ОБОСНОВАНИЕ ПАРАДИГМЫ РАЗВИТИЯ ГЕОТЕХНОЛОГИИ И ГОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ГОРНО-СТРОИТЕЛЬНУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В УСЛОВИЯХ АРКТИКИ

А.З. Варта́нов, Ю.П. Галченко, Г.В. Калабин, И.В. Петров, А.В. Федаш

*Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова
Российской академии наук (ИПКОН РАН), 111020, г. Москва, Крюковский тупик, д. 4*

Предмет исследования: крупномасштабная программа освоения арктических территорий требует возведения гражданских и промышленных объектов, использования широкого круга пространственных ресурсов, в том числе ресурсов пространства недр. Горно-строительная и горнодобывающая деятельность характеризуется значительными угрозами, обусловленными рисками последствий техногенного воздействия на биоту Арктики при значительной уязвимости машин и оборудования от воздействия низких температур, что требует использования специальных строительных геотехнологий и кадров, обладающих соответствующими компетенциями. При этом тяжелые климатические условия требуют использования высокопроизводительной техники для минимизации участия работников в производственном процессе.

Цели: для эффективного осуществления горно-строительной и горнодобывающей деятельности на арктических территориях необходимо путем консолидации усилий академической науки и отраслей промышленности в условиях импортозамещения формирование новой отрасли тяжелого машиностроения и обеспечивающих производств, учитывающих специфику криолитозоны, а также создание новых геотехнологий, позволяющих коренным образом изменить характер и интенсивность техногенного разрушения биомов арктической зоны России.

Материалы и методы: в основу исследования положены нормативно-правовые документы, регламентирующие освоение Арктики, а также идеология создания «зеленых» высокопроизводительных геотехнологий на базе идей гомеостатической трансформации (реализации) в техносфере принципов функционирования биологических систем и использования температурного ресурса их абиоты для сохранения уязвимых и малопродуктивных биологических сообществ арктической зоны.

Результаты и выводы: проведенный комплекс исследований позволил сформулировать технокологический методический подход к обоснованию параметров высокопроизводительных геотехнологий, машин и оборудования, обеспечивающих горно-строительную деятельность и добычу полезных ископаемых в условиях Арктики.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: комплексное освоение недр, строительство, использование подземного пространства, Арктика, экология, биота, геотехнологии, горное машиностроение, импортозамещение, техногенное воздействие, криолитозона, высокопроизводительные рабочие места, конвергентные геотехнологии

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Варта́нов А.З., Галченко Ю.П., Калабин Г.В., Петров И.В., Федаш А.В. Обоснование парадигмы развития геотехнологии и горного оборудования, обеспечивающих горно-строительную деятельность в условиях Арктики // Вестник МГСУ. 2018. Т. 13. Вып. 2 (113). С. 240–248.

RATIONALE FOR THE PARADIGM OF DEVELOPMENT OF GEOTECHNOLOGY AND MINING EQUIPMENT THAT PROVIDE FOR MINING AND CONSTRUCTION ACTIVITIES IN THE ARCTIC

A.Z. Vartanov, Yu.P. Galchenko, G.V. Kalabin, I.V. Petrov, A.V. Fedas

*Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources Russian Academy of Sciences (ICEMR RAS),
4 Kryukovsky pereulok, Moscow, 111020, Russian Federation*

Subject: a large-scale program for development of the Arctic territories requires construction of civil and industrial facilities, the use of a wide range of spatial resources, including the subsoil resources. Construction and mining activities are characterized by significant threats due to the risks of consequences of technogenic impact on the biota of the Arctic, given the considerable vulnerability of machinery and equipment to low temperatures, which requires the use of special construction geotechnologies and personnel with appropriate competencies. At the same time, severe climatic conditions require the use of high-performance equipment to minimize the participation of workers in the production process.

Research objectives: for effective implementation of construction and mining activities in the Arctic territories, it is necessary, through consolidation of the efforts of academic science and industries and under conditions of import substitution, to provide for formation of a new branch of heavy machinery industry and supporting industries that take into account the specificity of the cryolithozone, and provide for creation of new geotechnologies that allow us to radically change the nature and intensity

of technogenic destruction of biomes of the Arctic zone of Russia.

Materials and methods: our research is based on normative and legislative documents regulating the development of the Arctic, as well as on the ideology of creating “green” high-performance geotechnologies. This ideology is based on the ideas of homeostatic transformation (realization) in the technosphere of the principles of the functioning of biological systems and the use of temperature resource of their abiota for preservation of vulnerable and unproductive biological communities of the Arctic zone.

Results: the conducted series of studies allowed us to formulate the techno-ecological and methodological approaches to justification of parameters of high-performance geotechnologies, machines and equipment that provide for construction activities and mining operations in the Arctic.

