

ГЕОТЕХНОЛОГИЯ: ПОДЗЕМНАЯ, ОТКРЫТАЯ, СТРОИТЕЛЬНАЯ

УДК 622.271; 622.8

DOI: 10.21440/0536-1028-2018-5-4-13

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЙ БАЗЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГОРНЫХ РАБОТ КАК ОСНОВА ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ГЕОТЕХНОЛОГИЙ

РЫЛЬНИКОВА М. В., ФЕДОТЕНКО В. С., ЕСИНА Е. Н.

Увеличение экологической нагрузки на окружающую среду при разработке месторождений полезных ископаемых, ужесточение экологических платежей и требований к промышленной безопасности обуславливает необходимость совершенствования нормативной базы горных работ, регламентирующей безопасное и эффективное освоение недр, в том числе с применением инновационных геотехнологий. Действующие нормативные требования экологической и промышленной безопасности при ведении горных работ, разработанные преимущественно в прошлом веке, сдерживают вовлечение в эксплуатацию запасов полезных ископаемых, расположенных в особо сложных горнотехнических, геомеханических и природно-климатических условиях, и препятствуют внедрению новых технологических решений, применение которых нормативными документами не регламентировано. Так, действующая в настоящее время нормативная документация, регламентирующая порядок расчетов устойчивости бортов и уступов рудных карьеров при их постановке на предельный контур, была выпущена несколько десятилетий назад. За последние десятилетия в открытых горных работах существенно изменилась горнотехническая и геомеханическая ситуация, появилось множество новых программных комплексов и компьютерных разработок, принципиально изменились возможности экспериментальных методов сбора исходных данных, их обработки, обоснования допустимых параметров бортов карьеров, разработанные методы оценки рисков стали более совершенными. По этой причине ИПКОН РАН при поддержке Ростехнадзора принял на себя роль инициатора проекта разработки Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила обеспечения устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов», способствующих повышению экономической эффективности и безопасности разработки месторождений открытым способом, а также обеспечению конкурентоспособности российских предприятий на мировом уровне. Эта первая инициатива станет основой для дальнейшего совершенствования нормативно-методической и законодательной базы в области проектирования, строительства и эксплуатации месторождений полезных ископаемых. Подобные исследования по согласованию с Ростехнадзором будут продолжаться и в других направлениях.

Ключевые слова: инновационные геотехнологии; экологическая безопасность; промышленная безопасность; нормативная база; устойчивость; стабильность; эффективность; среда обитания человека.

Введение. Изменение геологических и горнотехнических условий освоения обрабатываемых и перспективных месторождений, возрастающие потребности в

Рыльникова Марина Владимировна – доктор технических наук, профессор, заведующая отделом теории проектирования освоения недр. 111020, г. Москва, Крюковский туп., 4, Институт проблем комплексного освоения недр РАН. E-mail: rylnikova@mail.ru

Федотенко Виктор Сергеевич – кандидат технических наук, докторант. 111020, г. Москва, Крюковский туп., 4, Институт проблем комплексного освоения недр РАН.

Есина Екатерина Николаевна – кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник. 111020, г. Москва, Крюковский туп., 4, Институт проблем комплексного освоения недр РАН.

минеральном рудном сырье и топливе вызывают необходимость совершенствования действующих норм и правил в области экологически сбалансированного и промышленно безопасного освоения недр с учетом перспектив внедрения инновационных геотехнологий для повышения эффективности горного производства, снижения экологической нагрузки на окружающую среду. Одним из препятствий на пути внедрения новых, в том числе роботизированных геотехнологий, является несовершенство действующих в России норм технологического проектирования и нормативных требований к промышленной и экологической безопасности горных работ, разработанных в начале второй половины прошлого столетия и не соответствующих возможностям современной техники, инновационного технологического развития и потребностям мирового рынка.

Основные направления совершенствования открытой геотехнологии. В условиях освоения запасов глубоких горизонтов карьеров приоритетным направлением обеспечения экологической и промышленной безопасности и повышения эффективности открытых горных работ является развитие роботизированных геотехнологий, исключающих непосредственное присутствие рабочих в опасной зоне ведения горных работ [1, 2]. Использование, например, беспилотного автосамосвала, работающего в автономном режиме, способно существенно расширить область эффективного применения открытых горных работ с принципиальным изменением сопутствующей инфраструктуры карьера.

