

КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ПУСТОТ НЕДР С УЧЕТОМ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ТЕРРИТОРИЙ ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

И.Г. Шеломенцев¹, Ю.О. Славиковская¹

¹ Институт горного дела Уральского отделения РАН, Екатеринбург, Россия,
e-mail: slavikov1977@mail.ru

Аннотация: Востребованность минеральных ресурсов в современных условиях предопределяет необходимость развития дальнейшего освоения минерально-сырьевой базы и обуславливает обострение экологической ситуации на территориях горнопромышленного комплекса, что связано с нарастанием техногенного прессинга на недрa. Образующиеся вследствие выемки полезного ископаемого техногенные пустоты недр являются источником интенсивного воздействия на природные среды и зачастую становятся источником возникновения чрезвычайных ситуаций. Учитывая, что горнодобывающая промышленность является градообразующей отраслью народного хозяйства, сохранение и восстановление территорий, особенно в районах с высоким уровнем урбанизации, становится одной из главных проблем. В связи с чем возникает необходимость в проведении экологической реабилитации техногенных пустот недр в целях обеспечения требований рационального и экологически безопасного недропользования, обеспечивающего необходимый уровень экологичности горнодобывающего предприятия на всех этапах жизненного цикла освоения месторождения (в процессе разработки месторождений и в постотрабочный период). На основании выполненных исследований разработана новая классификация техногенных пустот недр, основанная на их группировке по следующим основным признакам: наличию контакта с поверхностью, способу поддержания выработанного пространства, временному критерию (вовлечения в хозяйственный оборот ресурсного потенциала), по функциональному назначению. Данная классификация предложена для условий техногенных пустот недр, образующихся при разработке месторождений твердых полезных ископаемых, открытым и подземным способом. На ее основе возможен учет и оценка техногенных пустот, а также выбор направления их экологической реабилитации.

Ключевые слова: месторождения твердых полезных ископаемых, горнопромышленный комплекс, техногенное воздействие на окружающую среду, техногенные пустоты недр, классификация техногенных пустот недр, постотрабочный период, экологическая реабилитация территорий горнопромышленного комплекса, ресурсный потенциал.

Благодарность: Статья подготовлена в рамках программы ФНИ № 0405-2019-0005 в соответствии с планом 2019—2021 гг.

Для цитирования: Шеломенцев И. Г., Славиковская Ю. О. Классификация техногенных пустот недр с учетом направления использования ресурсного потенциала для целей экологической реабилитации территорий горнопромышленного комплекса // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2019. – № 12. – С. 127–140. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-12-0-127-140.

Classification of man-made voids with regard to resource potential utilization for ecological rehabilitation of mining areas

I.G. Shelomentsev¹, Yu.O. Slavikovskaya¹

¹ Institute of Mining of Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia,
e-mail: slavikov1977@mail.ru

Abstract: The current call for mineral resources dictates expansion of mineral mining, on the one hand, and, on the other hand, aggravates ecological problems in the mining areas due to increased man-made pressing on the subsurface. The man-made voids generated by mineral mining are the source of aggressive ecological impact and, often, the origin of emergencies. Considering the fact that the mining industry is an urban element of economy, preservation and reclamation of lands, especially in the regions of high urban growth, is one of the critical tasks. In this regard, it is necessary to carry out ecological reclamation of man-made voids in order to meet standards of efficient and ecologically safe subsoil use to maintain required ecological property of mines at all stages of life span of mineral field development (in the course of actual mining and in the post-mining period). Based on the accomplished research, a new classification is proposed for grouping man-made voids by such critical criteria as: contact with ground surface; support method; life cycle (involvement in resource potential economy) and functional purpose. The classification is proposed for man-made voids formed by surface and underground mining of solid minerals. Then classification allows assessment and inventory man-made voids, as well as selection of their ecological rehabilitation.

Key words: solid mineral deposit, mining and processing plants, anthropogenic environmental impact, man-made voids, classification of man-made voids, pot-mining period, ecological reclamation of mining and processing plant territory, resource potential.

Acknowledgements: The article is prepared in the framework of the Basic Research Program, Project No. 0405-2019-0005 in compliance with job scheduling plan for 2019–2021.

For citation: Shelomentsev I. G., Slavikovskaya Yu. O. Classification of man-made voids with regard to resource potential utilization for ecological rehabilitation of mining areas. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2019;(12):127-140. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-12-0-127-140.

Введение

Российская Федерация обладает существенным объемом минерально-сырьевого потенциала и по количеству добываемых полезных ископаемых занимает одно из ведущих мест в мире. Минерально-сырьевой комплекс обеспечивает около 70% валовых поступлений в бюджет, и на его долю приходится порядка 30% валового внутреннего продукта. Следовательно, учитывая техногенный и природоёмкий характер экономики страны, добыча полезных ископаемых на сегодня и ближайшую перспективу по-прежнему останется насущной необходимостью для поддержания общественного благосостояния и дальнейшего развития отечественной экономики.

Освоение месторождений твердых полезных ископаемых традиционными способами разработки сопровождается образованием техногенных пустот вследствие выемки полезного ископаемого, что приводит к прогрессирующему воздействию на экосистему осваиваемой территории и к трансформации геологической среды. Так, техногенные пустоты недр при открытом способе разработки представлены выработанным пространством карьеров, объемы которого на крупных ГОК достигают 700–900 млн м³, при глубине карьеров от 100 до 340 м. При этом площади занимаемых земель составляют от 3 до 15 км². При подземном способе разработки на отечественных рудниках

глубина ведения горных работ достигает 1 км и более (рудники СУБР). Общий объем техногенных пустот на шахте им. Губкина (ОАО «Комбината КМАруда») составляет 47,5 млн м³, и ежегодный прирост — порядка 1 млн м³. Таким образом, добыча полезных ископаемых является одной из наиболее природоемких отраслей народного хозяйства. Также необходимо отметить, что территории горно-промышленного комплекса, как правило, характеризуются высоким уровнем урбанизации, что в целом определяет предъявление более жестких экологических требований к осуществлению хозяйственной деятельности.