KEY WORDS: comprehensive development of subsoil, construction, use of underground space, Arctic, ecology, biota, geotechnology, mining engineering, import substitution, technogenic impact, cryolithozone, high-performance jobs, substitutable geotechnologies

FOR CITATION: Vartanov A.Z., Galchenko Yu.P., Kalabin G.V., Petrov I.V., Fedas A.V. Obosnovanie paradigmy razvitiya geotekhnologii i gornogo oborudovaniya, obespechivayuschikh gorno-stroitel'nyuyu deyatel'nost' v usloviyakh Arktiki [Rationale for the paradigm of development of geotechnology and mining equipment that provide for mining and construction activities in the Arctic]. Vestnik MGSU [Proceedings of the Moscow State University of Civil Engineering]. 2018, vol. 13, issue 2 (113), pp. 240–248.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие арктических территорий осуществляется в соответствии с «Основами государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 г. и дальнейшую перспективу», «Стратегией развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 г.», государственной программой «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации на период до 2020 года» и рядом других регламентирующих документов¹. В 2017 г. принята обновленная редакция государственной программы. Она продлена до 2025 г. и включает в себя этапы 2018–2020 и 2021–2025 гг. Общий объем финансирования из федерального бюджета закреплён на уровне 190 млрд руб. Госпрограмма включает три подпрограммы: «Формирование опорных зон развития и обеспечение их функционирования, создание условий для ускоренного социально-экономического развития Арктической зоны Российской Федерации», «Развитие Северного морского пути и обеспечение судоходства в Арктике», «Создание оборудования и технологий нефтегазового и промышленного машиностроения, необходимых для освоения минерально-сырьевых ресурсов Арктической зоны Российской Федерации».

¹ Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу: утвержденный Президентом Российской Федерации Дмитрием Медведевым 18 сентября 2008 г.

Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года: утв. Президентом Российской Федерации.

Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации: гос. программа, утв. постановлением Правительства от 21 апреля 2014 года № 366.

Вся деятельность государства направлена на переход с этапа освоения к комплексному и устойчивому развитию территорий при обеспечении экономической эффективности реализуемых проектов и сохранения окружающей среды. Для достижения поставленной цели необходимо формирование нового методического подхода к обоснованию принципов инновационного развития и новых методов выбора параметров высокопроизводительных геотехнологий, машин и оборудования, обеспечивающих горно-строительную и горнодобывающую деятельность в условиях Арктики. Это возможно путем обоснования перспективной парадигмы развития геотехнологии и горного оборудования, обеспечивающих горно-строительную деятельность в арктической зоне [1].

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Идея создания «природоподобных» геотехнологий в самом общем виде была определена еще академиком В.И. Вернадским, который впервые обозначил проблему взаимосвязанного развития производства и природы в границах ноосферы. Развивая эти идеи применительно к проблемам формирования минерально-сырьевого базиса развития Арктики и опираясь на гипотезу о том, что уровень безопасности техногенных геосистем по отношению к системам биологическим пропорционален степени единообразия основополагающих принципов функционирования обеих систем, можно легко адаптировать к этим условиям известное понятие «природоподобные» (конвергентные) технологии и, двигаясь по пути синтеза таких технологий, обеспечить комплексное освоение земных недр без необратимых экологических последствий [2].

Очевидно, что сегодня практически безальтернативным способом модернизации энергетической базы технократической цивилизации являет-

ся развитие методов эффективного хозяйственного использования природных возобновляемых источников энергии. В каждой сфере хозяйственной деятельности это развитие будет иметь специфику, связанную с особенностями и характером реализуемых технологических процессов. Исследования по данной теме (применительно к разработке месторождений твердых полезных ископаемых) ведутся в Институте проблем комплексного освоения недр РАН [3].

В настоящее время сформировалась геотехнологическая парадигма развития комплексного освоения недр в арктической зоне России, которая может быть основой, в том числе и для горно-строительной деятельности [4]. Этих же подходов придерживаются зарубежные авторы [5].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для определения параметров геотехнологий, машин и оборудования, обеспечивающих горно-строительную деятельность в условиях Арктики, необходимо ориентироваться не только на выявляемые требования к оборудованию, но и возможности российских предприятий тяжелого машиностроения. Это позволит сформировать перечень критических технологий, определить ближайшую перспективу создания высокопроизводительных рабочих мест и выбрать наилучшие доступные технологии, соответствующие арктическим условиям.

К числу основных задач, реализация которых необходима для достижения указанной цели, относятся:

1. Систематизация технологических проблем горнопромышленного освоения Арктики на основе анализа состояния минерально-сырьевой базы полезных ископаемых и условий и требований к осуществлению строительной деятельности.
2. Формирование перечня критических технологий горнопромышленного освоения Арктики, обеспечивающих создание высокопроизводительных рабочих мест и использование наилучших доступных технологий строительства, добычи и переработки полезных ископаемых в условиях импортозамещения.
3. Формирование основных параметров под отрасли тяжелого машиностроения, обеспечивающей выпуск машин и оборудования для строительных и горных работ для условий арктического региона на основе анализа природных климатических, географических и горно-геологических условий освоения разведанных и перспективных месторождений Арктики.
4. Обоснование первоочередного перечня систем и оборудования, обеспечивающих горно-строительную деятельность в условиях Арктики.
5. Возобновление выпуска высокоэффективного оборудования для разработки жильных ме-

сторождений, не имеющего аналогов в мировой практике.