Использование автономного автосамосвала способно сократить или полностью исключить влияние человеческого фактора на выполнение операционных процессов. При этом повышаются интеллектуальные функции технических специалистов и руководителей горного производства, качественно изменяются значения главных параметров карьера, отдельных конструктивных элементов системы разработки и, прежде всего, могут быть увеличены высота и угол откоса рабочих уступов, а также уклоны транспортных берм, что дает существенное повышение экономической и экологической эффективности открытых горных работ [3, 4].

Использование роботизированного горнотранспортного оборудования обеспечивает возможность более полной отработки запасов, ранее не входящих в границы проектного контура карьера. При обосновании нового проектного контура ширина рабочей площадки определяется исключительно техническими возможностями и параметрами применяемого оборудования ввиду отсутствия персонала непосредственно в забое. Поскольку оборудование снабжено соответствующими датчиками, контролирующими пространственное положение рабочих органов и самой техники, требования к обеспечению минимальной ширины рабочей площадки должны определяться из минимальных габаритов и технических зазоров, обеспечивающих безопасную работу технологического оборудования [5].

Важно отметить, что при этом изменяются проектные требования к дорогам карьера, включая обеспечение соответствующего качества дорожного покрытия. При использовании роботизированных транспортных технологий наличие неровностей автодороги, резких поворотов и других отклонений показателей качества карьерных дорог от нормативных значений могут привести к изменению траектории движения транспорта, что, в конечном счете, отразится на безопасности работы карьера. Основными критериями оценки качества дорожного покрытия являются: прочность, ровность, твердость, обеспечение требуемого сцепления колес с покрытием дороги.

С учетом указанных факторов особого внимания требует решение вопросов обеспечения безопасности горных работ в переходный период внедрения на руд-

нике интеллектуальной техники в комплексе с традиционно применяемой механизированной техникой, управляемой оператором.

При этом выполненными исследованиями ИПКОН РАН совместно с компанией «ВИСТ Групп» доказано, что использование интеллектуальной техники позволяет обеспечить значительное уменьшение ширины рабочей площадки и за счет этого увеличение глубины карьера при доработке запасов, расположенных ниже его проектного контура [3–5]. При использовании интеллектуальной техники, вследствие отсутствия персонала в забое, имеется возможность минимизировать значения отдельных конструктивных параметров, в ряде случаев вовсе исключить определенные элементы из конструкции карьера как горнотехнического сооружения. Все это способно обеспечить рост эффективности и увеличение глубины открытых горных работ, снизить коэффициент вскрыши и, как следствие, способствовать снижению экологической нагрузки на окружающую среду.

Внедрение роботизированных геотехнологий требует разработки обоснования безопасности совместного использования на действующих карьерах в переходный период интеллектуальной и механизированной техники [5], что не регламентировано действующими нормативными документами (*Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых»*. Утв. Приказом Ростехнадзора № 599 от 11.12.2013 г., зарег. Минюстом России 02.07.2014 г.; *Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Общие требования к обоснованию безопасности опасного производственного объекта»*. Утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору № 306 от 15.07.2013 г., зарег. Минюстом России от 20.08.2013 г.). Для разработки новых требований промышленной безопасности требуется проведение соответствующих фундаментальных исследований, направленных на обоснование параметров роботизированных геотехнологий. В ходе развития этого направления для проектирования и совершенствования процессов добычи и переработки минерального сырья в Лаборатории экологически сбалансированного освоения недр ИПКОН РАН (Лаборатории ЭКОН [6, 7]) проводятся исследования, направленные на обоснование параметров горнотехнических систем, в которых исключено и/или минимизировано присутствие человека в опасных зонах ведения горных работ: подготовительно-нарезных и очистных забоях, зонах интенсивного деформирования массива, в том числе с динамическими проявлениями горного давления, в зонах с повышенным радиоактивным фоном, с неблагоприятными условиями окружающей среды, с повышенной загазованностью, с низким содержанием кислорода или низким атмосферным давлением. Эта идея разрабатывается давно, но настоящая ее реализация только начинается. Во-первых, внедрение роботизированной геотехнологии требует согласования и оптимизации параметров горнотехнических систем и работы всего горнотранспортного оборудования, функционирующего без участия человека в операционных процессах. Это позволяет эксплуатировать буровое, зарядное, выемочное и транспортное оборудование в оптимальных, с точки зрения энергоэффективности, режимах, что приводит к значительному снижению расхода топлива и прочих затрат. Кроме того, благодаря наличию контрольно-измерительной аппаратуры и датчиков, отслеживающих положение, навигационного позиционирования как самих мобильных объектов, так и их рабочих органов в процессах бурения, погрузки и разгрузки, движения транспортных средств достигается сокращение объемов вскрышных работ, обеспечивается оптимальный режим погрузки-разгрузки транспортных средств, что способствует снижению пыления и обеспечивает возможность на принципиально ином качественном уровне управлять фор-

