованием попутных или побочных продуктов и вторичных материалов; оптимизация потерь при добыче и переработке минерального сырья; комплексное использование сырья; утилизация отходов производства; периодический пересмотр кондиций в зависимости от уровня развития техники и технологии, систематическое снижение расхода сырья на единицу производимой продукции; использование вторичного сырья и отходов в других производственных отраслях и др. [4; 5, с. 53 — 54; 6; 7, с. 4 — 7]	Горно-экологический мониторинг (наблюдение, контроль, управление); контроль реализации плана действий по охране окружающей среды предприятия и принятие корректирующих мер; независимая оценка результатов выполнения целей и задач экологической политики; оптимизация воздействия горного производства на окружающую среду; совершенствование системы управления рационального ресурсопользования; уменьшение до или ниже регламентированного уровня или полную ликвидацию загрязнения атмо-, гидро-, лито- и биосферы выбросами и сбросами [8, с. 704 — 737; 9, с. 314 — 320; 10, p. 529 — 532;11]	Безотходная добыча, разработка и производство — различные методы добычи полезных ископаемых и экологические принципы (Industrial Ecology, Cradle-to-Cradle, Green Engineering), применяемые для обеспечения промышленного симбиоза и процессов вторичной переработки с целью использования уже имеющихся техногенных отходов вместо отработки новых месторождений, минимизации воздействия на природную среду на основе инновационных технологий, соответствующих интегрированным экологическим принципам (Industrial Ecology, Cradle-to-Cradle, Green Engineering) [12, p. 12 — 25; 13, p. 68 — 72;14, p. 192 — 197; 15, p. 293 — 306; 16, p. 260 — 269;17, p. 1240 — 1252].
Общие проблемы		
Качественные различия кругооборота вещества и энергии в горном производстве (техносфера) с низким коэффициентом выхода готовой продукции по сравнению с экологическими системами (биосфера), когда внутри циклической цепи питания, отходы, производимые одним организмом, перерабатываются или используются другими организмами. Противоречия между требованиями улучшения технико-экономических показателей горного производства (снижение себестоимости продукции) и необходимостью поддержания оптимального состояния окружающей среды. Несовершенство существующей системы сбора данных об отходах, что не позволяет сделать точную оценку уровня переработки отходов из различных потоков. Программы управления отходами должны разрабатываться с учетом новых планируемых проектов, процессов, услуг. Необходимость постоянного пересмотра и адаптации концепций к изменяющимся горно-геологическим условиям, необходимость систематической оценки безотходного производства в течение всего жизненного цикла горного предприятия.		

Общие задачи, которые необходимо решить в России	Общие задачи, которые необходимо решить в ЕС, США, Канаде и др. странах
Предотвращение или минимизация генерации отходов в технологических процессах добычи и переработки за счет изменения качества сырья и готовой продукции. Совершенствование качества проектной документации и организации управления производственным процессом или эксплуатацией технологических агрегатов. Применение рациональных систем складирования и хранения отходов с целью дальнейшей переработки, предупреждающих большие отчуждения земель. Создание эффективных газоочистных и других систем во избежание загрязнения водоемов, почвы и атмосферы. Рациональное использование техногенных месторождений. Проведение инвентаризации и разработка классификации техногенных отходов. Проведение общей оценки минерально-сырьевого потенциала техногенных отходов. Проведение районирования техногенных месторождений и выделение первоочередных объектов для возможной эксплуатации. Выполнить геолого-экономическую и стоимостную оценку первоочередных вовлекаемых в разработку техногенных месторождений. Разработать предложения по созданию геолого-экономических и правовых основ подготовки техногенных месторождений к промышленному освоению в меняющихся условиях. Провести анализ и оценку действующих нормативно-правовых документов на соответствие их стратегическим целям государства, выработать предложения по их усовершенствованию. Провести оценку воздействия жизненного цикла предприятия на здоровье людей, окружающую природную среду и природные ресурсы, в части экономической целесообразности в четыре этапа: классификация, характеристика, нормализация, анализ решений (ISO14000) [19—23].	Осуществлять безотходную добычу с соблюдение экологических принципов (Industrial Ecology, Cradle-to-Cradle, Green Engineering) для обеспечения промышленного симбиоза и процессов вторичной переработки сырьем по ряду направлений. 1.Zero waste design («безотходная разработка») должна стать фундаментальным аспектом достижения целей концепции ZW на основе применения экологических принципов (Green Engineering and Production). 2. Интегрированный подход к планированию управления техногенными отходами для создания комплексной стратегии ZW of Resources, «безотходность ресурсов» (энергия, материалы, человеческие ресурсы); 3. Zero emissions, «ноль выбросов» (в воздух, в воду, твердых, и т.д.); 4. ZW in activities, «безотходная деятельность» (административная, производственная); 5. ZW in product life, «безотходный жизненный цикл товара» (транспортировка, использование, утилизация); 6. Zero use of toxics, «ноль токсичных веществ» (в процессах и продуктах) [12, p. 12—25; 24—25]
Требования, предъявляемые к организации безотходного производства	
Обновление технически устаревших аспектов производства; развитие материальной базы производства; экономически оправданное извлечение из сырья сопутствующих компонентов; кооперация с другими отраслями промышленности (строительная, дорожная, закладка выработанного пространства и т.д.), включая территориальный принцип; модернизация экономики — экологизированная экономика; разработка при участии ведущих предпринимательских объединений зеленых финансовых инструментов институтами развития и публичными компаниями: зеленая экономика, наилучшие доступные технология, зеленые инвестиции, зеленые инвестиции общего толка, зеленые облигации, зеленые займы, зеленые финансы, индекс устойчивости, интегрированная отчетность, корпоративная социальная ответственность, окружающая среда, общество и корпоративное управление, облигации по продвижению устойчивого развития, стимулирование деятельности в сфере промышленности путем предоставления ее субъектам финансовой, информационно-консультационной поддержки. Организация эффективной и оперативной надзорной деятельности	

