

Особенности и перспективы реализации проекта федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила обеспечения устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов»

М.В. Рыльникова¹ ✉, А.И. Перепелицын², О.В. Зотеев³, И.Л. Никифорова¹

¹ Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук, г. Москва, Российская Федерация

² Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор), г. Москва, Российская Федерация

³ Институт горного дела Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Российская Федерация
✉rylnikova@mail.ru

Резюме: Эффективность функционирования горных предприятий, осуществляющих добычу полезных ископаемых открытым способом, в значительной мере зависит от решений, принятых на проектной стадии. Увеличение глубины и сроков эксплуатации карьеров, интенсификация производственных процессов, переход на добычу полезных ископаемых в труднодоступных регионах с недостаточно развитой социальной инфраструктурой, ужесточение требований промышленной и экологической безопасности горных работ предопределяют необходимость проектирования горных предприятий с рациональным сочетанием различных способов добычи полезных ископаемых, изыскания новых геотехнологических решений, оптимизации параметров горных работ, техники и технологий, повышения организационно-технологического уровня производства. Для этого на законодательном уровне должны быть закреплены нормы технологического проектирования горных предприятий с открытым способом добычи полезных ископаемых, соответствующие современным горным технологиям и знаниям о техногенном изменении недр Земли в соответствии с требованиями их комплексного освоения и сохранения. По инициативе Института проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук совместно с крупными горнодобывающими компаниями России и поддержке Ростехнадзора был организован проект и сформирована группа профильных специалистов по подготовке федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила обеспечения устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов». Подготовленные федеральные нормы и правила отличает учет инновационной направленности геотехнологий, возможность применения детерминированных и вероятностных методов, современных средств контроля и мониторинга геомеханического состояния массива и методов оценки и управления устойчивостью. Реализация проекта будет способствовать повышению экономической эффективности и безопасности разработки месторождений открытым способом, а также обеспечению долгосрочных конкурентных преимуществ российских предприятий на мировом уровне, что в современных условиях является весьма актуальным.

Ключевые слова: месторождения твердых полезных ископаемых, открытый способ добычи, карьер, устойчивость бортов и уступов, экологическая безопасность, промышленная безопасность, нормативная база, федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности

Благодарности: Работа выполнена в рамках ББФ ИПКОН РАН (тема № 0138-2014-0001).

Для цитирования: Рыльникова М.В., Перепелицын А.И., Зотеев О.В., Никифорова И.Л. Особенности и перспективы реализации проекта федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила обеспечения устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов». *Горная промышленность*. 2020;(1):132–139. DOI 10.30686/1609-9192-2020-1-132-139.

Features and prospects of the implementation of the draft federal norms and rules in the field of industrial safety «Rules for ensuring the stability of sides and ledges of quarries, open pits and dumps»

M.V. Rylnikova¹ ✉, A.I. Perepelitsyn², O.V. Zoteev³, I.L. Nikiforova¹

¹ Science Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

² Federal Service for Environmental, Technological and Nuclear Supervision (Rostekhnadzor), Moscow, Russian Federation

³ Science Institute of Mining Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russian Federation
✉rylnikova@mail.ru

Abstract: The effectiveness of the operation of mining enterprises engaged in open-pit mining of minerals largely depends on decisions made at the design stage. Increasing the life of quarries, switching to mining in hard-to-reach regions with a shortage of human resources, tightening the requirements of industrial and environmental safety of mining predetermine the need for designing mining enterprises with a rational combination of various methods of mining, finding new geotechnological

solutions, optimizing mining parameters works, equipment and technologies, raising the organizational and technological level of production. For this, the norms of the technological design of mining enterprises with an open method of mining must be fixed at the legislative level, corresponding to modern mining technologies and knowledge of the technogenic change of the Earth's bowels in accordance with the requirements of their comprehensive development and conservation. On the initiative of IPKON RAS and the support of Rostekhnadzor, together with large Russian mining companies, a project was organized and a group of specialized specialists was formed to prepare Federal norms and rules in the field of industrial safety "Rules for ensuring the stability of sides and ledges of quarries, open pits and dumps". Prepared FSFs are distinguished by taking into account the innovative orientation of geotechnologies, the possibility of applying deterministic and probabilistic methods, modern means of control and monitoring of the geomechanical state of the array, and methods for assessing and managing stability. The implementation of the project will contribute to increasing the economic efficiency and safety of open-pit mining of deposits, as well as ensuring long-term competitive advantages of Russian enterprises at the world level, which is very relevant in modern conditions.