мированием потоков минерального сырья. Это способствует повышению показателей эффективности процессов освоения недр, достижению промышленной и экологической безопасности горных работ.

Также одним из перспективных направлений повышения эффективности открытых горных работ является обработка наклонных и крутопадающих месторождений руд и угля с применением высоких вскрышных уступов. Под высокими понимаются уступы, параметры которых превышают возможности погрузочно-доставочной техники, имеющие единую плоскость откоса, подготавливаемые взрыванием скважин на всю высоту и извлекаемые отдельными слоями – подступами. Высота подступа определяется техническими возможностями применяемого выемочно-погрузочного оборудования.

Увеличение высоты вскрышного уступа обеспечивает совершенствование логистической схемы рудника и позволяет уменьшить общее количество горно-транспортных средств на карьере, при этом сокращается время на перегон машин и оборудования, уменьшается количество рабочих площадок, снижается протяженность транспортных путей, количество перегрузочных пунктов, увеличивается эффективная глубина открытых горных работ. Все это также снижает негативное воздействие на окружающую среду.

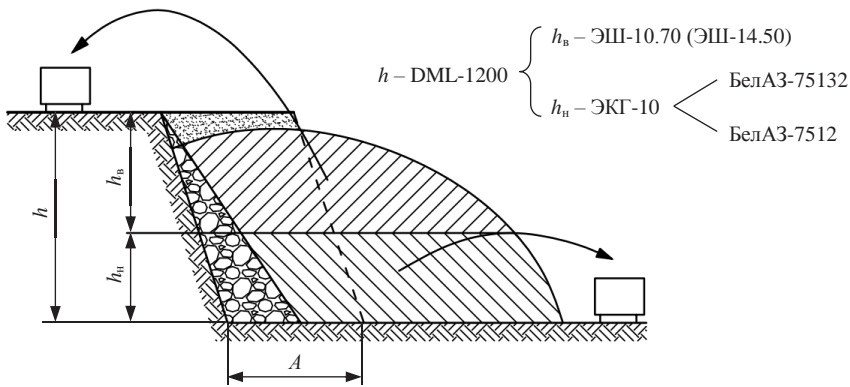


Рис. 1. Схема разработки высокого вскрышного уступа в два слоя: при использовании экскаватора ЭШ-10.70 (ЭШ-14.50) для обработки верхнего подступа, экскаватора ЭКГ-10 для обработки нижнего подступа:

h_v и h_n – высота верхнего и нижнего слоя соответственно, м; A – высота буровзрывной заходки, м

Обосновано, что высокий вскрышной уступ целесообразно обрабатывать в два слоя [8]. В результате оценки эффективности различных вариантов разработки высокого вскрышного уступа установлено, что предпочтительной является схема обработки высокого вскрышного уступа с использованием комплекта выемочно-погрузочных машин в составе экскаватора нижнего черпания (типа драглайн), устанавливаемого на верхней площадке уступа и осуществляющего обработку верхнего слоя с погрузкой на уровне своего расположения, и прямой механической лопаты, ведущей обработку нижнего слоя с погрузкой горной массы на нижний транспортный горизонт (рис. 1) [8].

Доказано, что наибольшее приращение осваиваемых запасов за счет увеличения глубины карьера достигается при переходе на обработку высокими вскрышными уступами в момент равенства текущего и граничного коэффициентов вскрыши – в период максимального развития горных работ. Согласно принципу академика В. В. Ржевского определения конечной глубины открытых горных работ по равенству граничного и текущего коэффициентов вскрыши, бортам карье-

ра придают углы откоса, равные углам откоса рабочих бортов, а затем расширяют карьер до тех пор, пока текущий коэффициент вскрыши не достигнет величины граничного, т. е. до момента максимального развития горных работ. Дальнейшее развитие горных работ при сохранении угла откоса рабочего борта на базовом проектном уровне экономически нецелесообразно. При этом объем вскрыши, отработываемой в более поздний период, сводится к минимуму.