Требования, предъявляемые при добыче полезных ископаемых
Выбор рациональных систем разработки, снижение потерь сырья в недрах и разубоживание руд, обеспечение максимальной экономически целесообразной полноты отработки месторождений. Обеспечение комплексности отработки месторождений, использование попутно добываемого рудного и нерудного сырья путем его селективной выемки и складирования. Выбор рациональных систем разработки месторождений и отвалообразования с целью дальнейшей переработки, рекультивация нарушенных земель, очистка и нейтрализация шахтных и других сточных вод, предотвращение утечки нефти при морской добыче и т.п. [25, с. 82—89; 26]
Требования, предъявляемые при переработке природного и техногенного сырья (обогащение, металлургия)
Обоснованность особенностям вещественного состава исходного сырья. Минимальные потери ценных компонентов в отходах обогащения. Полное использование сопутствующих компонентов сырья, а также полезных ископаемых в составе вскрышных и вмещающих пород. Сокращение потерь при металлургии. Максимальное внедрение методов физико-химической геотехнологии как для природных месторождений, включая россыпи, так и для техногенного минерального сырья. Универсальность по отношению к различным литологическим разновидностям руд, фракциям руды и технологическим продуктам первичного обогащения, в том числе крупнокускового. Рациональность и мобильность по схемным и компоновочным решениям. Эффективное действие систем контроля и управления элементами окружающей среды с ее взаимодействием со службами всех подразделений горнодобывающих и горноперерабатывающих объединений и предприятий. Оптимальность по глубине обогащения (рациональное соотношение механических, пиро-, гидро- и биогидрометаллургических методов). Использование комбинированных технологий — классических методов обогащения с физико-химической геотехнологией. Получение высоколиквидной товарной продукции. Экологическая безопасность, соблюдение экологически обоснованных требований к продукции предприятий горного кластера. Устойчивость по отношению к изменчивости вещественного состава перерабатываемой руды (изменениям фазового состава и степени окисления, содержаний ценных, попутных и вредных компонентов и т.д.). Экономическая целесообразность, обеспечивающая максимальное извлечение при оптимальных капитальных и эксплуатационных затратах. Обучение студентов рациональному и комплексному использованию минерального сырья, владению наилучшими доступными технологиями горнодобывающей и горноперерабатывающей отраслей, а также владение экологическим сознанием и рискоориентированным мышлением, воспитание культуры безопасности [27, с. 186—192; 28]
*Примечание: подземное выщелачивание; бактериальное подземное и кучное выщелачивание; кучное и кюветное выщелачивание; скважинное выщелачивание; подземное растворение; подземная выплавка; подземная газификация; скважинная гидродобыча; гидрогенизация угля и битумов на месте их залегания, скважинная добыча углей воздействием на них реагентами; использование земных недр в качестве реакторов для осуществления технологических процессов; процессы добычи газогидратов, разработки глубинных месторождений морей и океанов, утилизируя природные парогидротермы (тепло Земли), создание искусственных месторождений полезных ископаемых (техногенные оруденения)

ской Федерации» снижение негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду должно обеспечиваться внедрением «Наилучших доступных технологий» (НДТ, Best Available Technologies).

В соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации от 31 октября 2014 г. № 2178, в России разработаны впервые справочники НДТ на основе имеющихся европейских документов. Однако сами по себе информационно-технологические справочники — это краткие версии технологий определенной отрасли промышленности и обособленные документы, не связанные между собой в общую стратегию, не позволяющие в интересах страны, в целом комплексно, решить проблемы дефицита МСБ и снижения рисков деградации окружающей среды.

Обсуждение результатов разработки стратегии технического интегрирования промышленных систем на основе геотехнологии

С точки зрения эффективного и рационального использования природного вещества более востребованной является горно-экологическая концепция. На современном этапе горно-экологическая концепция, по мнению автора, имеет ряд проблем: отсутствие гибкости и конкретности действий при меняющихся экономических, социальных, материальных и экологических условиях; в течение всего жизненного цикла предприятия не используют техническое интегрирование промышленных систем; не всегда технологии обладают наилучшим сочетанием показателей достижения целей охраны окружающей среды и экономической эффективности.

Дополнение горно-экологической концепции выполнено автором в виде стратегии технического интегрирования территориальных промышленных систем с материальными потоками, вовлеченными в замкнутые циклы, на основе НДТ (геотехнологии).