В связи с этим на территориях с развитым горнопромышленным комплексом складывается насущная необходимость в учете, оценке и мониторинге состояния техногенных пустот недр в целях выбора направления их экологической реабилитации для обеспечения длительного эколого-экономически устойчивого функционирования как горнодобывающего предприятия, так и территории. В рамках рассматриваемой проблемы определяющую роль играет разработка классификации техногенных пустот недр, позволяющая выявить их технологические особенности, ущербобразующие факторы и основные направления экологической реабилитации на протяжении всего жизненного цикла отработки месторождений, включая постотрабочный период.

Для квалифицированного подхода к проблеме изучения использования техногенных пустот недр в качестве георесурса необходимо выявить принципиальные особенности формирования, а также направления потенциального использования, в связи с чем была разработана классификация.

Выполненными исследованиями установлено, что техногенные пустоты недр являются основным ущербобразующим фактором негативного воздействия гор-

нодобывающего предприятия на окружающую среду [1], но при этом обладают определенным ресурсным потенциалом, основной составляющей которого являются накопительные емкости (карьерные выемки, зоны обрушения шахт, подземные выработки). С другой стороны, техногенные пустоты недр, образующиеся в процессе выемки полезного ископаемого, в отличие от природных пустот в недрах, являются инженерными сооружениями, конструктивное использование которых во многом определяется применяемыми геотехнологиями. В связи с этим появляется необходимость определять направления их дальнейшего функционирования в постотрабочный период еще на стадии проектирования освоения месторождения полезных ископаемых, поскольку выработанное пространство является видоизменяемым с течением времени и потребностей общества георесурсом, который сегодня активно используется на различных этапах разработки месторождения полезных ископаемых.

Основная часть

В современных условиях предложены различные методические подходы к классификации техногенных пустот недр по различным признакам, отражающим разнообразные направления использования в хозяйственной деятельности, как правило, после освоения месторождения полезных ископаемых.

Выполненный анализ показал, что на сегодня существуют следующие классификации техногенных пустот недр. Традиционно в горной науке, согласно трудам академика М.И. Агашкова, в рамках выделения основных групп георесурсов рассматриваются природные и техногенные (созданные человеком) полости в земных недрах.

В работе [2] академиком К.Н. Трубецким также рассматриваются природные

и техногенные полости в недрах земли, и дальнейшее их рассмотрение основывается на классификации способов формирования и использования выработанного пространства при открытой разработке месторождений полезных ископаемых, а так же функциональном назначении, а именно на возможности и целесообразности их использования в хозяйственной деятельности.

В работах А.В. Корчака предлагается классификация подземного пространства, формирующегося в процессе освоения месторождений полезных ископаемых, основанная на типе выработок (вертикальные стволы, штольни, камеры околоствольных дворов, капитальные, подготовительные и очистные выработки) и новом функциональном назначении при повторном использовании в хозяйственной деятельности (энергетика, промышленность, экология, социальная сфера и аграрный сектор) [3].

Также В.А. Умновым предложена классификация основных направлений использования подземного пространства, в основу которой тоже заложен принцип функционального использования в различных отраслях народного хозяйства (горное дело, городское строительство, энергетика и газовая отрасль, аграрный сектор, транспорт, оборонная промышленность, научно-исследовательская деятельность, медицина и др.) после окончания отработки месторождений полезных ископаемых [4].

Другой вариант классификации осваиваемых подземных пустот, основанный на геомеханическом аспекте обоснования их устойчивости, предложен А.К. Порцевским. Группировка выработанного подземного пространства осуществляется по функциональному назначению (для размещения промышленных объектов, объектов сельскохозяйственного назначения, оборонной промышленности, храмов и могильников, объектов куль-

турного и медицинского назначения), по продолжительности использования, по значимости (возможность деформации полости), по местоположению, по технологии поддержания устойчивости пустот и по масштабам, разветвленности и глубине расположения [5].

В работе [6] предлагается классификация подземных пространств, основанная на генетическом подходе. В ней подземные пространства подразделяются по антропному принципу на 2 группы — естественные и искусственные; по источнику энергии полостеобразующих процессов на 3 класса — эндогенные, экзогенные, антропогенные; по характеру перемещения вещества на 14 подклассов — магмагенные, вулканогенные и др.; и по ведущему процессу, приводящему к их образованию, подземные пространства делятся на 27 типов. Классификация построена применительно к генетически однородным подземным полостям.

В работах [7, 8] чл.-корр. РАН Д.Р. Капуновым предложена классификация выработанных пространств формирующихся при открытом и подземном способах разработки месторождений полезных ископаемых в зависимости от их функционального назначения в целях выбора направления их использования уже на стадии проектирования.

Однако данные классификации с учетом требований современности нуждаются в дополнении и расширении, поскольку зачастую все они охватывают только один тип техногенных пустот, это подземные техногенные пустоты или карьерные выработки, зоны обрушения шахт, и другие, как правило, остаются за пределами рассмотрения. Существующие последствия ведения горных работ, отражающиеся на экономическом, социальном и экологическом состоянии территорий горнопромышленного комплекса, определяют необходимость комплексной

оценки техногенных пустот с точки зрения оказываемого ими техногенного воздействия на природную среду и необходимости проведения комплекса мероприятий по восстановлению нарушенной природной среды и ведут к необходимости встраивания техногенных пустот в новую экологическую систему. В свою очередь, техногенные пустоты недр являются инженерными сооружениями, что позволяет корректировать технологию формирования уже на стадии проектирования, а также на протяжении всего жизненного цикла освоения месторождения, ориентируясь на конечный результат, — обеспечение социально смягчающих и экологически восстанавливающих мероприятий в регионах, нарушенных в результате их проведения.