Очевидно, что появление описанных и иных инновационных геотехнологий, специфики технологических процессов, в том числе новых горнотранспортных средств, исключают необходимость присутствия оператора в тяжелых условиях рабочей зоны карьера, изменяет требования к уровню риска, вызывает необходимость совершенствования нормативно-методической базы, регламентирующей эффективное и безопасное освоение месторождений полезных ископаемых.

Совершенствование нормативной базы. ИПКОН РАН исторически является организатором и разработчиком нормативно-правовых актов в сфере недропользования. При участии его сотрудников разработаны документы, регламентирующие безопасное ведение горных работ как при разработке месторождений твердых полезных ископаемых (*Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях* / ПБ 07-269-98; *Методические указания по определению параметров опасных зон на горных предприятиях АК «АЛРОСА»*. М.: ИПКОН РАН, 2007; *Инструкция по безопасному ведению горных работ при комбинированной (совмещенной) разработке рудных и нерудных месторождений полезных ископаемых* / РД 06-174-97), так и при строительстве тоннелей и подземных сооружений (*Инструкция по производству геодезическо-маркишейдерских работ при строительстве коммунальных тоннелей и инженерных коммуникаций подземным способом* / РД 07-226-98; *Методическое руководство по комплексному горно-экологическому мониторингу при строительстве и эксплуатации транспортных тоннелей / ТА России, ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс»*. СПб., 2009).

Повышение требований к проектированию и эксплуатации месторождений твердых полезных ископаемых, в частности к промышленной и экологической безопасности, вызывает необходимость дальнейшего совершенствования нормативной базы, регламентирующей безопасное и эффективное освоение недр.

Так, действующая в настоящее время нормативная документация, регламентирующая порядок расчетов устойчивости бортов и уступов рудных карьеров при их постановке на предельный контур, была выпущена преимущественно около полувека назад. При этом статус действующего документа имеют только «Правила обеспечения устойчивости откосов на угольных разрезах» (1998 г.), за пределами угольной промышленности их статус законодательно не определен.

За последние десятилетия в сфере развития открытых горных работ существенно изменились подходы к оценке горнотехнической и геомеханической ситуации, появилось множество новых программных комплексов и компьютерных разработок, принципиально изменились возможности экспериментальных методов сбора исходных данных, их обработки, обоснования допустимых параметров бортов карьеров, методы оценки рисков стали более совершенными [9–11]. Все чаще возникает необходимость выполнения проектов, удовлетворяющих международным стандартам. Несовершенство, а в ряде случаев – отсутствие действующей нормативной базы создает неоправданные сложности при разработке проектной документации на отработку месторождений и проведении ее государственной экспертизы.

Рядом горнодобывающих компаний, проектных и научных организаций и представителями Ростехнадзора признано, что на сегодняшний день назрела объ-

активная необходимость разработки нового нормативного документа по геомеханическому обоснованию и обеспечению устойчивости бортов и уступов карьеров, в котором не только будет в полном объеме использован накопленный российский и зарубежный опыт такого обоснования, расширен узаконенный аппарат расчетных методов, но и будут определены методические подходы, облегчающие взаимодействие недропользователей, производственных, научных работников, проектировщиков и экспертов.

В связи с этим разработка Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила обеспечения устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов» (ФНП), способствующих повышению экономической эффективности и безопасности разработки месторождений открытым способом, а также конкурентоспособности российских предприятий на мировом уровне, в современных условиях является весьма актуальной [12].

Необходимость разработки ФНП предопределяют следующие факторы:

- появление качественно новых методов инженерно-геологической оценки массива горных пород;
- необходимость учета при оценке устойчивости глубоких карьеров действующих тектонических напряжений и объемных сил, вызванных кривизной откосов в плане;
- расширение области применения комбинированной разработки месторождений;
- появление новых вычислительных средств и методов расчета устойчивости бортов;
- снятие жестких ограничений по высоте уступов и ширине предохранительных берм при постановке уступов в предельное положение, что позволяет увеличить углы погашения бортов;
- появление новых открытых геотехнологий и новых горнотранспортных средств, исключающих необходимость присутствия оператора в рабочей зоне карьера и изменяющих требования к уровню риска;
- появление новых методов мониторинга и управления состоянием массива;
- существенное различие отечественных и мировых норм проектного обоснования устойчивости откосов;
- более высокая зависимость экономических показателей деятельности горных предприятий от угла устойчивости откосов и коэффициента вскрыши при больших масштабах производства;
- требования Главгосэкспертизы к принятию проектных решений в соответствии с действующими в стране законодательными актами.