Техническое интегрирование промышленных систем на основе геотехнологии — это циклическая система, в которой ресурсы проходят циклы (производство, использование, повторное использование, производство, использование…) для превращения сырья и энергии в готовые продукты и отходы, которые эффективно применяются в качестве исходного сырья в других отраслях промышленности.

В настоящее время в России насчитывается порядка 20 информационно-технических справочников (ИТС) НДТ по цветной и черной металлургии для горнодобывающей и горноперерабатывающей промышленности, которые, как и европейские, формально делятся на две группы: «горизонтальные» (применяемые к большинству отраслей промышленности) и «вертикальные» (применяемые в одной или нескольких отраслях промышленности).

Приведем ряд примеров «вертикальных» отраслевых технических справочников: ИТС 13-2016 «Производство свинца, цинка и кадмия» (введен 01.07.2017), ИТС 14-2016 «Производство драгоценных металлов» (введен 01.07.2017), ИТС 23-2017 «Добыча и обогащение руд цветных металлов» (введен 01.06.2018), ИТС 24-2017 «Производство редких и редкоземельных металлов» (введен 01.08.2018), ИТС 25-2017 «Добыча и обогащение железных руд» (введен 01.08.2018), ИТС 28-2017 «Добыча нефти» (введен 01.08.2018), ИТС 29-2017 «Добыча газа» (введен 01.08.2018), ИТС 37-2017 «Добыча и обогащение угля» (введен 01.08.2018), ИТС 49-2017 «Добыча драгоценных металлов» (введен 01.06.2018), ИТС 3-2019 «Производство меди» (введен 12.12.2019), ИТС 11-2019

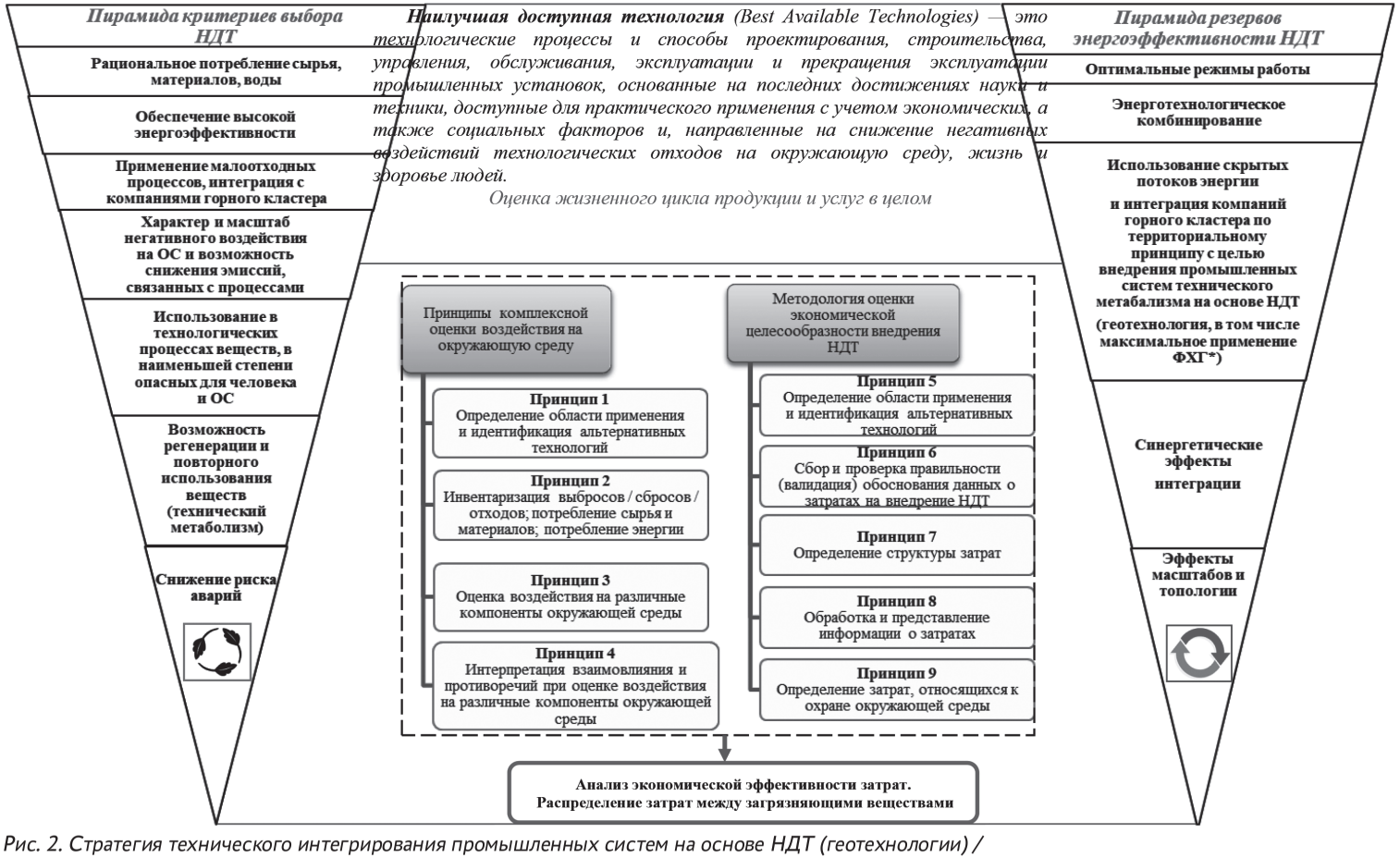

Рис. 2. Стратегия технического интегрирования промышленных систем на основе НДТ (геотехнологии) /
Fig. 2. Strategy of technical integration of integrated industrial systems based on BAT (geotechnologies)

«Производство алюминия» (введен 01.03.2020), ИТС 12-2019 «Производство никеля и кобальта» (введен 01.03.2020) и др.