Таким образом, на основании проведенного комплекса исследований предложена классификация техногенных пустот недр для условий разработки твердых полезных ископаемых в целях поддержания длительного экологически сбалансированного и экономически эффективного функционирования горнодобывающего предприятия на основе формирования новой инфраструктуры недр, а так же в целях минимизации наносимого ими ущерба как в процессе освоения месторождения, так и после окончания его отработки.

В работах [8, 9] приведена классификация техногенных пустот недр, где в качестве основного критерия принят геотехнологический фактор, определяемый в основном применяемой технологией разработки месторождения. Однако необходимо расширить данную классификацию и в дополнение к геотехнологическому признаку рассмотреть особенности формирования и техногенного воздействия на окружающую среду двух принципиальных классов техногенных пустот недр (техногенные пустоты с выходом на поверхность, подземные тех-

ногенные пустоты) с точки зрения использования их ресурсного потенциала.

В дополнение и развитие предложенной выше классификации предлагается сформировать классификацию техногенных пустот недр как подземных, так и с выходом на поверхность, в основу которой будут заложены следующие признаки:

- геотехнологический (как было сказано выше, основным признаком является наличие у техногенных пустот недр связи с поверхностью);
- геоэкологический (по возможности использования ресурсного потенциала техногенных пустот недр в рамках проведения экологической реабилитации техногенных пустот недр, требования устанавливаются государственными нормативными документами, и технологии проведения рассматриваются на стадии проектирования с одновременной оценкой экологичности в рамках ОВОС);
- временной (время формирования и ликвидации техногенных пустот, в этом случае необходимо учитывать инженерно-технологический аспект, определяющий возможность создания новых инженерных сооружений различного социального характера на базе техногенных пустот недр).

Таким образом, основные признаки, заложенные в данную классификацию, и соответствующие им типы техногенных пустот недр приведены в таблице.

В связи с необходимостью типизации техногенных пустот недр были сформированы в рамках каждого классификационного признака классы, принципиальные особенности которых заключаются в следующем:

- Техногенные пустоты недр 1-го класса, имея выход на поверхность, непосредственно контактируют с атмосферой, почвенным покровом и литосферой. При их формировании нарушается земная поверхность, образуя «техногенный»

Признаки и типы техногенных пустот недр
Features and types of man-made voids

Признак	Характеристика признака	Тип техногенных пустот недр
1 Геотехнологический признак 1.1. Контакт с поверхностью	Нарушение земной поверхности, ландшафта местности. Сохранение поверхности.	Техногенные пустоты с выходом на поверхность. Подземные техногенные пустоты
1.2. Технологии формирования техногенных пустот недр	Техногенные пустоты, образующиеся в процессе отработки месторождения вследствие выемки горной массы. Временные технологические пустоты	Накопительные техногенные пустоты. Пустоты, ликвидируемые в процессе отработки месторождения.
2. Возможность использования ресурсного потенциала техногенных пустот недр. 2.1. По степени использования ресурсного потенциала	Использование в технологиях экологической реабилитации техногенных пустот недр.	Востребованные Невостребованные
2.2. По направлению использования	В зависимости от направления хозяйственной деятельности использования техногенных пустот (размещение отходов, самозатопление и т.д.).	Используются Частично используются Не используются
3. Инженерно-технологический признак	Создание на основе накопительных пустот специальных инженерных сооружений.	Сооружения социального характера, иного хозяйственного назначения
4. Эколого-экономическая эффективность использования	Соотношение совокупного эколого-экономического эффекта от использования ресурсного потенциала техногенных пустот и вызываемых затрат на проведение экологической реабилитации.	Эффективные Неэффективные Перспективные

рельеф местности. Объемы техногенных пустот недр и динамика их роста существенно отличаются при открытом и подземном способах отработки месторождений. Если объем карьерных выемок достигает 700 млн м³, то объемы зон обрушения шахт на порядок меньше и находятся в пределах 30–50 млн м³. При этом воронки обрушения в процессе понижения горных работ заполняются обрушенными налегающими породами с плотностью, меньшей или равной плотности окружающего массива горных пород, поэтому глубина зоны обрушения не соответствует глубине ведения очист-

ных работ. Карьерные выемки накапливают большие объемы пустот при технологии ведения горных работ с внешним отвалообразованием. При подземной геотехнологии накопление техногенных пустот имеет место при системах разработки с открытым выработанным пространством. В связи с необходимостью производства вскрышных работ наблюдается образование объемов карьерных выемок, превышающих объемы добываемой рудной массы. На крупных карьерах ежегодно происходит интенсивное наращивание объемов карьерных выемок.

- Подземные техногенные пустоты 2-го класса характеризуются замкнутостью выемочного пространства. Подземные техногенные пустоты изолируются от поверхности массивом горных пород, характеризуются отсутствием связей с атмосферой, что обеспечивает постоянство их температурного режима и возможности использования самих свойств горного массива.

В целях выбора направления экологической реабилитации техногенных пустот недр необходима их систематизация. В связи с чем предлагается их классификация по следующим направлениям:

- наличие контакта с поверхностью;
- способ поддержания выработанного пространства;
- временной критерий (вовлечение в хозяйственный оборот ресурсного потенциала);
- функциональное назначение.