Решением Ростехнадзора подготовка ФНП поручена Институту проблем комплексного освоения недр им. академика Н. В. Мельникова Российской академии наук. При этом очевидно, что разработка такого крупного и значимого нормативно-методического документа может быть выполнена лишь при условии объединения всех специалистов в этой области с координацией их усилий. Для подготовки ФНП организован мегапроект «Обеспечение устойчивости откосов при открытых горных работах». Основной целью этого проекта является разработка нормативно-правовой документации, закрепляющей регламентированные в установленном порядке правила по обеспечению устойчивости откосов бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов, учитывающие накопленный опыт и достижения горной науки, ориентированные на возможность применения развивающихся инновационных геотехнологий.

В задачи проекта входит:

- адаптация норм по обеспечению устойчивости откосов к современным условиям открытых горных работ, методам оценки и управления состоянием массива;

- синхронизация действующих в России норм по обеспечению устойчивости откосов с мировой практикой;
- наиболее полное использование возможностей современных средств, методов и технологий обеспечения устойчивости откосов для повышения эффективности горных работ;
- снятие барьеров и обеспечение возможности внедрения инновационных технологий в проекты горных работ;
- повышение эффективности функционирования предприятий с открытым способом добычи в правовой сфере недропользования в России;
- учет интересов недропользователя в повышении эффективности и безопасности горных работ.

При подготовке ФНП будут разделены требования и рекомендации по видам добываемого минерального сырья, специфике горнотехнических и региональных климатических условий, учтена возможность развития и корректировки приложений к ФНП через определенный период времени. В разработке проекта примут участие ведущие специалисты в области открытых горных работ, представляющие ИПКОН РАН, ГoИ КИЦ РАН, ИГД УрО РАН, НИТУ «МИСиС», СПбГУ, МГРИ-РГГРУ, МГТУ им. Г. И. Носова, ЮУрГУ, ООО «НИИОГР», ЯкутНИПРО-алмаз ПАО «Алроса», ОАО «ВИОГЕМ» и др. Поддержку реализации проекта оказали ведущие горнодобывающие компании России: АО «МХК «ЕвроХим», ПАО «Металлоинвест», ПАО «ГМК «Норильский никель», АО «СУЭК», ПАО «ФосАгро», АК «АЛРОСА» и др.

Дальнейшие направления совершенствования нормативно-методической базы. В современных условиях на рудниках применяют инновационные системы разработки, высокопроизводительные технологии очистных и горнопроходческих работ, новые технологии буровых работ и взрывчатые материалы, новые способы взрывания. С учетом остроты возникших проблем обеспечения безопасности работ и формирования экологически сбалансированной среды обитания в ИПКОН РАН функционирует и развивается Лаборатория экологически сбалансированного освоения недр, основными задачами которой являются: управление отходами горнопромышленного комплекса, химико-аналитические исследования, маркшейдерские работы и геомеханика, экологическое сопровождение горных проектов. Лаборатория создана при поддержке гранта Российского научного фонда, руководителем проекта является академик К. Н. Трубецкой. Лаборатория оснащена и укомплектована современным, соответствующим мировому опыту измерительным и исследовательским оборудованием, предназначенным для:

- разработки научно обоснованных предложений по эффективной утилизации отходов добычи и переработки твердых полезных ископаемых и технологических решений по ведению закладочных работ на подземных рудниках; решений по максимально эффективному использованию выработанных пространств в недрах [13];
- разработки мер, направленных на улучшение состояния промышленной безопасности, и проведения инструментальных наблюдений за процессами сдвигания горных пород, составления проектов по производству маркшейдерских работ;
- комплексных исследований пределов допустимого влияния деятельности горного предприятия на окружающую среду;
- создания роботизированных геотехнологий, исключающих присутствие человека в опасных зонах ведения горных работ, направленных на улучшение среды обитания человека;
- геолого-минералогических и химико-аналитических исследований.