Keywords: solid mineral deposits, open mining method, career, stability of sides and ledges, environmental Safety, Industrial Safety, normative base, Federal norms and rules in the field of industrial safety

Acknowledgements: The work was carried out within the framework of BBF IPKON RAS (Topic No.0138-2014-0001).

For citation: Rylnikova M.V., Perepelitsyn A.I., Zoteev O.V., Nikiforova I.L. Features and prospects of the implementation of the draft federal norms and rules in the field of industrial safety «Rules for ensuring the stability of sides and ledges of quarries, open pits and dumps». *Gornaya promyshlennost = Russian Mining Industry*. 2020;(1):132–139. (In Russ.) DOI 10.30686/1609-9192-2020-1-132-139.

Введение

На современном этапе научно-технического прогресса повышение эффективности открытой разра-ботки месторождений в решающей степени зависит от соответствия применяемых или планируемых к использованию технологических систем реальным природным условиям, внедрения рациональных сочетаний геотехнологических процессов на стадиях добычи и переработки минерального сырья, новейших инновационных горнотехнических систем с интеллектуальным горнотранспортным оборудованием, комплексов и систем возобновляемой энергетики, автоматизированных систем проектирования, расширения области применения комбинированной геотехнологии [1–3].

Однако проектное обеспечение внедрения инновационных технологий на новых и действующих объектах недропользования предопределяет необходимость совершенствования нормативно-технического регулирования открытой разработки месторождений твердых полезных ископаемых.

Нормативная база технологического проектирования открытых горных работ сформировалась еще в середине прошлого века и не учитывает появления новых технологических решений, обеспечивающих рациональное комплексное использование и охрану недр. Действующие в настоящее время нормы и стандарты, регламентирующие порядок оценки устойчивости бортов и уступов карьеров при их постановке на предельный контур, либо потеряли актуальность, либо содержат избыточные требования и ограничения, преследующие цель обеспечения требуемого уровня безопасности по всем процессам и операциям технологического цикла. В соответствии с ними для эксплуатируемых в особо сложных горнотехнических условиях карьеров проблема обеспечения эффективности освоения георесурсов и одновременно выполнения действующих требований законодательства в области промышленной и экологической безопасности часто входят в противоречие между собой.

Отсутствие или недостаточно полная разработка отдельных норм проектирования развития горных технологий, неучет возможности внедрения инновационной техники и технологии создают неоправданные сложности при разработке проектной документации, проведении ее государ-

ственной экспертизы, снижают оперативность решения вопросов управления горными предприятиями, сдерживают внедрение новых прогрессивных технологий [4].

В указанных условиях для повышения эффективности функционирования горных предприятий с открытым способом добычи в правовой сфере недропользования Российской Федерации необходимы адаптация действующих норм по геомеханическому обоснованию устойчивости бортов и уступов карьеров к современным условиям открытых горных работ, методам оценки и управления состоянием массива и горнотехнических конструкций, а также их синхронизация с мировой практикой.

Тенденции и перспективы развития открытых геотехнологий

За последние десятилетия существенно изменились горнотехнические, геомеханические и природно-климатические условия открытой разработки месторождений твердых полезных ископаемых, произошло кардинальное техническое перевооружение открытых горных работ, усовершенствован ряд существующих и предложены новые геотехнологии с высокими вскрышными уступами, искусственными бермами, применением циклично-поточной технологии в транспортной системе карьера, интеллектуального горнотранспортного оборудования, систем мониторинга в режиме реального времени (рис. 1).

Например, при освоении запасов полезных ископаемых в особо сложных горнотехнических условиях перспективным и инновационным направлением совершенствования способов добычи полезных ископаемых открытых горных работ является проектирование и внедрение искусственных интеллектуальных геотехнологий. Внедрение данных геотехнологий позволяет существенно повысить эффективность и безопасность горных работ за счет роботизации ключевых технологических процессов горного производства, удаления человека из опасной зоны ведения горных работ, устранения простоев и аварий, связанных с человеческими факторами, управления техникой в оптимальных режимах.

