

Код МРНТИ 52.01.11

К.Н. Трубецкой¹, Ю.П. Галченко¹, Г.В. Калабин¹, *М.Ж. Битимбаев²¹ФГБУН «Институт проблем комплексного освоения недр имени академика Н.В. Мельникова РАН»
(Москва, Россия),²Институт геологических наук имени академика К.И. Сатпаева
(Алматы, Казахстан)

ПРИРОДОПОДОБНЫЕ ГОРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ – КАК НОВОЕ НАУЧНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ПРИ КОМПЛЕКСНОМ ОСВОЕНИИ НЕДР ЗЕМЛИ

Аннотация. В статье, на основе анализа формирования необратимых негативных экологических последствий во всех Геосферах нашей планеты, в условиях существующей технократической цивилизации, дается научное обоснование необходимости более широкого использования природоподобных горных технологий в их конвергентной форме. Сформулированные биогенные принципы построения таких технологий следует рассматривать как перспективные направления развития горных технологий, реализация которых позволит снизить техногенное воздействие на естественную биоту до неизбежного уровня, обеспечивающего возможность ее самовосстановления после отработки запасов месторождений.

Ключевые слова: устойчивое развитие, коэволюция антагонистов, природоподобные конвергентные и гибридные технологии, биотехнологические принципы, природно-технические кластерные системы, экологизация технологической парадигмы.

Табиғи ұқсас тау-кен технологиялары – Жер қойнауын кешенді игеру кезіндегі жаңа ғылыми бағыт

Аннотация. Бұл мақалада қазіргі технократиялық өркениет жағдайында планетаның барлық геосфераларында қайтымсыз теріс экологиялық салдардың қалыптасуын талдау негізінде табиғи тәріздес тау-кен технологияларын конвергентті тәсілде кеңінен енгізудің ғылыми-әдістемелік негіздемесі жасалған. Мұндай технологияларды жобалаудың тұжырымдалған биогендік қағидаттары тау-кен өндірісін дамытудың перспективалық бағыттары ретінде қарастырылады. Оларды жүзеге асыру табиғи биотаның техногендік жүктемесін сөзсіз деңгейге дейін төмендетуге және кен орындарын игеруден кейін табиғи қалпына келу мүмкіндігін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Түйінді сөздер: тұрақты даму, антагонистік коэволюция, табиғи тәріздес конвергентті және гибриді технологиялар, биотехнологиялық қағидаттар, табиғи-техникалық кластерлік жүйелер, технологиялық парадигманы экологиялық оңтайландыру.

Nature-like mining technologies as a new scientific direction in the integrated development of the Earth's interior

Abstract. The article, based on the analysis of the formation of irreversible negative environmental consequences in all Geospheres of our planet, in the conditions of the existing technocratic civilization, provides a scientific justification for the need for a wider use of nature-like mining technologies in their convergent form. The formulated biogenic principles for the construction of such technologies should be considered as promising areas for the development of mining technologies, the implementation of which will reduce the technogenic impact on the natural biota to an inevitable level that ensures the possibility of its self-restoration after the development of deposits.

Key words: sustainable development, coevolution of antagonists, nature-like convergent and hybrid technologies, biotechnological principles, natural-technical cluster systems, greening of the technological paradigm.

Введение

Впечатляющие достижения в количественном и качественном развитии Техносферы сопровождаются не менее масштабными и практически неуправляемыми экологическими издержками, в виде быстрого истощения доступных природных ресурсов, спонтанного накопления углекислого газа в атмосфере и невероятного количества самых разнообразных твердых отходов, поступающих в геонамическую среду. В сочетании с постоянным ростом размеров сельскохозяйственных и урбанизированных территорий это выглядит как быстрое и необратимое поглощение Антропосферой всех естественных Геосфер нашей планеты [1–3]. Скорость этого процесса уже значительно превышает возможности естественного восстановления устойчивой биотической и абиотической среды природных экосистем. Действующая технологическая парадигма развития минерально-сырьевого комплекса, как сложная функциональная система, содержит в себе неразрешимое внутреннее противоречие между динамической необходимостью трансформации минерально-сырьевого комплекса, в условиях быстрого изменения горно-геологических условий разработки полезных ископаемых и возможностью преодоления возникающих при этом разнообразных и масштабных экологических последствий. Именно поэтому, привлечение по остаточному принципу огромных материальных и финансовых средств для борьбы с этими последствиями практически никак не сказывается на результатах этой борьбы [4].