Например, для предотвращения формирования взрывоопасных условий, изыскания нетрадиционных эффективных способов борьбы со взрывами сульфидной пыли и создания безопасных методов и приемов ведения горных работ в проходческих и очистных забоях при разработке месторождений колчеданных руд проводятся исследования факторов и процессов формирования облака сульфидной пыли при разработке месторождений колчеданных руд. Для этого предусмотрены исследования вещественного состава колчеданных руд с применением комплекса минералогических исследований SIAMS, мобильного рентгенофлуоресцентного анализатора X-5000 MOBILE XRF. Выполняется анализ концентрации пылевых частиц в рудничной атмосфере и модельных средах с использованием приборов экологического контроля DT-9881M с диапазоном измерений концентрации пылевых частиц размером от 10 до 0,3 мкм, портативного анализатора частиц диаметром 10–700 нм DiSCmini для мониторинга наличия частиц концентрацией 10^3 – 10^6 част/см³ воздуха, в том числе с возможностью оценки их токсичности. Кроме того, применяется вспомогательное оборудование: пирометр высокотемпературный DT-9862; анализатор влажности SARTORIUS MA-150; оборудование для подготовки материалов к проведению лабораторных исследований.

Исключение взрывоопасности и условий образования облака сульфидной пыли является одним из основных факторов промышленной безопасности и создания нормальной среды обитания в горнотехнической системе при разработке месторождений подземным способом. Безопасность производства взрывных работ в забоях, опасных по взрыву пыли, обеспечивается осуществлением ряда специальных мероприятий, выбор которых в современных условиях требует серьезного научного подхода на базе фундаментальных исследований по различным направлениям.

Для обеспечения безопасности и повышения эффективности добычи сульфидных руд, отработка которых осложняется опасностью возникновения взрывов сульфидной пыли, весьма важной задачей является совершенствование нормативно-методической базы по предупреждению взрывов сульфидной пыли на подземных рудниках для предотвращения возникновения аварийных ситуаций.

Таким образом, разработка нормативной методической и законодательной базы обеспечения экологической и промышленной безопасности горных работ в различных направлениях признана приоритетным направлением развития ИПКОН РАН.

Выводы. Внедрение роботизированных геотехнологий при разработке месторождений твердых полезных ископаемых обеспечивает возможность существенного роста производительности горнотранспортного оборудования за счет минимизации затрат времени на выполнение технологических операций по добыче и транспортированию горной массы и исключения влияния человеческого фактора на выполнение операционных процессов. Кроме того, при использовании интеллектуальной техники, вследствие отсутствия персонала в забое, имеется возможность минимизировать размеры отдельных элементов горнотехнических конструкций, а некоторые элементы исключить вовсе, обеспечивая условия безопасного ведения горных работ. Это предполагает разработку обоснования использования интеллектуальных технологий при их внедрении на конкретных месторождениях.

Выполненными исследованиями доказано, что применение высоких вскрышных уступов при открытой разработке наклонных и крутопадающих месторождений, в том числе с использованием интеллектуальной техники, обеспечивает рост полноты освоения запасов месторождения при повышении эффективности открытых работ и снижении экологической нагрузки на окружающую природную среду.