Стратегия технического интегрирования промышленных систем на основе НДТ (геотехнологии), разработанная автором, представлена на рис. 2.

В состав технологической рабочей группы для разработки ИТС НДТ в России, как правило, входят несколько десятков представителей различных организаций: горные предприятия, научные и некоммерческие организации, федеральные органы исполнительной власти. Все ИТС НДТ структурированы по одному типу и используются как ссылочные документы (Reference documents), содержащие аналитические материалы с описанием технологических, технических и управленческих решений. НДТ вносят в государственный реестр НДТ — систематизированный банк данных [ГОСТ Р 54097-2010, пункт 3.1].

По мнению автора, ряд справочников НДТ, подготовленных в 2016—2017 гг. (ИТС 16-2016, ИТС 17-2016, ИТС 23-2017 и др.) для горнодобывающей и горноперерабатывающей отраслей с целью решения важнейших межотраслевых задач имели недостаточно высокий качественный уровень изложения информации и предоставления графического материала (схемы, рисунки, фотографии). Эти справочники НДТ соответствовали статусу учебного пособия для обучающихся горных вузов и колледжей, а никак не руководящие документы для специалистов, имеющих инженерное образование и опыт работы, принимающих определенные решения при выборе НДТ из альтернативных вариантов. В ряде случаев маркерные вещества указывались либо не для всех загрязняющих химических соединений, либо для сбросов в водные объекты — ниже нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения. Следует также отметить, что учитывались санитарно-гигиенические нормативы, соответствующие сегодняшнему дню, которые, однако, подвергаются критике со стороны специалистов, поскольку не учитывают эффекты химического и биологического накопления вредных веществ в результате их перехода в другую среду, превращение при миграции в более токсичные формы, проявление синергетического эффекта, накопление вредных веществ в пищевых цепочках.

В настоящее время в России проходит заключительный этап утверждения следующих новых экологических нормативов: технические удельные нормативы негативного воздействия на единицу выпускаемой продукции, предельно допустимые экологические концентрации (ПДЭК) и предельно допустимые экологические нагрузки (ПДЭН), которые призваны учесть вторичные «эффекты», которые являются существенными для экосистемы в целом.

В зависимости от соответствия новым экологическим нормативам горные предприятия смогут получать либо различные преференции, либо экономические санкции (плата за негативное воздействие на окружающую среду до 100-кратного размера).

Следует отметить, что европейские справочники НДТ, в отличие от российских, не имеют статуса предписаний, в них не устанавливаются предельные значения выбросов/сбросов, лимитов образования отходов для определенного промышленного сектора. Поэтому отпадает необходимость актуализации информационно-технических справочников, как это принято в России. Система экологического менеджмента, внедренная на предприятии, уже учитывает все изменения санитарно-гигиенических требований, а НДТ кратко и четко описаны как критерии аудита.