Поскольку разработанная в работе классификация техногенных пустот недр в дальнейшем должна быть заложена в основу проведения мероприятий по их экологической реабилитации, анализ отечественного и зарубежного опыта ее проведения показал следующее. В условиях российской практики реабилитация подземных техногенных пустот недр в настоящее время производится в двух основных направлениях:

- заполнение закладочным материалом или локализация подземных техногенных пустот в процессе отработки месторождения;
- использование подземных техногенных пустот в постотработочный период на месторождении в целом или отдельных его залежей и участков, когда они могут служить в качестве накопительных емкостей для утилизации отходов как горнопромышленного комплекса, так и других отраслей промышленности.

Реабилитация техногенных пустот с выходом на поверхность производится в следующих направлениях:

- заполнение пустот отходами горно-обогатительного передела в процессе разработки месторождения, что при применении определенных технологий складирования и хранения обеспечит формирование техногенных минеральных образований;

- самозаотопление, самозаращение, однако в ряде случаев без реализации системы контроля и мониторинга за их состоянием приводит к катастрофическим экологическим последствиям;

- использование техногенных пустот с выходом на поверхность в постотработочном периоде возможно также в качестве накопительных емкостей.

Анализируя отечественный опыт реабилитации техногенных пустот недр можно выделить следующее: при открытых работах растет значимость систем разработки с внутренним отвалообразованием и технологиями ведения горных работ, позволяющих породы вскрыши и обогатительного передела размещать в выработанном пространстве карьеров; в практике подземной геотехнологии в целях обеспечения безопасности ведения горных работ необходимо избегать накопления больших объемов техногенных пустот, чтобы исключить возможность возникновения неуправляемых самообрушений выработанного пространства. Также в отдельных случаях целесообразно производить локализацию подземных пустот на продолжительное время на основании специальных технологических решений [11–21].

В зарубежной практике использование техногенных пустот недр рассматривается в более широком аспекте. Так, в Германии благодаря технологиям санирования использованные территории преобразуют в «зеленые площади», т.е. производится их возвращение в хозяйственный оборот, но уже в новом функциональном качестве. Примером является регион Восточной Германии, район

Нижней Лаузици, где после добычи угля производилось заводнение выработанного карьерного пространства. При этом большое количество отработанных карьеров необходимо было обустроить таким образом, чтобы после повторного подъема уровня грунтовых вод и заводнения карьеров не возникла угроза появления оползней, и можно было использовать озера в карьерных выемках в рекреационных и других целях.

Однако в отдельных ситуациях при затоплении карьерных выемок имели место негативные последствия, когда уровень вод горизонтальной циркуляции находился выше дна карьера, в связи с чем происходило иссушение родников и источников в регионе; изменение баланса влаги в почве из-за ускоренной фильтрации; активизация опасных экзогенных процессов, например, ежегодное образование новых просадок и провалов, в том числе, в густонаселенной местности. К 2020 г. санация лаузицкого ландшафта, оставшегося после завершения горных работ должна быть завершена. Включение озер, возникших на месте бывших карьеров, в общественную гидрографическую сеть со свободным перепадом, представляет несколько тысяч га водной поверхности для использования в качестве водохранилищ [22–24].

Урановый карьер Lichtenberg находился в эксплуатации с 1958 по 1977 г. Длина карьера составляла 2 км, ширина 1 км и глубина 240 м при объеме 160 млн м³. Площадь горного отвода составляла 160 га. Выработанное пространство карьера до 1991 г. было частично заполнено вскрышной породой объемом 76 млн м³. Рекультивационные работы, проводившиеся с 1991 по 2007 гг. заключались в перемещении и складировании в карьер дополнительно 120 млн м³ вскрышной породы (сланцы) из 7 отвалов [25].

В Великобритании превращение заброшенного карьера в высокотехнологичный выставочный центр стало возможным благодаря талантливым архитекторам и специалистам по ландшафтному дизайну, а также специалистам по туризму и экономическому развитию. Проект «Эдем» графства Корнуолл включает в себя возведение двух самых больших геодезических теплиц, которые когда-либо строились [26].