6. Формирование организационно-экономического механизма государственной поддержки фундаментальных и прикладных научных исследований, направленных на обеспечение импортонезависимости предприятий отраслей тяжелого машиностроения, в том числе по оказанию услуг в области программного обеспечения горностроительной деятельности и цифровизации, участвующих в программах освоения арктических территорий.

7. Разработка пилотной версии технических требований к системам и оборудованию гражданского назначения для работы в условиях Арктики, и согласование с заинтересованными ведомствами.

8. Разработка дорожной карты формирования и развития отрасли горнопромышленного машиностроения для обеспечения горно-строительной деятельности в условиях Арктики.

9. Разработка и обоснование мероприятий и подпрограмм программы создания, унификации и типизации систем и оборудования для обеспечения горно-строительной деятельности в условиях Арктики [6].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Развитие арктических территорий в первую очередь обусловлено необходимостью комплексного освоения минерально-сырьевых ресурсов, в том числе в шельфовой зоне, обеспечения функционирования Северного морского пути, охраны государственной границы и ресурсов исключительной экономической зоны России. При этом следует учитывать, что одной из задач подпрограммы «Формирование опорных зон развития и обеспечение их функционирования, создание условий для ускоренного социально-экономического развития арктической зоны Российской Федерации» государственной программы Российской Федерации «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации» является обеспечение безопасности зданий и сооружений в районах опасных геокриологических процессов опорных зон развития арктической зоны РФ [7].

Важно отметить, что формирование опорных зон развития Арктики предусматривает подход к развитию территории как целостного проекта по принципу обеспечения взаимоувязки всех отраслевых мероприятий на этапах планирования, целеполагания, финансирования и реализации, что позволит сократить все виды затрат и издержек. При этом все зоны будут увязывать проекты как регионального, так и федерального значения, а в случае с Северным морским путем, добычей природных ресурсов — часто и международного уровня. Имеются все основания предполагать, что наиболее успеш-

ные проекты в арктической зоне будут оказывать влияние на рост темпов развития страны в целом. Вся деятельность государства направлена на переход с этапа освоения к комплексному и устойчивому развитию территорий при обеспечении экономической эффективности реализуемых проектов и сохранения окружающей среды.

Специфические климатические условия региона и наличие толщи многолетнемерзлых пород делают необходимым определение особых требований как к применяемым геотехнологиям, так и к горному оборудованию и строительной технике для развития минерально-сырьевого комплекса посредством горно-строительной и эксплуатационной деятельности. Анализ современного состояния сырьевой базы и ландшафтно-геологических условий региона позволит составить системное представление о применимости геотехнологий в условиях развития регионов и разработки перспективных и действующих месторождений полезных ископаемых, о потребности в строительных машинах, оборудовании и материалах, соответствующих выявляемым требованиям.

Специфические условия освоения пространства и минеральных ресурсов Арктики в условиях постоянного ужесточения экологических требований связаны с острой необходимостью продвижения принципиально новых идей как в области комплексного освоения недр этого региона, так и в сфере развития горно-строительного машиностроения для обеспечения эффективности и экологической безопасности промышленной деятельности.

Формирование на этой основе перечня критических горно-строительных технологий для каждого геологического типа месторождений и условий территорий позволит определить количественную и качественную перспективу создания высокопроизводительных рабочих мест и выбрать наилучшие доступные технологии геоизысканий, защиты окружающей среды и создания комфортных условий проживания с обеспечением разработки месторождений и переработки сырья с учетом ограничений экологического императива и импортозамещения.

В методологическом плане это означает, что требования по сохранению природной среды при освоении недр надо предъявлять не к отдельным технологическим процессам, а комплексно — они должны быть заложены в основу общей парадигмы построения геотехнологий таким образом, чтобы экологическая безопасность стала неотъемлемым свойством геотехнологии. При этом основные положения такой парадигмы не должны вступать в противоречие с естественными законами функционирования биологических систем, являющихся объектами экологической защиты.

Анализ и систематизация требований перспективных и доступных геотехнологий разработки каждого геологического типа месторождений позволит

составить первоочередную номенклатуру машин для основных процессов строительных, добычных и проходческих работ, а также необходимый перечень оборудования для вспомогательных процессов производственного цикла.

Результатом этого этапа работы является формирование общих принципов и параметров геотехнологий, машин и оборудования, обеспечивающих горно-строительную деятельность и определяющих специфическую подотрасль тяжелого машиностроения в той ее части, которая будет обеспечивать возможность безопасного и эффективного освоения арктического региона России.