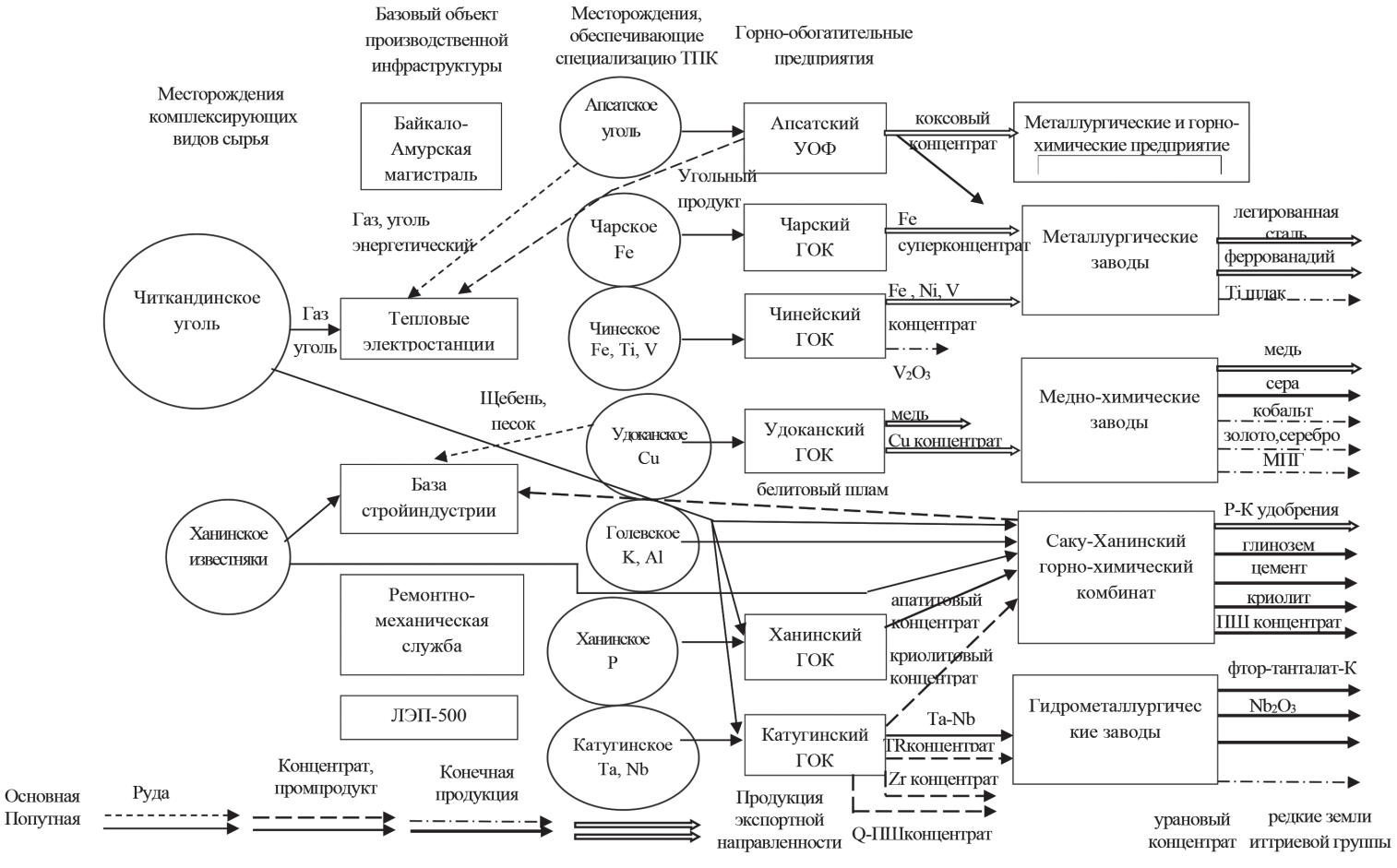

Рис. 3. Интегрированная территориальная горная промышленная система Забайкальского участка зоны БАМ
Fig. 3. Integrated territorial mining industrial system of the TRANS Baikal section of the BAM zone

Поэтому вышло распоряжение Правительства от 30 апреля 2019 г. № 866-р «Об утверждении поэтапного графика актуализации информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям». В соответствии с этим нормативным документом обеспечивается в непрерывном режиме не только пересмотр и обновление справочных данных, но и замена одних ИТС на другие. Например, замена ИТС 3-2015 на ИТС 3-2019, ИТС 11-2016 на ИТС 11-2019, ИТС 12-2015 на ИТС 12-2019 и так далее, что вносит путаницу и затрудняет процесс выбора НДТ из предложенных технологий.

Пример проекта интегрированной территориальной горной промышленной системы Забайкальского участка зоны БАМ на основе геотехнологии с материальными потоками, вовлеченными в замкнутые циклы, представлен на рис. 3.

Представленная схема наглядно демонстрирует эффективность внедрения безотходных технологий на горнодобывающих и горноперерабатывающих предприятиях на основе НДТ по территориальному признаку.

Акцентируем внимание на большой недостаток разработанных в России ИТС НДТ по добыче и переработке цветных, черных и благородных металлов — это минимальное использование физико-химической геотехнологии, которая априори является прогрессивной, экологощадящей технологией XXI в. и в полной мере отвечает сущности «зеленых технологий».

Промышленная система технического интегрирования имеет иерархически взаимосвязанные уровни управления. Первый (нижний) уровень — выбор НДТ для отработки техногенных месторождений из большого числа имеющихся альтернативных вариантов, руководствуясь базой данных ИТС НДТ и результатами апробации инновационных технологий (рис. 4).