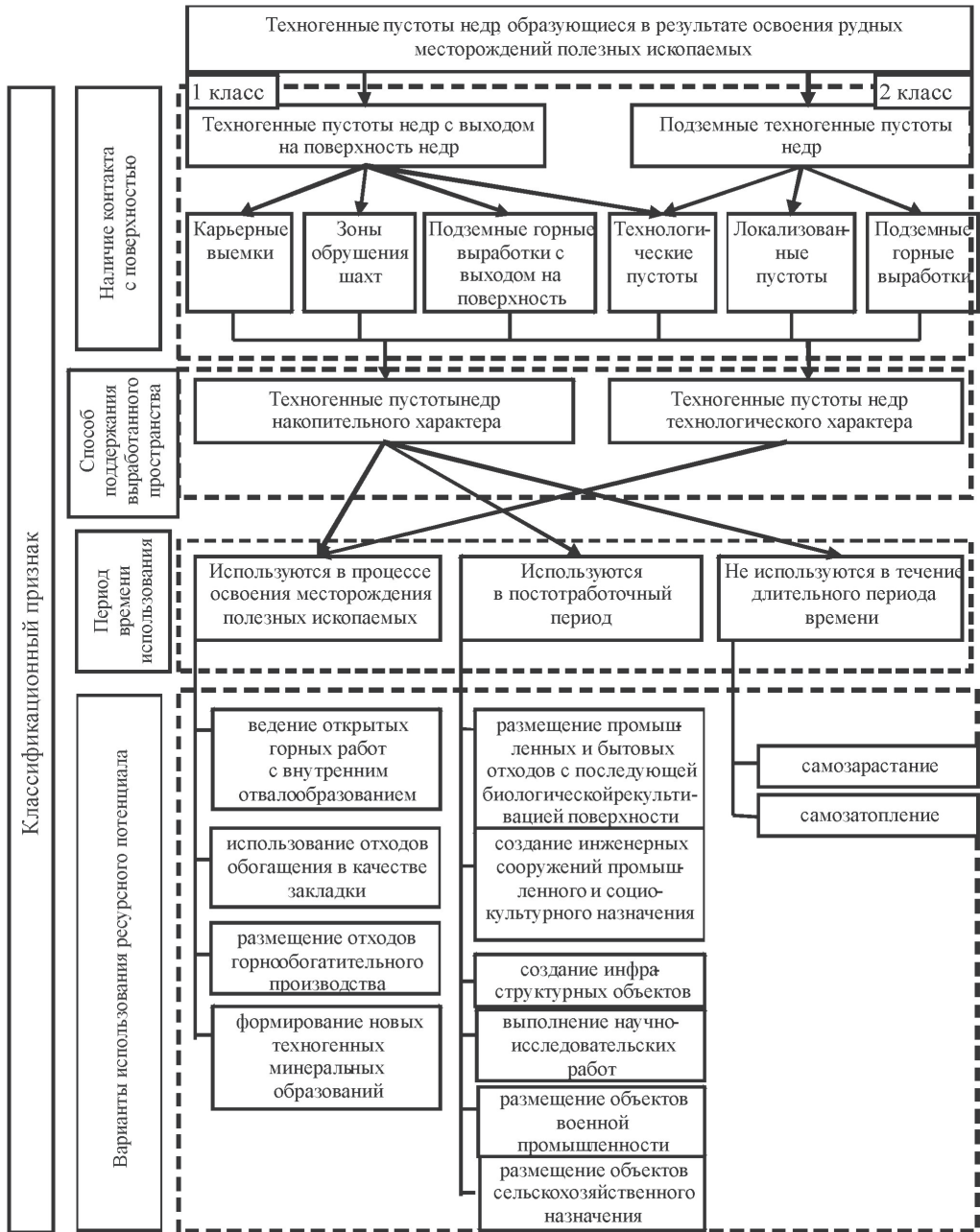
Ежегодно сады посещают 1,8 млн чел., что намного превышает первоначальные прогнозы. Изучение результатов показывает, что за первые два года проект «Эдем» привлек 618 млн фунтов стерлингов прибыли в Корнуолл. Также были созданы 1600 штатных рабочих мест.

В графстве Шеффилд (Великобритания) и его окрестностях угольный карьер преобразован в систему озер для водных видов спорта. На месте разработки песчаника организованы тренировки скалолазов, созданы зеленые зоны земляных валов вдоль реки.

Мероприятия по восстановлению их в рекреационных целях проведены также в юго-западной части угольного бассейна Южного Уэльса.

Пятизвездочный курортный отель, расположенный в карьере, заполненном водой, неподалеку от Шанхая (Китай), строительство которого было закончено в мае 2009 г. фирмой Atkins, также является наглядным примером использования выработанного пространства. Устойчивое развитие играет важную роль для дизайна, начиная от использования зеленой кровли для структур, расположенных над уровнем земной поверхности, и заканчивая экстракцией геотермической энергии [27].

Таким образом, можно сделать вывод, что отличительной особенностью зарубежной практики экологической реабилитации техногенных пустот недр являются следующие основные направления:



Классификация техногенных пустот недр, образующихся при разработке месторождений твердых полезных ископаемых (рудных месторождений) открытым и подземным способом, и варианты использования их ресурсного потенциала

Classification of man-made voids formed in surface and underground mining of solid minerals (ore deposits) and their resource potential utilization alternatives

- в основу всех мероприятий по экологической реабилитации техногенных пустот недр заложена идея создания инфраструктурных и природно-техногенных объектов используемых не только в хозяйственных, но и рекреационных целях;

- широко применяемая водная рекультивация позволяет создать полноценные водные объекты, которые зачастую включены в гидрогеографическую сеть наряду с природными объектами;

- создание новых ландшафтов с высокой экологической и эстетической ценностью, обеспечивающих дальнейшее устойчивое развитие региона;

- использование в хозяйственной деятельности в качестве объектов коммерческой недвижимости (размещение хранилищ цементированных отходов различных отраслей хозяйствования, размещение объектов хозяйственно-бытового назначения и т.д.).

Результаты выполненных исследований отечественной [11–21] и зарубежной практики [22–31] проведения экологической реабилитации техногенных пустот недр, существующее состояние пустот в постотрабочный период на ряде территорий с развитым горнопромышленным комплексом послужили основой для формирования классификации техногенных пустот недр.

На рисунке представлена классификация техногенных пустот недр согласно вышеперечисленным признакам, исходя из условий проведения экологической реабилитации техногенных пустот недр, с учетом формирования ресурсного потенциала.

В современных условиях как в отечественной, так и зарубежной практике отсутствует комплексный подход, охватывающий техногенные пустоты недр с выходом на поверхность, а также подземные техногенные пустоты.

Если в рамках существующей нормативно-правовой и теоретико-методи-

ческой базы техногенные пустоты недр с выходом на поверхность рассматриваются в рамках земельной рекультивации, то подземным техногенным пустотам не уделяется должного внимания.

В связи с чем все предлагаемые на сегодня классификации техногенных пустот, образующихся в недрах при разработке месторождений полезных ископаемых, охватывают техногенные пустоты только одного из вышеперечисленных классов.