Параметры и организационно-экономические механизмы обеспечения данной подотрасли могут быть определены только на основе детального анализа существующего и частично предыдущего опыта проектирования горного и строительного оборудования, его экспериментальных и промышленных испытаний и постановки на серийное производство с учетом потенциальной потребности в этом оборудовании [8, 9].

Разработка пилотных версий технических требований к создаваемым машинам и оборудованию потребует углубленного анализа функциональной структуры перспективных доступных геотехнологий с учетом специфических требований и ограничений, отражающих особенности эксплуатации оборудования при низких температурах на поверхности и в многолетнемерзлых массивах при подземных горных работах.

Для достижения этой цели необходима разработка дорожной карты формирования и развития на среднесрочную и долгосрочную перспективу специализированной подотрасли горнопромышленного машиностроения, необходимой для обеспечения экологически сбалансированной, безопасной и эффективной деятельности по строительству гражданских и промышленных объектов, обеспечивающих эксплуатацию месторождений открытым, подземным или комбинированным способом в сочетании с первичной переработкой сырья не только в условиях Арктики, но и на всей территории криолитозоны нашей страны [10–12].

Систематизация технологических проблем горно-строительной деятельности в условиях Арктики проводится исходя из вариантов геологического строения эксплуатируемых и перспективных месторождений, исследуемых с использованием данных дистанционного зондирования Земли для изучения геомеханических и геофизических процессов с формированием цифровых территориальных моделей [13], это могут быть:

- обширные мощные залежи на глубинах от нескольких десятков до первых тысяч метров;
- комплекс вертикальных трубообразных рудных образований, локализованный на ограниченной территории;

- маломасштабные жильные месторождения руд цветных, редких и драгоценных металлов, рассредоточенные практически по всей территории, занятой многолетней мерзлотой (вся территория криолитозоны);

- россыпные месторождения алмазов, редких и драгоценных металлов.

Систематизацию целесообразно осуществлять на основе следующих ранее проведенных и планируемых исследований:

- обоснование содержания понятия арктического региона как географического и литосферного объекта;

- анализ общей структуры минерально-сырьевой базы и территориальных кластеров арктического региона;

- систематизация социально-экономических, природно-климатических, горно-геологических и горнотехнических условий;

- систематизация экологических ограничений, связанных с реализацией Экологической доктрины РФ в арктическом регионе с учетом прогноза международной активности в этой сфере [14].

Формирование перечня критических технологий горнопромышленного освоения Арктики будет осуществляться исходя из вариантов геологического строения эксплуатируемых и перспективных месторождений с детальной проработкой и обоснованием следующих позиций:

- создание высокопроизводительных рабочих мест в рамках решения региональных проблем занятости населения [15];

- использование наилучших доступных геотехнологий, машин и оборудования с учетом их максимальной локализации без отказа от международной кооперации. Для этого необходимо ориентироваться на потенциал кооперации и объединения ресурсов в рамках евразийского экономического сотрудничества, БРИКС и ШОС [16].

На основе результатов анализа структуры и особенностей строения минерально-сырьевой базы арктического региона, включая криолитозону, определяются следующие общие характеристики отрасли тяжелого машиностроения для условий Арктики: параметры специализации и концентрации отраслевого производства; параметры интенсификации отраслевого производства; параметры организационной структуры отраслевого производства.

При обосновании первоочередного перечня машин и оборудования наиболее детально прорабатывается следующие позиции:

- транспортабельность оборудования в условиях малоосвоенных территорий Арктики;

- полное импортозамещение по комплектующим;
- отсутствие функциональных аналогов в машиностроительной продукции общего назначения.

Для практической реализации предложенной новой парадигмы создания природноподобных гео-

технологий, защищенных патентами на изобретение, требуется создание специализированных машин и оборудования.

Выбор и обоснование параметров развития рассматриваемой подотрасли горнопромышленного машиностроения на среднюю и долгосрочную перспективу следует осуществлять исходя из следующих параметров:

- планируемых видов и объемов добычи и переработки полезных ископаемых;

- способа разработки месторождения и вариантов возможного использования наилучших доступных геотехнологий;

- срока отработки месторождений;

- состояния транспортных и энергетических коммуникаций территории размещения месторождения и необходимых объемов горно-строительных работ;

- планируемой численности привлекаемых работников и членов их семьи с обоснованием объемов гражданского строительства;

- реализуемых инфраструктурных социальных проектов.

Технические требования к машинам, механизмам и оборудованию должны включать в себя набор требований:

- обязательных: безопасность применения в условиях Арктики; производительность, не уступающая уровню существующих аналогов (при их наличии); обеспечение энергосбережения в условиях малоосвоенных территорий; модульная компоновка оборудования с учетом взаимозаменяемости; утилизированность;

- дополнительных: патентная чистота на стадии изготовления; соответствие эргономическим и эстетическим требованиям; подготовка новых патентов; кадровое обеспечение для монтажа/демонтажа и эксплуатации.