Внедрение инновационных технологий освоения месторождений твердых полезных ископаемых вызывает необходимость совершенствования нормативно-методической базы, регламентирующей эффективное и безопасное освоение месторождений полезных ископаемых. На решение всех этих задач направлен первый мегапроект «Обеспечение устойчивости откосов при открытых горных работах», выполняемый по инициативе ИПКОН РАН горнотехническим сообществом России. Утверждение и реализация Федеральных норм и правил по обеспечению безопасности горных работ будет способствовать повышению экономической эффективности и безопасности разработки месторождений, внедрению инновационных геотехнологических решений, а также усилит конкурентоспособность российских предприятий на мировом уровне, что в современных условиях является весьма актуальным.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 14–37–00050.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Trubetsky K. N., Kaplunov D. R., Rylnikova M. V. Problems and prospects in the resource-saving and resource-reproducing geotechnology development for comprehensive mineral wealth development // Journal of Mining Science. 2012. Vol. 48. No. 4. P. 688–693.
2. Трубецкой К. Н. Развитие ресурсосберегающих и ресурсовоспроизводящих геотехнологий комплексного освоения месторождений полезных ископаемых. М.: ИПКОН РАН, 2014. 196 с.
3. Trubetsky K. N., Vladimirov D. J., Pytalev I. A., Popova T. M. Robotic mining system with the open development of mineral deposits // Mining magazine. 2016. No. 5. P. 21–27.
4. Рьльникова М. В., Владимиров Д. Я., Федотенко В. С., Есина Е. Н. Применение интеллектуальных систем и технологий при открытой разработке угольных месторождений с высокими вскрышными уступами // Горный журнал. 2018. № 1. С. 32–36.
5. Rylnikova M. V., Vladimirov D. J., Pytalev I. A., Popova T. M. Robotic geotechnologies as way of improving efficiency and ecologization of mineral resource management // Journal of Mining Science. 2017. No. 1. P. 92–101.
6. Рьльникова М. В., Радченко Д. Н. Создание в России научного центра по изучению экологически сбалансированного цикла комплексного освоения месторождений твердых полезных ископаемых // Горный журнал. 2014. № 12. С. 4–7.
7. Радченко Д. Н., Лавенков В. С., Гавриленко В. В., Емельяненко Е. А. Совместная утилизация отходов обогащения при комплексном освоении месторождений многокомпонентных руд // Горный журнал. 2016. № 12. С. 87–93.
8. Kovalev V. A., Fedotenko V. S. Technological aspects of transition to high bench stripping in Kuzbass // Journal of Mining Science. 2015. Vol. 51. No. 5. P. 865–872.
9. Thompson R., Hahn S., Pastor S. Development of mine haul road surfacing condition monitoring through digital image processing // Mining Engineering. 2015. Vol. 67. No. 9. P. 34–45.
10. Hoek E., Caranza-Torres C., Corcum B. Hoek–Brown failure criterion // Proceedings of the North American Rock Mechanics Society “Mining innovation and technology”. Toronto, 2002. P. 267–273.
11. Read J., Stacey P. Guidelines for open pit slope design. Collingwood, Vic: CSIRO Publishing 2009. 496 p.
12. Трубецкой К. Н., Рьльникова М. В., Айнбиндер И. И., Есина Е. Н. Инициативы ИПКОН РАН по разработке нормативно-правовой документации в области обеспечения экологической и промышленной безопасности горных работ // 50 лет Российской научной школе комплексного освоения недр Земли: матер. Междунар. науч.-практ. конф. 13–16 ноября 2017 г. М.: ИПКОН РАН, 2017. С. 20–24.
13. 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.

Поступила в редакцию 24 мая 2018 года

IMPROVING THE NORMATIVE LEGAL FRAMEWORK FOR ENSURING ENVIRONMENTAL AND INDUSTRIAL SAFETY OF MINING – THE BASIS OF INTRODUCTION OF INNOVATIVE GEOTECHNOLOGIES

Ryl'nikova M. V., Fedotenko V. S., Esina E. N. – Research Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources (IPKON), Moscow, the Russian Federation. E-mail: rylnikova@mail.ru

The increase of environmental impact during the mineral resources exploitation as well as the increase of environmental payments and requirements for industrial safety determine the improvement of the regulatory framework for mining operations, which regulates the safe and efficient exploitation of mineral resources, including the use of innovative geotechnologies. The current regulations for environmental and industrial safety in mining operations, developed primarily in the last century, limited the involvement of mineral reserves located in particularly difficult mining, geomechanical and natural climatic conditions, and impede the introduction of new technological solutions, the use of which by regulatory documents not considered. Thus, the current regulatory documentation, which regulates the procedure for calculating the stability of the edges and benches of ore open-pits at their positioning at the limiting contour, was released several decades ago. Over the past decades, the mining and geomechanical situation has changed dramatically in the open mining operations, many new software complexes and computer developments have appeared, the possibilities of experimental methods for collecting initial data, their processing, justifying permissible parameters of the quarries edges have fundamentally changed, and the developed methods for assessing risks have been improved. For this reason, IPKON RAS, with the support of Rostekhnadzor, assumed the role of the initiator of the project for the development of Federal rules and regulations in the field of industrial safety "Rules for ensuring the stability of the edges and benches of pits, open-pits and dumps", which contribute to improving the economic efficiency and safety of open pit mining, and ensuring the competitiveness of Russian enterprises at the world level. This first initiative will be the basis for further improvement of the regulatory and methodological and legislative framework in the field of design, construction and operation of mineral resources. Similar studies in coordination with Rostekhnadzor will continue in other directions.