В условиях урбанизированных территорий с развитым горнопромышленным комплексом, как правило, наблюдается многообразие классов техногенных пустот, образующихся как в процессе разработки, так и накопленных за предшествующий период, в связи с чем в целях проведения мероприятий по экологической реабилитации пустот и принятию решения об их дальнейшем использовании в целях обеспечения длительного экономически целесообразного и экологически безопасного функционирования горнодобывающего предприятия и территории была разработана новая принципиальная классификация, охватывающая техногенные пустоты недр как подземные, так и с выходом на поверхность.

Многофункциональность ресурсного потенциала техногенных пустот недр объясняется разнообразием их свойств, которые могут быть использованы, исходя из технических, экологических и социальных возможностей и потребностей общества в определенный период времени, что является обязательным условием использования ресурсного потенциала техногенных пустот недр для утилизации как промышленных, так и бытовых отходов. Также необходимо обеспечение технологической совместимости, сопутствующей производственной деятельности по размещению отходов с основным производственным процессом горнорудного производства при соответствующем

эколого-экономическом обосновании и учете особенностей территорий ведения горных работ.

Заключение

На основании выполненных исследований разработана принципиальная классификация техногенных пустот недр.

Применение данной классификации будет способствовать дальнейшему учету и оценке ресурсного потенциала техногенных пустот недр, а также выбору направления их экологической реабилитации на всех этапах жизненного цикла освоения месторождения, включая постотработочный период.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Славиковская Ю. О. Экономический ущерб как инструмент оценки последствий техногенного воздействия предприятий ГПК на компоненты природной среды // Недропользование XXI век. — 2014. — № 6. — С. 84–88.
2. Горные науки освоение и сохранение недр Земли / Под ред. К. Н. Трубецкого. — М.: Изд-во Акад. горных наук, 1997. — 476 с.
3. Корчак А. В. Обоснование и разработка методологии проектирования строительства и повторного использования подземных сооружений в сложных горно-геологических условиях: автореф. дис. докт. техн. наук. — М.: МГУ, 1998. — 46 с.
4. Умнов В. А. Экономическое обоснование рационального использования подземного пространства: автореф. дис. докт. экон. наук. — М.: МГУ, 2000. — 35 с.
5. Порцевский А. К. Геомеханическое обоснование выбора технологии подземной добычи руды с последующим использованием пустот: автореф. дис. докт. техн. наук. — М.: РГГУ, 2006. — 58 с.
6. Дублянский В. Н., Дублянская Г. Н., Лавров И. А. Классификация, использование и охрана подземных пространств. — Екатеринбург: УрО РАН, 2001. — 196 с.
7. Каплунов Д. Р., Радченко Д. Н. Выработанные пространства недр: принципы многофункционального использования в полном цикле комплексного освоения месторождений твердых полезных ископаемых // Горный журнал. — 2016. — № 5. — С. 28–33. DOI: dx.doi.org/10.17580/gzh/2016.05.02.
8. Каплунов Д. Р., Радченко Д. Н., Лавенков В. С. Условия безопасного и экологически сбалансированного формирования выработанных пространств земных недр при комплексном освоении месторождений твердых полезных ископаемых / Комбинированная гетехнология: устойчивое и экологически сбалансированное освоение недр: материалы VIII международной научно-технической конференции, г. Магнитогорск, 2015. — Магнитогорск: МГТУ, 2015. — С. 20–21.
9. Славиковская Ю. О. Эколого-экономические аспекты освоения минеральных ресурсов на урбанизированных территориях. — Екатеринбург: ИГД УрО РАН, 2012. — 208 с.
10. Славиковская Ю. О. Классификация техногенных пустот, образующихся при освоении минеральных ресурсов недр // Известия вузов. Горный журнал. — 2013. — № 8. — С. 1–4.
11. Кутлиахметов А. Н. Проблемы санации объектов экологического ущерба прошлых лет в Республике Башкортостан // Охрана окружающей среды и природопользование. — 2011. — № 2. — С. 31–32.
12. Хаирутдинов М. М. Пути совершенствования систем разработки с закладкой выработанного пространства // Известия вузов. Горный журнал. — 2007. — № 11. — С. 40–43.
13. Ельников В. Н., Лейзерович С. Г., Усков А. С. Опыт по созданию безотходной технологии на комбинате «КМАруда» // Горная промышленность. — 1991. — № 5. — С. 6–10.
14. Гусев Ю. М. и др. Ресурсосберегающие технологии добычи руды на Малсевском руднике Зырянского ГОКа (АО «Казцинк») // Известия вузов. Горный журнал. — 2008. — № 11. — С. 20–22.
15. Коновалов Б. А. Закладочные работы на подземных рудниках и перспективы их совершенствования // Горный журнал. — 2001. — № 7. — С. 3–7.
16. Усков А. Х. Результаты исследований и внедрение опытной технологии гидрозакладочных работ // Горный журнал. — 2008. — № 4. — С. 131.