Дорожная карта формирования и развития подотрасли горнопромышленного машиностроения для обеспечения горно-строительной деятельности в условиях Арктики создается с целью обеспечения информационной поддержки процесса принятия управленческих решений и представляет собой пошаговый сценарий ее развития в соответствии с динамикой освоения территорий и минерально-сырьевой базы арктического региона. Дорожная карта может дополняться комплексным планом научных исследований в области геотехнологий освоения арктических территорий, а также программой кадрового обеспечения с обоснованием создания соответствующих научно образовательных центров [17, 18].

В соответствии с выявленными приоритетами можно выделить наиболее эффективные инновационные направления развития горно-строительных технологий:

- использование унифицированных сборочных единиц для создания машин различного назначения, основанных на принципе агрегирования (блоч-

ности), которые отличаются высокой ремонтпригодностью;

- повышение технологичности изготовления машин и ускорение процесса их производства за счет освоения и внедрения аддитивных технологий;
- использование технологий нанесения порошковых композиционных материалов при организации ремонтных работ, что принципиально увеличивает срок износа металлических поверхностей в машинах и оборудовании, работающих в тяжелых эксплуатационных условиях подземных горных работ;
- использование местных цеолитовых пород в качестве минеральной добавки к молотому цементному клинкеру для бетонных и закладочных работ;
- использование природного температурного ресурса региона: применения воды в качестве вяжущего материала при размещении твердых отходов в подземном пространстве горных предприятий; при переходе от открытого способа разработки на подземной, с целью решения геомеханических проблем и изоляции карьерного пространства от подземной рудничной атмосферы; при проектировании свайных технологий; разработке новых теплоизоляционных строительных материалов максимально использующих региональные сырьевые ресурсы [19].

ВЫВОДЫ

Представлен методический подход к обоснованию параметров геотехнологий, машин и оборудования, обеспечивающий горно-строительную деятельность в условиях Арктики, который базируется на парадигме георесурсного приоритета развития с учетом обеспечения благоприятной среды обитания и сохранения арктического биоценоза и является основной для проектного управления программами инвестиционного развития предприятий,

осуществляющих производственно-хозяйственную деятельность в условиях криолитозоны.

Сформулирована необходимость создания высокопроизводительных рабочих мест и выбора наилучших доступных горно-строительных технологий для арктических условий. Показано, что в специфических условиях освоения пространства и минеральных ресурсов Арктики и постоянного ужесточения экологических требований необходимы принципиально новые идеи как в области комплексного освоения недр этого региона, так и в сфере развития горно-строительного машиностроения для обеспечения эффективности и экологической безопасности промышленной деятельности.

Предложено осуществлять определение параметров систем и оборудования на основе анализа техногенной эволюции литосферы как первопричины всех экологически значимых факторов при формировании и развитии природно-технических систем освоения недр в криолитозоне, что позволит разработать специальные геотехнологии (системы и конструкции, горные машины, оборудование), обеспечивающие сохранность и самовосстановление низкопродуктивных экосистем. В основе новой парадигмы создания геотехнологий лежит идея замкнутого обращения твердого вещества в процессе строительной деятельности и разработки месторождений.

Дано обоснование использования перспективной парадигмы развития «природоподобных» (конвергентных) технологий, в которых уровень безопасности техногенных систем по отношению к системам биологическим пропорционален степени единообразия основополагающих принципов функционирования обеих систем, что позволяет обеспечить комплексное освоение ресурсов недр, обеспечивающих горно-строительную деятельность в условиях Арктики, без необратимых экологических последствий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Трубецкой К.Н., Галченко Ю.П. Геозкология освоения недр Земли и экогеотехнологии разработки месторождений. М. : Научтехлитиздат, 2015. 359 с.
2. Трубецкой К.Н., Галченко Ю.П. Природоподобные горные технологии — перспектива разрешения глобальных противоречий при освоении минеральных ресурсов литосферы // Вестник Российской академии наук. 2017. Т. 87. № 7. С. 643–650.
3. Рильникова М.В., Галченко Ю.П. Возобновляемые источники энергии при комплексном освоении недр. М. : ИПКОН РАН, 2015. 122 с.
4. Трубецкой К.Н., Галченко Ю.П., Калабин Г.В., Прошляков А.Н. Геотехнологическая парадигма развития комплексного освоения недр в Арктической

- зоне России // Арктика: экология и экономика. 2015. № 3 (19). С. 54–65.

5. Saydam S., Kecojevic V. Publication strategies for academic career development in mining engineering // Transactions of the Institutions of Mining and Metallurgy, Section A: Mining Technology. 2014. Vol. 123 (1). Pp. 46–55.

6. Захаров В.Н., Малинникова О.Н., Вартаманов А.З. и др. Исследования, мониторинг и контроль строения и свойств недр мегаполисов и зон градопромышленных агломераций. Т. 1. Общие правила производства работ. М. : ИПКОН, 2015. 88 с.