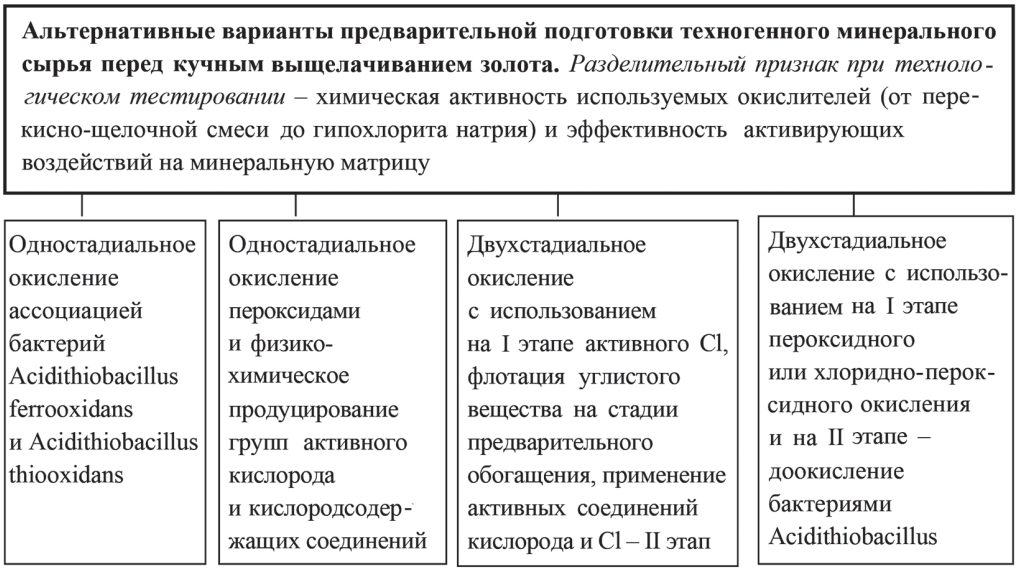

Рис. 4 Варианты альтернативных технологий подготовки золотосодержащего техногенного сырья к кучному выщелачиванию /

Fig. 4. Options for alternative technologies for preparing gold-containing technogenic raw materials for heap leaching

Оптимальное сочетание различных высокоактивных химических реагентов позволило при проведении экспериментальных исследований получить эффективные полиреагентные комплексы, которыми предварительно обрабатывалось техногенное минеральное сырье перед кучным выщелачиванием золота. Таким образом, основное направление хозяйственной деятельности в России в настоящий период и на перспективу с учетом импортозамещения, инновации и модернизации — это экологизация экономики (получение максимального количества готовой продукции при минимальном количестве отходов). При проектировании новых предприятий должны учитываться не только принципы НДТ, но и техническое интегрирование территориальных промышленных систем. Функционирующим предприятиям следует более активно заниматься осуществлением модернизации технологии на основе НДТ. Дальнейшее отставание России в технологической сфере и неспособность оказывать конкуренцию в горной отрасли на мировом рынке приведут к стагнации в экономике и к изоляции нашей страны как в экономическом, так и в политическом смысле.

Заключение

За последний период времени в России ведется активная разработка технических справочников наилучших доступных технологий по следующим причинам:

- экологизация экономики и ужесточение экологических требований, тенденция роста цен на исходные минеральные ресурсы;
- необходимость внедрения безотходного производства и экономическая целесообразность сотрудничества предприятий горного кластера по причине дефицита природных ресурсов;
- уменьшение потерь, вызванных неиспользованием вложенных средств в извлечение руды из недр;
- стратегическая независимость от стран-импортеров сырья.

Разработанная стратегия технического интегрирования территориальных промышленных систем на основе НДТ (геотехнологии) с материальными потоками, вовлеченными в замкнутые циклы, позволяет добиться высокого уровня использования минерально-сырьевых ресурсов (комплексность и рациональность), усилить государственное регулирование в обращении с техногенными отходами, создать энергоэффективные и ресурсосберегающие производственные мощности, решить задачи импортозамещения, инновации и повышения конкурентоспособности предприятий горного кластера России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Европейская* Комиссия. Окружающая среда: [сайт]. http://europa.eu.int/comm/environment/impel.

2. *Агентство* по охране окружающей среды США: [сайт]. http://www.epa.gov.

3. *Европейское* природоохранное агентство: [сайт]. http://themes.eea.eu.int.

4. *Борисович В. Т.*, *Чайников В. В.* Геолого-экономическая оценка техногенных месторождений. — М.: ВИНИТИ, 1991 — 138 с.

5. *Гуменик И. Л.*, *Матвеев А. С.*, *Панасенко А. И.* Классификация техногенных формирований при открытых горных работах // Известия вузов. Горный журнал. — 1988. — № 12. — С. 53—54.

6. *Дополнительные* требования к изучению и порядку утверждения кондиций и запасов минерального сырья, представленного отходами основного производства. — М.: ГКЗ СССР, 1996. — 28 с.

7. *Ферсман А. Е.* Химические проблемы промышленности. — Л., 1924. — С. 4—7.

8. *Ферсман А. Е.* Избранные труды. Т. 3 — М.: изд-во АН СССР, 1955. — С. 704—737.

9. *Савон Д. Ю.* Совершенствование системы платного природопользования // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2014. — № 6. — С. 314—320.

10. *Matthews T.* Dilution and ore loss projections: Strategies and considerations / SME Annual Conference and Expo and CMA 117th National Western Mining Conference. Mining: Navigating the Global Waters. Denver, 2015, pp. 529—532.

11. *Савон Д. Ю., Абрамова М. А.* Переработка и утилизация отходов промышленных предприятий как метод ресурсосбережения // Экологический вестник России. — 2014. — № 6. — С. 22—27.

12. *Zaman A. U.* A comprehensive review of the development of zero waste management: lessons learned and guidelines // Journal of Cleaner Production. 2015, vol. 91, pp. 12—25.

13. *Antrekowitsch J., Steinlechner S.* The recycling of heavy-metal-containing wastes: mass balances and economical estimations // JOM: the Journal of the Minerals, Metals & Materials Society. 2011, vol. 63, no. 1, pp. 68—72.

14. *Bochek A. M.* Prospects for use of polysaccharides of different origin and environmental problems in processing them // Fibre Chemistry. 2008, vol. 40, no. 3, pp. 192—197.