Бурное развитие глобального экологического кризиса требуют незамедлительного создания и внедрения экологических технологических систем во всех сферах хозяйственной деятельности.

Экологизация на этой научной основе технологической парадигмы минерально-сырьевого комплекса, как материального и технического базиса современной технократической цивилизации, позволит разрешить обозначенное противоречие путем организации взаимодействия Природы и Техносферы на разработанных в экологической философии акад. Н.Н. Моисеева принципах коэволюции антагонистов [5].

Материалы и методы

В современном мире первостепенное значение приобретает создание дифференцированных методологических подходов и методов решения экологических задач на основе создания технологий, обеспечивающих получение всех необходимых человеку видов продукции в системе ограничений, определяемых условиями сохранения естественной биоты Земли [1–3].

Происходящие в последние годы изменения в общественном сознании неизбежно приводят к «экологизации» мышления во всех сферах человеческой деятельности. Наиболее наглядным отражением этого является постоянно нарастающий интерес к «природоподобным» технологиям, с которыми связывают основные надежды и пер-

спективные пути преодоления глобального экологического кризиса [6]. В самом общем виде, природоподобными следует считать технологии, развитие которых происходит на основе знаний о живой природе. В такой постановке легко обозначить основные типы и виды природоподобных технологий (рис. 1).



Рис. 1. Систематизация содержания понятия природоподобной технологии.

Сурет 1. Табиғи ұқсас технология ұғымының мазмұнын жүйелеу.

Figure 1. Systematization of the content of the concept of nature-like technology.

Основополагающая концепция создания природоподобных горнотехнических систем с новыми экологическими качествами формируется за счет сближения (конвергенции) функциональной структуры этих систем с функциональной структурой систем биологических, которые уже обладают необходимыми нам качествами. Интеллектуальной базой развития этого типа технологий являются знания о законах и принципах формирования, изменения и функционирования естественных биологических систем, а методической основой – элементарная теория устойчивости и бифуркаций в сочетании с положениями гомеостатики [7].

Результаты исследований

Принимая во внимание доказанную в работах [1, 8] высокую степень структурного соответствия схем движения биологического вещества в природных системах и

добытого литосферного вещества в системах горнотехнических, при создании конвергентных технологий можно использовать биологические показатели с заменой их содержательных элементов на соответствующие по смыслу целевые технологические аналоги (таблица 1).

Такая форма конвергенции биологических и технических знаний в технологической системе реализуется на основе теоретических положений гомеостатики о способах поддержания жизненно важных параметров взаимодействующих систем путем управления противоречиями при сохранении постоянства (саморегуляции) внутреннего состояния системы (рис. 2).

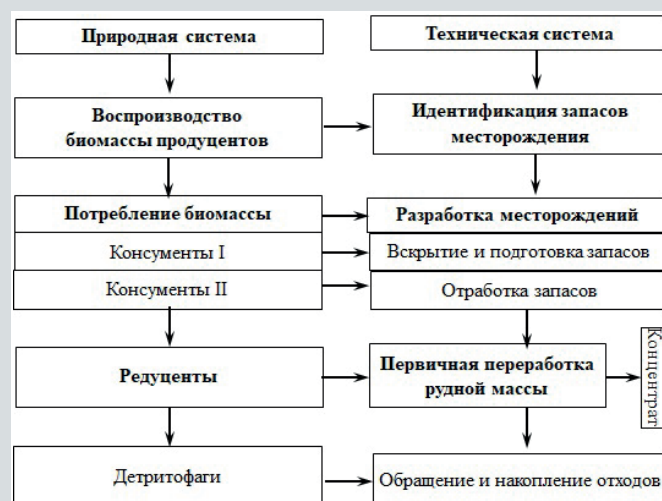


Рис. 2. Схема обращения биомассы и вещества литосферы в природных и технических системах.

Сурет 2. Табиғи және техникалық жүйелердегі биомасса мен литосфера заттарының айналымының схемасы.

Figure 2. Scheme of circulation of biomass and lithosphere matter in natural and technical systems.