7. Вартаманов А.З., Петров И.В., Федаш А.В. Основные тенденции подземного строительства и

освоения недр городов и проблемы проектирования подземных объектов в мегаполисах и зонах градопромышленных агломераций // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2015. № 10. С. 160–164.

8. Трубецкой К.Н., Галченко Ю.П., Калабин Г.В. Обоснование концепции развития геотехнологий при комплексном освоении недр в арктической зоне Российской Федерации // Экологические системы и приборы. 2015. № 9. С. 27–37.

9. Sand A., Rosenkranz J. Education Related to Mineral Raw Materials in the European Union: D3.1 Preliminary report on available study programs and existing skill shortages. 2014. 36 p.

10. Koivurova T., Masloboev V. et al. Legal protection of Sami traditional livelihoods from the adverse impacts of mining: a comparison of the level of protection enjoyed by Sami in their four home states // Review on Law and Politics. 2015. Vol. 1. Pp. 11–51.

11. Теличенко В.И., Сборщиков С.Б., Пустовгар А.П., Маркова И.М. Инновационный менеджмент в строительстве. М. : МГСУ, 2008. 208 с.

12. Вартанов А.З., Кобяков А.А., Петров И.В. и др. Методологии исследования горного массива при проектировании, строительстве и эксплуатации подземных сооружений с целью учета возможных рисков при оценке эффективности проектов освоения недр градопромышленных агломераций // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2015. № 10. С. 284–289.

13. Калачева Л.В., Петров И.В., Савон Д.Ю. Социально-экономическое обоснование создания высокопроизводительных рабочих мест в угольной промышленности М. : Интерпринт, 2013. 132 с.

14. Trubetskoy K.N., Galchenko Y.P. Ecological problems and the methodology of solving them in a developing technocratic society // Russian Journal of Ecology. 2011. Vol. 42. No 2. Pp. 83–91.

15. Трубецкой К.Н., Галченко Ю.П., Калабин Г.В. Методология сопряженного мониторинга изменений состояния природной среды при освоении минеральных ресурсов Арктики // Экологические системы и приборы. 2016. № 7. С. 51–59.

16. Вартанов А.З., Петров И.В., Федаш А.В. Развитие институтов евразийского технико-экономического сотрудничества в области разведки, добычи твердых полезных ископаемых // Горный журнал. 2017. № 11. С. 14–18.

17. Харченко В.А., Петров И.В., Казаков В.Б., Зайцев С.П. Направления совершенствования системы кадрового обеспечения предприятий горнопромышленного комплекса экономики России. // Горные науки и технологии. 2012. № 3. С. 134–139.

18. Петров И.В. Научно-образовательные центры как основа кадрового обеспечения развития горнодобывающих отраслей промышленности спрос и предложение на рынке труда и рынке образовательных услуг в регионах России // Сб. докл. по мат. Десятой Всероссийской научно-практической Интернет-конференции / под ред. В.А. Гуртова. Петрозаводск : ПГУ, 2013. С. 185–194.

19. Galchenko Y.P., Trubetskoy K.N., Sabinyan G.V. Concept of subsurface development of bowels of the earth on the basis of «framework» geotechnology // 21st World Mining Congress. Session 15. Krakow, 2008. Pp. 309–317.

Поступила в редакцию 10 января 2018 г.

Принята в доработанном виде 28 января 2018 г.

Одобрена для публикации 31 января 2018 г.

О Б АВТОРАХ: Вартанов Александр Зараирович — кандидат технических наук, профессор, заместитель директора, Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук (ИПКОН РАН), 111020, г. Москва, Крюковский тупик, д. 4; alvartanov@mail.ru;

Галченко Юрий Павлович — доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник, отдел горной экологии, Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук (ИПКОН РАН), 111020, г. Москва, Крюковский тупик, д. 4; schtrek33@mail.ru;

Калабин Геннадий Валерианович — доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, отдел горной экологии, Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук (ИПКОН РАН), 111020, г. Москва, Крюковский тупик, д. 4, kalabin.g@gmail.com;

Петров Иван Васильевич — доктор экономических наук, профессор, ведущий научный сотрудник, Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук (ИПКОН РАН), 111020, г. Москва, Крюковский тупик, д. 4; профессор базовой кафедры «Освоение подземного пространства» Национального исследовательского Московского государственного строительного университета (НИУ МГСУ) в Институте проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук (ИПКОН РАН); piv1961@inbox.ru;

Федаш Анатолий Владимирович — доктор технических наук, доцент, заведующий отделом научно-технологического и информационно-аналитического обеспечения исследований и инновационной деятельности, Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской акаде-

мин наук (ИПКОН РАН), 111020, г. Москва, Крюковский тупик, д. 4; профессор базовой кафедры «Освоение подземного пространства» Национального исследовательского Московского государственного строительного университета (НИУ МГСУ) в Институте проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук (ИПКОН РАН); ipkon-dir@ipkonran.ru.