15. *Ahmed H. M., Viswanathan N., Bjorkman B.* Composite pellets — a potential raw material for iron-making // Steel Research International. 2014, vol. 85, no. 3, pp. 293—306.

16. *Chiang Y. W., Santos R. M., Elsen J., Meesschaert B., Martens J. A., Van Gerven T.* Towards zero-waste mineral carbon sequestration via two-way valorization of ironmaking slag // Chemical Engineering Journal. 2014, vol. 249, pp. 260—269.

17. *Krajnc D., Mele M., Glavic P.* Improving the economic and environmental performances of the beet sugar industry in Slovenia: increasing fuel efficiency and using by-products for ethanol // Journal of Cleaner Production. 2007, vol. 15, no. 13—14, pp. 1240—1252.

18. *Ziout A., Azab A., Atwan M.* A holistic approach for decision on selection of end-of-life products recovery options // Journal of Cleaner Production. 2014, vol. 65. 497—516. DOI: 10.1016/j.jclepro.2013.10.001.

19. *ГОСТ Р 54097-2010.* Национальный стандарт РФ. Ресурсосбережение. Наилучшие доступные технологии. Методология идентификации. Дата введения: 2012.01.01.

20. *Распоряжение* Правительства РФ от 31 октября 2014 г. № 2178. О поэтапном графике создания в 2015—2017 гг. отраслевых справочников наилучших доступных технологий. 17 ноября 2014.

21. *Постановление* Правительства РФ от 23 декабря 2014 г. № 1458 «О порядке определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии, а также разработки, актуализации и опубликования информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям». 29 декабря 2014.

22. *Европейский* опыт обращения с отходами производства и потребления / Под ред. Т. В. Боравской. — М. ТПП РФ, 2010. — 212 с.

23. *Королева Е. Б., Жигилей О. Н., Кряжев А. М., Сергиенко О. И., Сокорнова Т. В.* Наилучшие доступные технологии: опыт и перспективы. — СПб., 2011. — 123 с.

24. Справочник наилучших доступных технологий / Под ред. Министерства природных ресурсов и экологии РФ. Некоммерческое партнерство «Центр экологической сертификации — Зеленые стандарты». — М., 2011. — 838 с.

25. *Аренс В. Ж., Шумилова Л. В., Фазлуллин М. И., Хчеян Г. Х.* Перспективные направления химической и микробиологической переработки минерального сырья цветных и благородных металлов // Металлург. — 2017. — № 9. — С. 82—89.

26. *Аренс В. Ж.* Геотехнология. — М.: МИСиС, 2018. — 100 с.

27. *Шумилова Л. В.* Гравитационно-электрохимический способ извлечения золота из техногенных россыпей // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2015. — СВ 19. — С. 186—192.

28. *Шумилова Л. В.* Научное обоснование инновационной технологии извлечения золота (разработка, апробация в условиях Забайкалья). — Palmarium Academic Publishing, 2014. — С. 117. ГИАБ

REFERENCES

1. *Evropeyskaya Komissiya. Okruzhayushchaya sreda*, available at: http://europa.eu.int/comm/environment/impel.

2. *Agentstvo po okhrane okruzhayushchey sredy SShA*, available at: http://www.epa.gov.

3. *Evropeyskoe prirodookhrannoe agentstvo*, available at: http://themes.eea.eu.int.

4. Borisovich V. T., Chaynikov V. V. *Geologo-ekonomicheskaya otsenka tekhnogennykh mestorozhdeniy* [Geological and economic assessment of technogenic deposits], Moscow, VINITI, 1991, 138 p.

5. Gumenik I. L., Matveev A. S., Panasenko A. I. Classification of technogenic formations in open mining operations. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Gornyy zhurnal*. 1988, no. 12, pp. 53—54. [In Russ].

6. *Dopolnitel'nye trebovaniya k izucheniyu i poryadku utverzhdeniya konditsiy i zapasov mineral'nogo syr'ya, predstavlennogo otkhodami osnovnogo proizvodstva* [Additional requirements for the study and approval of the conditions and reserves of mineral raw materials represented by waste from the main production], Moscow, GKZ SSSR, 1996, 28 p.

7. Fersman A. E. *Khimicheskie problemy promyshlennosti* [Chemical problems of industry], Leningrad, 1924, pp. 4—7.

8. Fersman A. E. *Izbrannye trudy*. T. 3 [Selected works, vol. 3], Moscow, izd-vo AN SSSR, 1955, pp. 704—737.

9. Savon D. Yu. Improving the system of paid natural use. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2014, no. 6, pp. 314—320. [In Russ].

10. Matthews T. Dilution and ore loss projections: Strategies and considerations. *SME Annual Conference and Expo and CMA 117th National Western Mining Conference. Mining: Navigating the Global Waters*. Denver, 2015, pp. 529—532.

11. Savon D. Yu., Abramova M. A. Recycling and disposal of industrial waste as a resource-saving method. *Ekologicheskiy vestnik Rossii*. 2014, no. 6, pp. 22—27. [In Russ].

12. Zaman A. U. A comprehensive review of the development of zero waste management: lessons learned and guidelines. *Journal of Cleaner Production*. 2015, vol. 91, pp. 12—25.