На современном уровне знаний считается установленным, что устойчивость биологических систем, даже в тех случаях, когда отдельные их компоненты не устойчивы,

Таблица 1

Содержание смысловой трансформации типов вещества

Кесте 1

Заттар түрлерінің мағыналық түрлену мазмұны

Table 1

Contents of semantic transformation of substance types

	В биосистемах	В техносистемах
1.	Валовая биомасса продуцентов	Ресурсные запасы категории Р _з
2.	Чистая биомасса продуцентов	Ресурсные запасы категории Р ₁
3.	Валовая биомасса консументов	Запасы балансовые и забалансовые
4.	Чистая биомасса консументов	Балансовые запасы всех категорий
5.	Первичная биомасса редуцентов	Добытая горная масса
6.	Чистая биомасса редуцентов	Рудная масса
7.	Валовая биомасса детритофагов	Конечная продукция и отходы первичной переработки
8.	Чистая биомасса детритофагов	Конечная продукция первичной переработки

обеспечивается одновременным пополнением следующих основополагающих принципов [1].

Гомеостатическая трансформация этих принципов в функциональную структуру природно-технических систем освоения недр показана в таблице 2.

Таблица 2

Создание смысловой трансформации принципов функционирования

Кесте 2

Функциялану қазғадаттарының мағыналық түрленуін қалыптастыру

Table 2

Creation of a semantic transformation of the principles of functioning

	В биосистемах	В техносистемах
1.	Однонаправленность эволюции	Превентивность в принятии решений
2.	Замкнутый оборот биологического вещества	Замкнутый цикл обращения вещества литосферы
3.	Пропорциональность продуцированной биомассы длине пищевых цепей	Избирательная выемка полезного ископаемого
4.	Ценотическая иерархия видов	Биологическая толерантность горных технологий к видам – эдификаторам фитоценозов
5.	Соответствие биопродуктивности и плотности потока энергии Солнца	Энергоснабжение горнотехнических систем за счет энергии возобновляемых источников

На этой научной базе впервые сформулированы биотехнологические принципы построения горнотехнических систем, соответствующих по их функциональной структуре системам биологическим.

Принцип превентивности – устранение или минимизация негативного влияния наиболее значимых техногенных факторов до начала массового извлечения вещества литосферы, на основе целенаправленного структурирования во времени и пространстве применяемой горной технологии.

Согласно современным представлениям о литосфере, как сплошной среде с разномасштабными неоднородностями, избыточные напряжения (или их эквивалент – неупругие напряжения) на этих неоднородностях возникают лишь при конечной скорости деформирования во внешнем контуре неоднородности тела и, со временем, самопроизвольно релаксируют [9].

При этом, форма устранения влияния геомеханических факторов реализуется за счет опережающего создания в процессе добычных работ устойчивых объемных несущих

конструкций каркаса. Разделение обрабатываемого участка на выемочные единицы, положение которых в пространстве, а также размеры и форма фиксированы при создании каркасной системы искусственных массивов различного назначения, позволяет реализовать обозначенные выше принципы построения природоподобных горных технологий отработки для каждой выемочной единицы в строгом соответствии с локальными особенностями ее геологического строения (рис. 3).

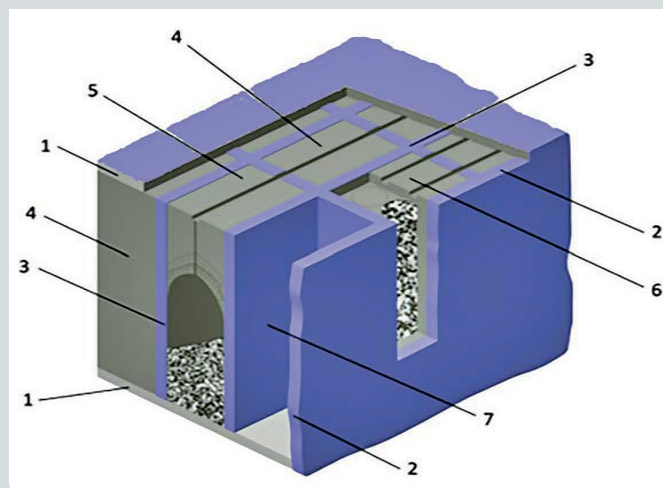


Рис. 3. Принципиальная схема построения и применения «каркасной» горной технологии [1].

Искусственные массивы: 1 – ограждающие горизонтальные и 2 – вертикальные; 3 – разделительные; очистные блоки: 4 – подготовленные, 5 – взрыво-гравитационной и 6 – взрыво-механической геотехнологиями; 7 – отработанные.