REFERENCES

1. Trubetskoy K.N., Galchenko Yu.P. *Geoekologiya osvoeniya neдр Zemli i ekogeotekhnologii razrabotki mestorozhdeniy* [Geoecology of the development of the Earth's interior and eco-geotechnology for the development of deposits]. Moscow, Nauchtekhlitizdat Publ., 2015. 359 p. (In Russian)
2. Trubetskoy K.N., Galchenko Yu.P. Prirodopodobnye gornye tekhnologii — perspektiva razresheniya global'nykh protivorechiy pri osvoenii mineral'nykh resursov litosfery [Nature-like mining technologies — the prospect of resolving global contradictions in the development of mineral resources in the lithosphere]. *Vestnik Rossiyskoy akademii nauk* [Herald of the Russian Academy of Sciences]. 2017, vol. 87, no. 7, pp. 643–650. (In Russian)
3. Ryl'nikova M.V., Galchenko Yu.P. *Vozobnovlyaemye istochniki energii pri kompleksnom osvoenii neдр* [Renewable energy sources for integrated development of subsoil]. Moscow, Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources, 2015. 122 p. (In Russian)
4. Trubetskoy K.N., Galchenko Yu.P., Kalabin G.V., Proshlyakov A.N. Geotekhnologicheskaya paradigma razvitiya kompleksnogo osvoeniya neдр v Arkticheskoy zone Rossii [Geotechnological paradigm of development of integrated development of subsoil in the Arctic zone of Russia]. *Arktika: ekologiya i ekonomika* [Arctic: ecology and economics]. 2015, no. 3 (19), pp. 54–65. (In Russian)
5. Saydam S., Kecojevic V. Publication strategies for academic career development in mining engineering. *Transactions of the Institutions of Mining and Metallurgy, Section A: Mining Technology*. 2014, vol. 123 (1), pp. 46–55.
6. Zaharov V.N., Malinnikova O.N., Vartanov A.Z. et al. *Issledovaniya, monitoring i kontrol' stroeniya i svoystv neдр megapolisov i zon gradopromyshlennykh aglomeratsiy. T. 1. Obshchie pravila proizvodstva rabot* [Research, monitoring and control of the structure and properties of subsoil megacities and zones of urban industrial agglomerations. Vol. 1. General rules for the production of works]. Moscow, Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources, 2015. 88 p. (In Russian)
7. Vartanov A.Z., Petrov I.V., Fedash A.V. Osobnyye tendentsii podzemnogo stroitel'stva i osvoeniya neдр gorodov i problemy proektirovaniya podzemnykh ob'ektov v megapolisakh i zonakh gradopromyshlennykh aglomeratsiy [Main tendencies of underground construction and development of the subsoil of cities and the problem of designing underground objects in megacities and zones of urban agglomerations]. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'* [Mining Informational and Analytical Bulletin]. 2015, no. 10, pp. 160–164. (In Russian)
8. Trubetskoy K.N., Galchenko Yu.P., Kalabin G.V. Obosnovanie kontseptsii razvitiya geotekhnologii pri kompleksnom osvoenii neдр v arkticheskoy zone Rossiyskoy Federatsii [Substantiation of the concept of geotechnologies development in the integrated development of subsoil in the Arctic zone of the Russian Federation]. *Ekologicheskie sistemy i pribory* [Ecological systems and devices]. 2015, no. 9, pp. 27–37. (In Russian)
9. Sand A., Rosenkranz J. *Education Related to Mineral Raw Materials in the European Union: D3.1 Preliminary report on available study programs and existing skill shortages*. 2014. 36 p.
10. Koivurova T., Masloboev V. et al. Legal protection of Sami traditional livelihoods from the adverse impacts of mining: a comparison of the level of protection enjoyed by Sami in their four home states. *Arctic Review on Law and Politics*. 2015, no. 1, pp. 11–51.
11. Telichenko V.I., Sborshchikov S.B., Pustovgar A.P., Markova I.M. *Innovatsionnyy menedzhment v stroitel'stve* [Innovative management in construction]. Moscow, Moscow State University of Civil Engineering, 2008. 208 p. (In Russian)
12. Vartanov A.Z., Kobayakov A.A., Petrov I.V. et al. Metodologii issledovaniya gornogo massiva pri proektirovani, stroitel'stve i ekspluatatsii podzemnykh sooruzheniy s tsel'yu ucheta vozmozhnykh riskov pri otsenke effektivnosti proektov osvoeniya neдр gradopromyshlennykh aglomeratsiy [Methodology for studying the rock mass in the design, construction and operation of underground structures in order to take into account possible risks in assessing the effectiveness of projects for the development of subsoil resources in urban agglomerations]. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'* [Mining Informational and Analytical Bulletin]. 2015, no. 10, pp. 284–289. (In Russian)
13. Kalacheva L.V., Petrov I.V., Savon D.Yu. *Sotsial'no-ekonomicheskoe obosnovanie sozdaniya vysokoproizvoditel'nykh rabochikh mest v ugol'noy promyshlennosti* [Socio-economic justification for the creation of high-productivity jobs in the coal industry]. Moscow, Interprint Publ., 2013. 132 p. (In Russian)
14. Trubetskoy K.N., Galchenko Y.P. Ecological problems and the methodology of solving them in a de-

veloping technocratic society. *Russian Journal of Ecology*. 2011, vol. 42, no. 2, pp. 83–91.