17. Мирзерханова З.Г. Экологические аспекты организации территорий россыпных месторождений золота // Горный журнал. — 2006. — № 8. — С. 36–38.
18. Гайдин А.М. От геотехнологии к геоэстетике // Горный журнал. — 2009. — № 4. — С. 72–75.
19. Гайдин А.М. Затопление карьеров с целью ревитализации ландшафта // Известия вузов. Горный журнал. — 2008. — № 1. — С. 80–82.
20. Гайдин А.М. Смерть серы, рождение озер // The Chemical Journal. — 2005. — № 9. — С. 45–47.
21. Среданович А.В. Рекультивационно-экологическим мероприятиям при разработке месторождений открытым способом — научную основу (на примере Алмалыкского горно-металлургического комбината Республики Узбекистан) // Маркшейдерский вестник. — 2008. — № 1. — С. 28–30.
22. Клапперих Х. Стабильное (непрерывное) использование площадей (к вопросу менеджмента территорий) // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2010. — № 3. — С. 137–142.
23. Форстер В., Геккель Г. Санация в горнопромышленных районах Восточной Германии // Геоэкология. — 2009. — № 5. — С. 409–424.
24. Семячков А.И., Славиковская Ю.О., Дребенштедт К. Эколого-экономические аспекты деятельности предприятий горной промышленности. — Екатеринбург: ИЭ УрО РАН, 2013. — 252 с.
25. Официальный сайт предприятия Wismut GmbH [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.wismut.de> (дата обращения: 21.09.2019).
27. Проект «Эдем» Официальный сайт предприятия [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.edenproject.com/> (дата обращения: 21.09.2019).
26. Официальный сайт предприятия InterContinental Shanghai Wonderland hotel [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.urdesignmag.com/lifestyle/2019/02/05/shimao-wonderland-intercontinental> (дата обращения: 21.09.2019).
28. Kuter N., Dilaver Z., Gül E. Determination of suitable plant species for reclamation at an abandoned coal mine area // International Journal of Mining, Reclamation and Environment. 2014;28(5):268–276. DOI: 10.1080/17480930.2014.932940.
29. Huanqing Li, Xiaozhao Li, Chee Kiong Soh An integrated strategy for sustainable development of the urban underground: From strategic, economic and societal aspects // Tunnelling and Underground Space Technology. 2015;55:67–82.
30. Reyes-Bozo L., Godoy-Faundez A., Herrera-Urbina R., Higuera P.L. Greening Chilean copper mining operations through industrial ecology strategies // Journal of Cleaner Production. 2014;84(1):1–9.
31. Mhlongo E. S., Amponsah-Dacosta F. A review of problems and solutions of abandoned mines in South Africa // International Journal of Mining, Reclamation and Environment. 2016;30(4):279–294. DOI: 10/1080/17480930.2015.1044046. **ГИАБ**

REFERENCES

1. Slavikovskaya Yu. O. Economic damage as a tool for evaluating consequences of anthropogenic environmental impact of mining and processing plants. *Nedropol'zovanie XXI vek.* 2014, no 6, pp. 84–88. [In Russ].
2. *Gornye nauki osvoinie i sokhranenie nedr Zemli.* Pod red. K. N. Trubetskogo [Mining sciences: Development and preservation of the Earth's interior. Trubetskoy K. N. (Ed.)], Moscow, IZD-VO Akad. gornykh nauk, 1997, 476 p.
3. Korchak A. V. *Obosnovanie i razrabotka metodologii proektirovaniya stroitel'stva i povtornogo ispol'zovaniya podzemnykh sooruzheniy v slozhnykh gorno-geologicheskikh usloviyakh* [Justification and development of procedure for design, construction and re-use of underground structures in complicated geological conditions], Doctor's thesis, Moscow, MGGU, 1998, 46 p.
4. Umnov V. A. *Ekonomicheskoe obosnovanie ratsional'nogo ispol'zovaniya podzemnogo prostranstva* [Economic validation of efficient use of underground space], Doctor's thesis, Moscow, MGGU, 2000, 35 p.
5. Portsevskiy A. K. *Geomekhanicheskoe obosnovanie vybora tekhnologii podzemnoy dobychi rudy s posleduyushchim ispol'zovaniem pustot* [Geomechanical assessment of underground ore