Сурет 3. «Қаңқалық» тау-кен технологиясын құру және қолдану принциптік схемасы [1]. Жасанды массивтер: 1 – қоршайтын көлденең және 2 – тік массивтер; 3 – бөлгіш массивтер; тазалау блоктары: 4 – дайындалған, 5 – гравитациялық геотехнология арқылы жару арқылы өндірілетін, 6 – механикалық геотехнология арқылы жару арқылы өндірілетін; 7 – өндіріліп біткен блоктар.

Figure 3. Conceptual Diagram of the Design and Application of the «Framework» Mining Technology [1].

Artificial massifs: 1 – enclosing horizontal and 2 – vertical; 3 – dividing; cleaning blocks: 4 – prepared, 5 – worked by blasting with gravity and 6 – blasting with mechanical geotechnologies; 7 – worked out.

Принцип замкнутого цикла обращения вещества литосферы в процессе освоения недр отражает безотходность функционирования всех природных систем. Возможности реализации этого принципа при подземной разработке рудных месторождений определяются характером использования вещества и структуры принятой горной технологии. В самом общем виде принято выделять две основные ступени замкнутого пространства цикла обращения твердого вещества: непосредственный замкнутый цикл в пределах того же самого производственного про-

цесса; опосредованный замкнутый цикл при временном или пространственном переносе.

Формируемый закладочный массив проходит три ступени изменения агрегатного состояния и трансформируется сначала в жидкопластическую среду, а затем – в вязкую и хрупковязкую. В результате материал закладки полностью теряет подвижность.

Трудоемкие операции по формированию закладочного массива можно устранить, если в качестве закладки использовать частично обезвоженную пульпу в виде спрессованных брикетов, изготавливаемых на поверхности и затем закладываемых в выработанное пространство. В этом случае проблема заключается в поиске наиболее эффективного и экономичного вяжущего материала. Перспективы реализации такого подхода появляются при освоении недр Арктики за счет использования **криогеоресурса** зоны многолетней мерзлоты в качестве вяжущей составляющей, где низкие температуры горных пород (**постоянная геологическая величина**) и наружного воздуха (**переменная климатическая величина**) дают возможность замораживать брикеты с 10%-ной по влажности, на поверхности. Затем, на втором этапе, осуществляется доставка замороженных брикетов и заполнение выработанного пространства. Третий этап – это кольтмация пустот материалом пульпы. Четвертый этап – замораживание двухфазного закладочного материала и формирование вторичного массива многолетнемерзлых пород. На рис. 4 представлена технологическая схема такого типа конвергентной горной технологии с замкнутым циклом обращения твердого вещества [10].

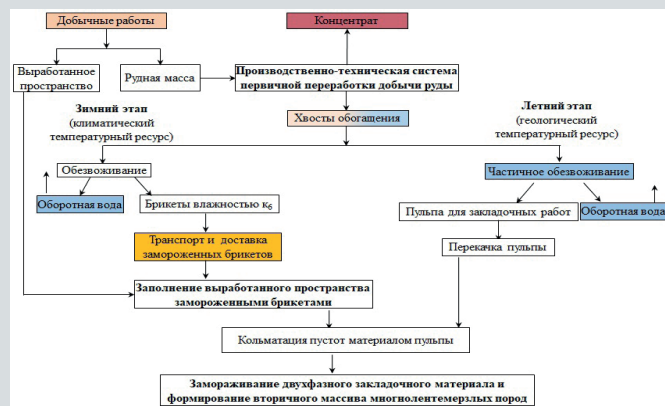


Рис. 4. Технологическая схема конвергентной горной технологии с замкнутым циклом обращения.

Сурет 4. Зат айналымының тұйық циклі бар конвергентті тау-кен технологиясының технологиялық схемасы.

Figure 4. Technological scheme of convergent mining technology with a closed cycle of solid matter circulation in an underground mine.

Такой поход позволяет сохранить неустойчивые экологические системы Арктики за счет ликвидации обширных хвостохранилищ и частично восстановить массив многолетних мерзлых пород.

Принцип избирательности трактуется нами как добыча и выдача на поверхность только полезного ископа-

емого. Избирательная выемка полезного ископаемого, как целевая функция формирования природоподобной горной технологии, является, по сути, технологической реакцией на сложность геологической структуры месторождений [11]. С учетом принципиальных возможностей разделения руды и породы по естественным или искусственно заданным отличительным признакам систематизация способов отделения руды от породы при разработке рудных месторождений примет вид, представленный на рис. 5.



Рис. 5. Систематизация технологий разделения руды и породы при разработке рудных месторождений.

Сурет 5. Рудалы кен орындарын игеру кезінде кен мен жынысты бөлу технологияларын жүйелеу.