15. Trubetskoy K.N., Galchenko Yu.P., Kalabin G.V. Metodologiya sopryazhennogo monitoringa izmeneni sostoyaniya prirodnoy sredy pri osvoenii mineral'nykh resursov Arktiki [Methodology of the conjugate monitoring of changes in the state of the natural environment during the development of the Arctic mineral resources]. *Ekologicheskie sistemy i pribory* [Ecological Systems and Devices]. 2016, no. 7, pp. 51–59. (In Russian)

16. Vartanov A.Z., Petrov I.V., Fedash A.V. Razvitiye institutov evraziyskogo tekhniko-ekonomicheskogo sotrudnichestva v oblasti razvedki, dobychi tverdykh poleznykh iskopaemykh [Development of institutes of the Eurasian technical and economic cooperation in the field of exploration, extraction of solid minerals]. *Gornyy Zhurnal* [Mining Journal]. 2017, no. 11, pp. 14–18. (In Russian)

17. Kharchenko V.A., Petrov I.V., Kazakov V.B., Zaytsev S.P. Napravleniya sovershenstvovaniya sistemy kadrovogo obespecheniya predpriyatiy gornopromyshlennogo kompleksa ekonomiki Rossii [Directions

of improving the system of personnel support for enterprises of the mining complex of the Russian economy]. *Gornye nauki i tekhnologii* [Mining Sciences and Technologies]. 2012, no. 3, pp. 134–139. (In Russian)

18. Petrov I.V. Nauchno-obrazovatel'nye tsentry kak osnova kadrovogo obespecheniya razvitiya gornodobyvayushchikh otrasley promyshlennosti spros i predlozhenie na rynke truda i rynke obrazovatel'nykh uslug v regionakh Rossii [Scientific and educational centers as a basis for personnel development of mining industries supply and demand in the labor market and the market of educational services in Russian regions]. *Sb. dokl. po mat. Desyatoy Vseros. nauch.-prakt. Internet-konf.* [Collected reports of the Tenth All-Russian Scientific and Practical Internet Conference] Petrozavodsk, Petrozavodsk State University, 2013. Pp. 185–194. (In Russian)

19. Galchenko Y.P., Trubetskoy K.N., Sabinyan G.V. Concept of subsurface development of bowels of the earth on the basis of «framework» geotechnology. *21st World Mining Congress. Session 15*. Krakow, 2008, pp. 309–317.

Received on January 10, 2018.

Adopted in final form on January 28, 2018.

Approved for publication on January 31, 2018.

ABOUT THE AUTHORS: **Vartanov Aleksandr Zarairovich** — Candidate of Technical Sciences, Professor, Deputy Director, **Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources Russian Academy of Sciences (ICEMR RAS)**, 4 Kryukovsky pereulok, Moscow, 111020, Russian Federation; alvartanov@mail.ru;

Galchenko Yuriy Pavlovich — Mining Engineer, Doctor of Technical Sciences, Professor, Leading researcher, Department of Mining and ecology, **Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources Russian Academy of Sciences (ICEMR RAS)**, 4 Kryukovsky pereulok, Moscow, 111020, Russian Federation, schtrek33@mail.ru;

Kalabin Gennadiy Valerianovich — Doctor of Technical Sciences, Professor, Leading Researcher, Department of Mining and Ecology, **Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources Russian Academy of Sciences (ICEMR RAS)**, 4 Kryukovsky pereulok, Moscow, 111020, Russian Federation; kalabin.g@gmail.com;

Petrov Ivan Vasilyevich — Doctor of Economic Sciences, Professor, Leading Researcher, **Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources Russian Academy of Sciences (ICEMR RAS)**, 4 Kryukovsky pereulok, Moscow, 111020, Russian Federation; Professor of Development of Underground Space **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)** in **Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources Russian Academy of Sciences (ICEMR RAS)**; piv1961@inbox.ru;

Fedash Anatoliy Vladimirovich — Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Scientific and Technological and Information and Analytical Support of Research and Innovative Activity, **Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources Russian Academy of Sciences (ICEMR RAS)**, 4 Kryukovsky pereulok, Moscow, 111020, Russian Federation; Professor of Development of Underground Space **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)** in **Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources Russian Academy of Sciences (ICEMR RAS)**; ipkon-dir@ipkonran.ru.