13. Antrekowitsch J., Steinlechner S. The recycling of heavy-metal-containing wastes: mass balances and economical estimations. *JOM: the Journal of the Minerals, Metals & Materials Society*. 2011, vol. 63, no. 1, pp. 68—72.

14. Bochek A. M. Prospects for use of polysaccharides of different origin and environmental problems in processing them. *Fibre Chemistry*. 2008, vol. 40, no. 3, pp. 192—197.

15. Ahmed H. M., Viswanathan N., Bjorkman B. Composite pellets — a potential raw material for iron-making. *Steel Research International*. 2014, vol. 85, no. 3, pp. 293—306.

16. Chiang Y. W., Santos R. M., Elsen J., Meesschaert B., Martens J. A., Van Gerven T. Towards zero-waste mineral carbon sequestration via two-way valorization of ironmaking slag. *Chemical Engineering Journal*. 2014, vol. 249, pp. 260—269.

17. Krajnc D., Mele M., Glavic P. Improving the economic and environmental performances of the beet sugar industry in Slovenia: increasing fuel efficiency and using by-products for ethanol. *Journal of Cleaner Production*. 2007, vol. 15, no. 13—14, pp. 1240—1252.

18. Ziout A., Azab A., Atwan M. A holistic approach for decision on selection of end-of-life products recovery options. *Journal of Cleaner Production*. 2014, vol. 65. 497—516. DOI: 10.1016/j.jclepro.2013.10.001.

19. *Resursosberezhenie. Nailuchshie dostupnye tekhnologii. Metodologiya identifikatsii. GOST R 54097-2010* [Resources saving. Best available techniques. Identification methodology. State Standart R 54097-2010], 2012.01.01. [In Russ].

20. *Rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 31 oktyabrya 2014 g, no. 2178. O poetapnom grafike sozdaniya v 2015 — 2017 gg. otraslevykh spravochnikov nailuchshikh dostupnykh tekhnologiy*. 17 noyabrya 2014 [Order of the Government of the Russian Federation of October 31, 2014, no. 2178-p on a phased schedule for the creation of industry directories of the best available technologies in 2015 — 2017. November 17, 2014]. [In Russ].

21. *Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 23 dekabrya 2014 g, no. 1458 «O poryadke opredeleniya tekhnologii v kachestve nailuchshey dostupnoy tekhnologii, a takzhe razrabotki, aktualizatsii i opublikovaniya informatsionno-tekhnicheskikh spravochnikov po nailuchshim dostupnym tekhnologiyam»*. 29 dekabrya 2014 [Decree of the Government of the Russian Federation no. 1458 of December 23, 2014 «On the procedure for determining technology as the best available technology, as well as the development, updating and publication of information and technical reference books on the best available technologies». December 29, 2014]. [In Russ].

22. *Evropeyskiy opyt obrashcheniya s otkhodami proizvodstva i potrebleniya*. Pod red. T. V. Boravskoy [European experience with production and consumption waste management. Boravskaya T. V. (Ed.)], Moscow, TPP RF, 2010, 212 p.

23. Koroleva E. B., Zhigiley O. N., Kryazhev A. M., Sergienko O. I., Sokornova T. V. *Nailuchshie dostupnye tekhnologii: opyt i perspektivy* [Best available technologies: experience and prospects], Saint-Petersburg, 2011, 123 p.

24. *Spravochnik nailuchshikh dostupnykh tekhnologiy*. Pod red. Ministerstva prirodnykh resursov i ekologii RF [Directory of best available technologies. Edited by the Ministry of natural resources and ecology of the Russian Federation], Moscow, 2011, 838 p.

25. Arens V. Zh., Shumilova L. V., Fazlullin M. I., Khcheyan G. H. Perspective directions of chemical and microbiological processing of mineral raw materials of nonferrous and noble metals. *Metallurg*. 2017, no. 9, pp. 82 — 89. [In Russ].

26. Arens V. Zh. *Geotekhnologiya* [Geotechnology], Moscow, MISiS, 2018, 100 p.

27. Shumilova L. V. Gravitational-electrochemical method of gold extraction from technogenic placers. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2015. Special edition 19, pp. 186 — 192. [In Russ].

28. Shumilova L. V. *Nauchnoe obosnovanie innovatsionnoy tekhnologii izvlecheniya zolota (razrabotka, aprobatsiya v usloviyakh Zabaykal'ya)* [Scientific substantiation of the innovative technology of gold leaching (working, testing in conditions of Transbaikalie)], Palmarium Academic Publishing, 2014, pp. 117.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Шумилова Лидия Владимировна — д-р техн. наук, доцент,
профессор, e-mail: shumilovalv@mail.ru,
Забайкальский государственный университет.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

L.V. Shumilova, Dr. Sci. (Eng.), Assistant Professor,
Professor, e-mail: shumilovalv@mail.ru,
Transbaikal State University, 672039, Chita, Russia.

Получена редакцией 11.05.2020; получена после рецензии 21.12.2020; принята к печати 10.04.2021.
Received by the editors 11.05.2020; received after the review 21.12.2020; accepted for printing 10.04.2021.