Figure 5. Systematization of technologies for separation of ore and rock during the development of ore deposits.

Принцип экологической толерантности – регулирование взаимодействия техно- и биосферы исключительно по биологическим показателям и критериям, отражающим свойства и реакцию естественной биоты на техногенные факторы горного производства.

Процесс техногенного разрушения литосферы при получении необходимых полезных ископаемых порождает разветвленную систему разнообразных воздействий на абиоту и биоту экосистем природно-территориальных комплексов, в пределах которых располагаются добывающие предприятия. При изучении всего комплекса этих вопросов необходимо дифференцированно рассматривать техногенные факторы, как свойство той или иной геотехнологии и воздействие этих факторов – как реакцию конкретной биологической системы, попавшей под его влияние.

Общая структура техногенных факторов, оказывающих влияние на природную среду при ведении горных работ, показана на рис. 6.

Принцип энергобезопасности формулируется как предпочтительное использование энергии естественных возобновляемых источников.

Добыча полезных ископаемых из литосферы является одной из самых энергоемких отраслей хозяйственной деятельности человека. Парадоксальность сложившейся ситуации заключается в том, что, получая практически всю доступную нам энергию за счет весьма энергоемкого разрушения литосферы, основную долю полученной таким образом энергии мы затрачиваем на сам процесс добычи энергоносителей. В перспективе эта доля будет только возрастать по мере увеличения глубины разработки, усложнения структуры осваиваемых месторождений и снижения их географической и экономической доступности.



Рис. 6. Систематизация техногенных факторов горного производства по [1].

Сурет 6. Тау-кен өндірісінің техногендік факторларын жүйелеу [1] бойынша.

Figure 6. Systematization of technogenic factors of mining production.

Результаты выполненных аналитических исследований позволили сформировать концепцию технологической стратегии использования минеральных ресурсов литосферы в режиме предупреждения развития кризисных явлений (рис. 7).

В рамках этой концепции реализация сформулированных биотехнологических принципов формирования конвергентных горных технологий позволяет устранить локальные противоречия за счет баланса уровня воздействия с естественной устойчивостью биоты, а также определить исполнительную структуру основного объекта технологических исследований.

Тогда структура природно-технической системы освоения месторождения трансформируется в сложную кластерную систему, состоящую из двух полиобъектных кластеров – исполнительного и управляющего (рис. 8).

Исполнительная, в нашем случае – техническая, составляющая реализует основную функцию системы – добычу полезного ископаемого, а управляющая – регулирует ее проведение с учетом изменяющихся условий среды и требований сохранения естественной биоты Земли. Отсюда с очевидностью следует, что функциональная эффективность технической составляющей в общей системе всегда будет определяться характером взаимодействия природного и технического кластеров по критериям экологической безопасности применяемых технологий.

Учитывая многообразие и сложность структуры различных геологических типов месторождений полезных ископаемых, целесообразно последовательно замещать существующие горные технологии конвергентными, начиная с реализации отдельных биотехнологических принципов, постепенно приближаясь в идеале к реализации одновременного выполнения комплексной проблемы – парировать негативное воздействие на окружающий нас природный мир.

Выводы

Природоподобные технологии в форме конвергентных горных технологий можно считать безальтернативной

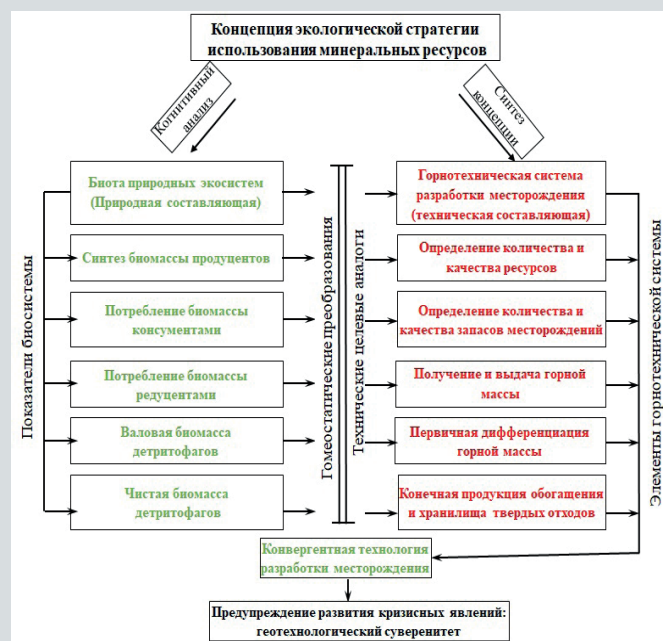


Рис. 7. Концепция технологической стратегии освоения недр.