- mining technology with subsequent use of mined-out voids], Doctor's thesis, Moscow, RGGU, 2006, 58 p.
6. Dublyanskiy V. N., Dublyanskaya G. N., Lavrov I. A. *Klassifikatsiya, ispol'zovanie i okhrana podzemnykh prostranstv* [Classification, use and protection of underground spaces], Ekaterinburg, UrO RAN, 2001, 196 p.
 7. Kaplunov D. R., Radchenko D. N. Mined-out areas: Approaches to multipurpose use in complex integrated cycle of hard mineral mining. *Gornyy zhurnal*. 2016, no 5, pp. 28–33. [In Russ]. DOI: [dx.doi.org/10.17580/gzh/2016.05.02](https://doi.org/10.17580/gzh/2016.05.02).
 8. Kaplunov D. R., Radchenko D. N., Lavenkov V. S. Safe conditions and environmentally balanced formation of developed spaces of the Earth's interior with integrated development of solid mineral deposits / *Kombinirovannaya getekhnologiya: ustoychivoe i ekologicheskoe sbalansirovanoe osvoenie nedr: materialy VIII mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii*, Magnitogorsk, 2015. Magnitogorsk, MGTU, 2015, pp. 20–21. [In Russ].
 9. Slavikovskaya Yu. O. *Ekologo-ekonomicheskie aspekty osvoeniya mineral'nykh resursov na urbanizirovannykh territoriyakh* [Ekologo-ekonomicheskie aspekty osvoeniya mineral'nykh resursov na urbanizirovannykh territoriyakh], Ekaterinburg, IGU UrO RAN, 2012, 208 p.
 10. Slavikovskaya Yu. O. Classification of man-made voids formed in mineral mining. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Gornyy zhurnal*. 2013, no 8, pp. 1–4. [In Russ].
 11. Kutliakhmetov A. N. Sanitation problems environmental damage objects in the Republic of Bashkortostan. *Okhrana okruzhayushchey sredy i prirodopol'zovanie*. 2011, no 2, pp. 31–32. [In Russ].
 12. Khayrutdinov M. M. The ways of improvement of development system with stowing the worked space. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Gornyy zhurnal*. 2007, no 11, pp. 40–43. [In Russ].
 13. Elnikov V. N., Leyzerovich S. G., Uskov A. S. Experience in creating non-waste technology at the KMARuda plant. *Gornaya promyshlennost'*. 1991, no 5, pp. 6–10. [In Russ].
 14. Gusev Yu. M. Resource-saving technologies for ore mining at the Maleevsky mine of the Zyryanovsky MPP (Kazinc JSC). *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Gornyy zhurnal*. 2008, no 11, pp. 20–22. [In Russ].
 15. Konovalov A. B. Groundbreaking work in underground mines and prospects for their improvement. *Gornyy zhurnal*. 2001, no 7, pp. 3–7. [In Russ].
 16. Uskov A. Kh. Research results and the introduction of pilot technology of hydraulic filling works. *Gornyy zhurnal*. 2008, no 4, pp. 131 [In Russ].
 17. Mirzerkhanova Z. G. The organization ecological aspects of territories of placer gold deposits. *Gornyy zhurnal*. 2006, no 8, pp. 36–38. [In Russ].
 18. Gaidin A. M. From geotechnology to geoesthetics. *Gornyy zhurnal*. 2009, no 4, pp. 72–75. [In Russ].
 19. Gaidin A. M. Flooding open pit to revitalize the landscape. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Gornyy zhurnal*. 2008, no 1, pp. 80–82. [In Russ].
 20. Gaidin A. M. Death of sulfur, the birth of lakes. *The Chemical Journal*. 2005, no 9, pp. 45–47. [In Russ].
 21. Sredanovich A. V. Ecological reclamations in opencast mineral mining—Scientific framework (in terms of Almalyk Mining and Metallurgical Plant in the Republic of Uzbekistan). *Marksheyderskiy vestnik*. 2008, no 1, pp. 28–30. [In Russ].
 22. Klapperikh Kh. Stable (continuous) use of space (on the issue of territory management). *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2010, no 3, pp. 137–142. [In Russ].
 23. Forster V., Gekkel' G. Sanitation in the mining regions of East Germany. *Geoekologiya*. 2009, no 5, pp. 409–424. [In Russ].
 24. Semyachkov A. I., Slavikovskaya Yu. O., Drebenshtedt K. *Ekologo-ekonomicheskie aspekty deyatel'nosti predpriyatiy gornoy promyshlennosti*. [Environmental and economic aspects of mining enterprises]. Ekaterinburg, IE UrO RAN, 2013, 252 p.
 25. Official website of the company Wismut GmbH, available at: <http://www.wismut.de> (accessed 21.09.2019).
 26. Edem Project. Official website of the company, available at: <https://www.edenproject.com/> (accessed 21.09.2019).
 27. Official website of the company InterContinental Shanghai Wonderland hotel, available at: <https://www.urdesignmag.com/lifestyle/2019/02/05/shimao-wonderland-intercontinental> (accessed 21.09.2019).

28. Kuter N., Dilaver Z., Gül E. Determination of suitable plant species for reclamation at an abandoned coal mine area. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*. 2014;28(5):268–276. DOI: 10.1080/17480930.2014.932940.

29. Huanqing Li, Xiaozhao Li, Chee Kiong Soh An integrated strategy for sustainable development of the urban underground: From strategic, economic and societal aspects. *Tunnelling and Underground Space Technology*. 2015;55:67–82.

30. Reyes-Bozo L., Godoy-Faundez A., Herrera-Urbina R., Higuera P.L. Greening Chilean copper mining operations through industrial ecology strategies. *Journal of Cleaner Production*. 2014;84(1):1–9.

31. Mhlongo E.S., Amponsah-Dacosta F. A review of problems and solutions of abandoned mines in South Africa. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*. 2016;30(4):279–294. DOI: 10/1080/17480930.2015.1044046.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Шеломенцев Иван Глебович¹ — младший научный сотрудник,
e-mail: gopi0@list.ru,

Славиковская Юлия Олеговна¹ — канд. экон. наук,
старший научный сотрудник, e-mail: slavikov1977@mail.ru,

¹ Институт горного дела Уральского отделения РАН.

Для контактов: Славиковская Ю.О., e-mail: slavikov1977@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

I.G. Shelomentsev¹, Junior Researcher, e-mail: gopi0@list.ru,

Yu.O. Slavikovskaya¹, Cand. Sci. (Econ.), Senior Researcher,
e-mail:slavikov1977@mail.ru

¹ Institute of Mining of Ural Branch, Russian Academy of Sciences,
620075, Ekaterinburg, Russia.

Corresponding author: Yu.O. Slavikovskaya, e-mail: slavikov1977@mail.ru.



НОВИНКИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ГОРНАЯ КНИГА»



Вержанский А.П., Дмитриев В.Г.

Специальные ленточные конвейеры

Год: 2019

Страниц: 496

ISBN: 978-5-98672-498-0

UDK: 622.647.2

Изложены теоретические и практические расчеты специальных ленточных конвейеров, а именно: крутонаклонных, конвейеров с подвесной лентой, криволинейных ленточных конвейеров, многоприводных конвейеров и ленточных трубчатых конвейеров. Для этих конвейеров решена задача по повышению их техникоэкономических показателей при эксплуатации путем дискретного регулирования скорости движения ленты. Установлены основные показатели дискретного регулирования. Эта задача решена в статистической постановке. Для инженерно-технических

и научных работников, занимающихся конструированием, проектированием и эксплуатацией специальных ленточных конвейеров, а также преподавателей, аспирантов, магистров, бакалавров и студентов старших курсов вузов соответствующего профиля.