Key words: innovative geotechnologies; ecological safety; industrial safety; regulatory framework; stability; efficiency; habitat human.

REFERENCES

1. Trubetskoy K. N., Kaplunov D. R., Ryl'nikova M. V. Problems and prospects in the resource-saving and resource-reproducing geotechnology development for comprehensive mineral wealth development. *Journal of Mining Science*, 2012, vol. 48, no. 4, pp. 688–693.
2. Trubetskoi K. N. *Razvitie resursoberegaiushchikh i resursovsproizvodiaschikh geotekhnologii kompleksnogo osvoeniia mestorozhdenii poleznykh iskopaemykh* [Development of resource-saving and resource-reproducing geotechnologies for mineral deposits comprehensive exploitation]. Moscow, IPKON RAS, 2014. 196 p.
3. Trubetskoy K. N., Vladimirov D. J., Pytalev I. A., Popova T. M. Robotic mining system with the open development of mineral deposits. *Mining magazine*, 2016, no. 5, pp. 21–27.
4. Ryl'nikova M. V., Vladimirov D. Ia., Fedotenko V. S., Esina E. N. [The use of intellectual systems and technologies under opencast mining of coal deposits with high stripping benches]. *Gornyi zhurnal – Mining Journal*, 2018, no. 1, pp. 32–36. (In Russ.)
5. Ryl'nikova M. V., Vladimirov D. J., Pytalev I. A., Popova T. M. Robotic geotechnologies as way of improving efficiency and ecologization of mineral resource management. *Journal of Mining Science*, 2017, no. 1, pp. 92–101.
6. Ryl'nikova M. V., Radchenko D. N. [Creation of the Russian scientific research center on environmentally sustainable cycle of comprehensive development of solid mineral deposits]. *Gornyi zhurnal – Mining Journal*, 2014, no. 12, pp. 4–7. (In Russ.)
7. Radchenko D. N., Lavenkov V. S., Gavrilenko V. V., Emel'ianenko E. A. *Sovmestnaya utilizatsiia otkhodov obogashcheniia pri kompleksnom osvoenii mestorozhdenii mnogokomponentnykh rud* [Combined disposing of washery refuse under comprehensive development of multicomponent ore deposits]. *Gornyi zhurnal – Mining Journal*, 2016, no. 12, pp. 87–93. (In Russ.)
8. Kovalev V. A., Fedotenko V. S. Technological aspects of transition to high bench stripping in Kuzbass. *Journal of Mining Science*, 2015, vol. 51, no. 5, pp. 865–872.
9. Thompson R., Hahn S., Pastor S. Development of mine haul road surfacing condition monitoring through digital image processing. *Mining Engineering*, 2015, vol. 67, no. 9, pp. 34–45.
10. Hoek E., Caranza-Torres C., Corcum B. Hoek–Brown failure criterion. *Proceedings of the North American Rock Mechanics Society. Mining Innovation and Technology*. Toronto, 2002, pp. 267–273.
11. Read J., Stacey P. Guidelines for open pit slope design. Collingwood, Vic, CSIRO Publ., 2009. 496 p.
12. Trubetskoi K. N., Ryl'nikova M. V., Ainbinder I. I., Esina E. N. [The initiatives of IPKON RAS over the improvement the normative legal framework for ensuring environmental and industrial safety of mining]. *50 let Rossiiskoi nauchnoi shkole kompleksnogo osvoeniia nedr Zemli: mater. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. 13–16 noiabria 2017 g.* [Proc. Int. Sci. to Pract. Conf. of 13th – 16th November, 2017 “50th anniversary of the Russian scientific school of comprehensive exploitation of mineral resources”]. Moscow, IPKON RAS Publ., 2017, pp. 20–24. (In Russ.)
13. Kaplunov D. R., Radchenko D. N. [The worked out areas: principles of multifunctional use in a full cycle of comprehensive exploitation of solid mineral deposits]. *Gornyi zhurnal – Mining Journal*, 2016, no. 5, pp. 28–33. (In Russ.)