Сурет 7. Жер қойнауын игерудің технологиялық стратегиясы тұжырымдамасы.

Figure 7. Concept of technological strategy for subsoil development.

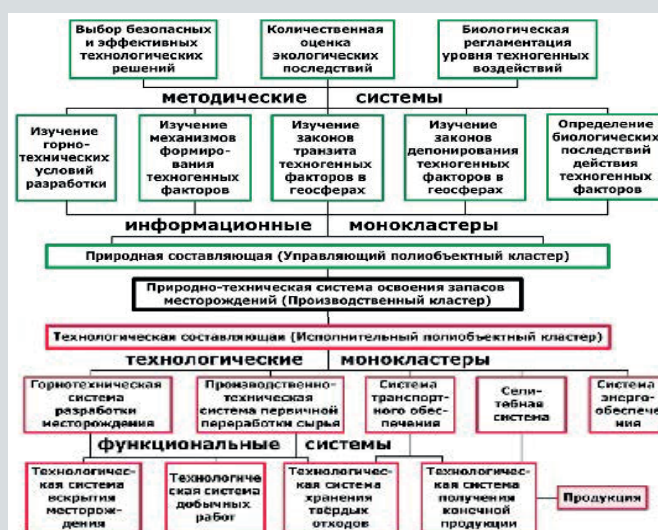


Рис. 8. Схема функциональной структуры природно-технической системы освоения запасов месторождений.

Сурет 8. Кен орындарының қорларын игеру бойынша табиғи-техникалық жүйенің функционалдық құрылымының схемасы.

Figure 8. Scheme of the functional structure of the natural-technical system for development of deposit reserves.

перспективой модернизации технологической парадигмы минерально-сырьевого комплекса при реализации глобальной концепции устойчивого развития.

Сформулированные биогенные принципы построения таких технологий следует рассматривать как

перспективные направления развития горных технологий, реализация которых позволит снизить техногенное воздействие на естественную биоту до неиз-

бежного уровня, обеспечивающего возможность ее самовосстановления после отработки запасов месторождений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Трубецкой К.Н., Галченко Ю.П. Природоподобная технология комплексного освоения недр – проблемы и перспективы: М.: ООО «Научтехлитиздат», 2020. 368 с. (на русском языке)
2. Стоимость производства возобновляемой энергии в 2021 году. (Июль 2022 г.). Прогноз мировой энергетики 2024. <https://www.iea.org/data-and-statistics> (на английском языке).
3. Jose S., Kokko A., Onifade M., Nurmi P. Движение к устойчивому развитию: появление экологически чистых технологий и методов добычи полезных ископаемых // Research Gate. 2024. 22 с. (на английском языке)
4. Gohen M.N., Coelho V.N. Оперативное планирование открытых горных работ с использованием многоагентных систем // Procedia Computer Science. 2021. Т. 192. С. 1677–1686 (на английском языке)
5. XXXII Моисеевские чтения – научно-практическая конференция «Система «УЧИТЕЛЬ» академика Н.Н. Моисеева и современная историческая обстановка: Философские, эколого-политологические и педагогические основания для научного анализа», Москва: РАН, 5–7 марта 2025 (на русском языке)
6. Ковальчук М.В., Нарайкин О.С. Природоподобные технологии – новые возможности и новые угрозы // Индекс безопасности. 2017. № 3–4 (118–119). Т. 22. С. 103–108 (на русском языке)
7. Горский Ю.М., Степанов А.М., Теслинов А.Г. Гомеостатика: гармония в игре противоречий: Иркутск: Репроцентр AI, 2008. 634 с. (на русском языке)
8. Одум Ю. Экология: М.: Мир, 1986. Т. 1. 328 с. (на русском языке)
9. Умаров А.Р., Еременко В.А. Развитие вторичного поля напряжений в условиях применения каркасной горной конструкции // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2023. № 4. С. 22–27 (на русском языке)
10. Калабин Г.В., Галченко Ю.П., Хачатрян К.С. Теплообменные процессы восстановления массива многолетней мерзлоты из отходов обогащения при освоении недр // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2022. № 5. С. 70–78 (на русском языке)
11. Hodge R.A., Ericsson M., Lof O. et al. Глобальная горнодобывающая промышленность: корпоративный профиль, сложность и изменения // Mineral Economics. 2022. Т. 35. Вып. 3–4. С. 587–606 (на английском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Трубецкой К.Н., Галченко Ю.П. Жер қойнауын кешенді игерудің табиғи ұқсас технологиясы: мәселелер мен перспективалар: М.: «Научтехлитиздат» ЖШҚ, 2020. 368 б. (орыс тілінде)
2. 2021 жылы жаңартылатын энергияны өндіру құны (2022 ж. шілде). 2024 жылға арналған әлемдік энергетикалық болжам. <https://www.iea.org/data-and-statistics> (ағылшын тілінде)
3. Jose S., Kokko A., Onifade M., Nurmi P. Тұрақтылыққа қарай ілгерілеу: жасыл тау-кен технологиялары мен тәжірибелерінің пайда болуы // Research Gate. 2024. 22 б. (ағылшын тілінде)
4. Gohen M.N., Coelho V.N. Ашық тәсілмен кен өндіруді жоспарлау: көп агентті жүйелерді қолдану // Procedia Computer Science. 2021. Т. 192. Б. 1677–1686 (ағылшын тілінде)
5. XXXII Моисеев оқулары – ғылыми-практикалық конференция «Академик Н.Н. Моисеевтің «ҰСТАЗ» жүйесі және қазіргі тарихи жағдай: ғылыми талдау үшін философиялық, экологиялық-саяси және педагогикалық негіздер», Мәскеу: Ресей Ғылым академиясы, 5–7 наурыз 2025 ж. (орыс тілінде)
6. Ковальчук М.В., Нарайкин О.С. Табиғи ұқсас технологиялар – жаңа мүмкіндіктер мен жаңа қатерлер // Қауіпсіздік индексі. 2017. № 3–4 (118–119). Т. 22. Б. 103–108 (орыс тілінде)
7. Горский Ю.М., Степанов А.М., Теслинов А.Г. Гомеостатика: қайшылықтар ойынындағы үйлесім: Иркутск: «Репроцентр AI», 2008. 634 б. (орыс тілінде)
8. Одум Ю. Экология: М.: «Мир», 1986. Т.1. 328 б. (орыс тілінде)
9. Умаров А.Р., Еременко В.А. Қаңқалық тау-кен құрылымын қолдану жағдайында екінші ретті кернеу өрісінің дамуы // Тау-кен ақпараттық-талдамалық бюллетені. 2023. № 4. Б. 22–27 (орыс тілінде)
10. Калабин Г.В., Галченко Ю.П., Хачатрян К.С. Қалдықтарды пайдалану арқылы мәңгі тоң массивтерін қалпына келтірудегі жылу алмасу процестері // Пайдалы қазбаларды игерудің физика-техникалық мәселелері. 2022. № 5. Б. 70–78 (орыс тілінде)
11. Hodge R.A., Ericsson M., Lof O. және басқалар. Әлемдік тау-кен өнеркәсібі: корпоративтік бейне, күрделілік және өзгеріс // Mineral Economics. 2022. Т. 35. № 3–4. Б. 587–606 (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Trubetskoy K.N., Galchenko Yu.P. *Prirodopodobnaya tekhnologiya kompleksnogo osvoeniya nedr – problemy i perspektivy* [Nature-like Technology for Integrated Subsoil Development: Problems and Prospects], Moscow: «Nauchtekhizdat» OOO, 2020. 368 p. (in Russian)
2. Renewable Power Generation Costs in 2021 (July 2022). *World Energy Outlook 2024*. <https://www.iea.org/data-and-statistics> (in English)
3. Jose S., Kokko A., Onifade M., Nurmi P. *Advancing toward sustainability: The emergence of green mining technologies and practices* // ResearchGate. 2024. 22 p. (in English)
4. Gohen M.N., Coelho V.N. *Open pit mining operational planning using Multi-Agent Systems* // *Procedia Computer Science*. 2021. V. 192. 1677–1686 pp. (in English)
5. XXXII Moiseevskie chteniya – nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Sistema «UChITEL'» akademika N.N. Moiseeva i sovremennaya istoricheskaya obstanovka: Filosofskie, ekologo-politologicheskie i pedagogicheskie osnovaniya dlya nauchnogo analiza» [XXXII Moiseev Readings – Scientific and Practical Conference «Academician N.N. Moiseev's 'TEACHER' System and the Current Historical Situation: Philosophical, Ecological, Political Science, and Pedagogical Foundations for Scientific Analysis»], Moscow: RAN, March 5–7, 2025 (in Russian)
6. Kovalchuk M.V., Naraykin O.S. *Prirodopodobnye tekhnologii – novye vozmozhnosti i novye ugrozy* [Nature-like Technologies – New Opportunities and New Threats], *Indeks bezopasnosti* [Security Index]. 2017. No. 3–4 (118–119). V. 22. 103–108 pp. (in Russian)
7. Gorsky Yu.M., Stepanov A.M., Teslinov A.G. *Gomeostatika: garmoniya v igre protivorechii* [Homeostatics: Harmony in the Game of Contradictions], Irkutsk: Reprocenter AI, 2008. 634 p. (in Russian)
8. Odum Yu. *Ekologiya* [Ecology], Moscow: Mir, 1986. V. 1. 328 p. (in Russian)
9. Umarov A.R., Eremenko V.A. *Razvitie vtorichnogo polya napryazhenii v usloviyakh primeneniya karkasnoi gornoi konstruksii* [Development of Secondary Stress Fields under the Use of Frame Mining Structures], *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'* [Mining Information and Analytical Bulletin]. 2023. No. 4. 22–27 pp. (in Russian)
10. Kalabin G.V., Galchenko Yu.P., Khachatryan K.S. *Teploobmennye protsessy vosstanovleniya massiva mnogoletnei merzloty iz otkhodov obogashcheniya pri osvoenii nedr* [Heat Exchange Processes for the Restoration of Permafrost Massifs from Processing Waste in Subsoil Development], *Fiziko-tekhnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh* [Physical and Technical Problems of Mineral Mining]. 2022. No. 5. 70–78 pp. (in Russian)
11. Hodge R.A., Ericsson M., Lof O. et al. *The Global Mining Industry: Corporate Profile, Complexity, and Change* // *Mineral Economics*. 2022. V. 35. Issue 3–4. 587–606 pp. (in English)

Сведения об авторах:

Трубецкой К.Н., академик РАН, главный научный сотрудник ИПКОН им. акад. Н.В. Мельникова РАН (г. Москва, Россия), ipkon-dir@ipkonran.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9246-638X>

Галченко Ю.П., проф., д.т.н., главный научный сотрудник ИПКОН им. акад. Н.В. Мельникова РАН (г. Москва, Россия), schtrek33@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3776-0292>

Калабин Г.В., проф., д.т.н., главный научный сотрудник ИПКОН им. акад. Н.В. Мельникова РАН (г. Москва, Россия), kalabin.g@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-0081-187X>

Битимбаев М.Ж., профессор, д.т.н., главный научный сотрудник ИГН им. акад. К.И. Сатпаева (г. Алматы, Казахстан), mbitimbayev@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0870-8591>

Авторлар туралы мәліметтер:

Трубецкой К.Н., Ресей Ғылым академиясының академигі, Н.В. Мельников атындағы Әлеуметтік-экономикалық мәселелер институтының бас ғылыми қызметкері (Мәскеу қ., Ресей)

Галченко Ю.П., профессор, т.ғ.д., Н.В. Мельников атындағы Әлеуметтік-экономикалық мәселелер институтының бас ғылыми қызметкері (Мәскеу қ., Ресей)

Калабин Г.В., профессор, т.ғ.д., Н.В. Мельников атындағы Әлеуметтік-экономикалық мәселелер институтының бас ғылыми қызметкері (Мәскеу қ., Ресей)

Битимбаев М.Ж., профессор, т.ғ.д., К.И. Сәтбаев атындағы Мемлекеттік ғылыми-зерттеу институтының бас ғылыми қызметкері (Алматы қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Trubetskoy K.N., Academician of the Russian Academy of Sciences, Chief Researcher at the Melnikov Institute of Socio-Economics of the Russian Academy of Sciences (Moscow, Russia)

Galchenko Yu.P., Professor, Doctor of Engineering Sciences, Chief Researcher at the Melnikov Institute of Socio-Economics of the Russian Academy of Sciences (Moscow, Russia)

Kalabin G.V., Professor, Doctor of Engineering Sciences, Chief Researcher at the Melnikov Institute of Socio-Economics of the Russian Academy of Sciences (Moscow, Russia)

Bitimbayev M.Zh., Professor, Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher at the Institute of State Research named after Academician K.I. Satpayev (Almaty, Kazakhstan)