Снятие ограничений, связанных с необходимостью обеспечения безопасности условий труда человека, с развитием роботизированных технологий добычи полезных ископаемых, предполагает изменение требований к обо-



Рис. 1
Карьер трубки Юбилейная, глубина 470 м

Fig. 1
Yubileynaya diamond open-pit mine, depth of 470 m

снованию основных конструктивных параметров открытых горных работ, прежде всего высоты и угла откоса рабочих уступов и бортов карьеров в целом. Благодаря качественному изменению структуры управления горнотранспортным комплексом в рамках действующей горнотехнической системы на основе внедрения автоматизированных систем управления с соответствующими датчиками контроля пространственного положения рабочих органов и самой техники, величина таких конструктивных параметров карьера, как ширина полосы безопасности, ширина рабочей площадки, ширина транспортной бермы, может быть изменена исключительно исходя из минимальных габаритов и технических зазоров, обеспечивающих безопасную работу применяемого технологического оборудования с учетом отсутствия персонала непосредственно в забое (рис. 2).

Непрерывное развитие технических и технологических средств, внедрение инновационных технологий требует соответствующего научно-методического сопровождения проектирования горных работ, в отдельных случаях с разработкой обоснования безопасности на их выполнение при необходимости принятия отклонения от требований действующих норм промышленной безопасности или при необходимости введения дополнительных норм. Особое значение решение проблемы обеспечения устойчивости откосов имеет при проектировании комбинированных геотехнологий в связи с необходимостью совершенствования схем взаимодействия открытых, открыто-подземных и подземных горных работ в существенно изменяющихся горно-геологических, горнотехнических и экологических условиях.

За прошедшие десятилетия горной наукой получены принципиально новые знания о свойствах массивов горных пород, разработаны качественно новые методы получения достоверной исходной геомеханической и геодинамической информации о состоянии горного массива, методики анализа параметров деформирования и разрушения массивов, появилось множество программных ком-

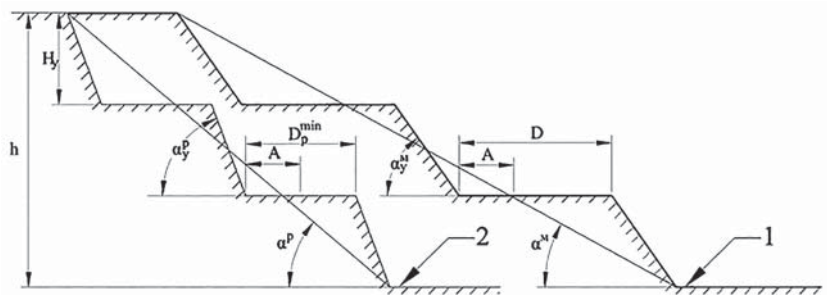


Рис. 2
Схема к расчету параметров борта карьера при использовании механизированной (1) и роботизированной (2) техники:
A – ширина заходки экскаватора, м;
 α_y^m, α_y^p – углы откоса уступа, град;
 α^m, α^p – результирующие углы откоса бортов карьера при добыче полезного ископаемого с использованием механизированной и роботизированной техники, град;
 H_y – высота уступа, м

Fig. 2
Schematic diagram for the calculation of pit-wall parameters for the use of mechanized (1) and robotic (2) equipment:
A – the width of the backshovel pass, m;
 α_y^m, α_y^p – the angle of bench slope, degrees;
 α^m, α^p – the resulting slope angles of the pit-walls when mining is done using mechanized and robotic equipment, degrees;
 H_y – the bench height, m

плексов и компьютерных разработок, с учетом которых методы оценки рисков и способы управления ими при выборе рациональных параметров бортов карьеров стали более надежными и совершенными.

Все чаще применяется двумерное и трехмерное математическое моделирование с применением различных программ или специализированных программных комплексов с возможностью перехода от плоскостного представления инженерно-геологической информации к объемному, учета специфики структурных особенностей в объеме массива горных пород, более полной оценкой роли тектонических напряжений при расчете устойчивости уступов и бортов карьеров в целом, проведения кинематического анализа устойчивости и оценки риска нарушения устойчивости не по заранее заданным гипотетическим плоскостям скольжения, а по наиболее вероятным поверхностям, определенным в ходе моделирования напряженно-деформированного состояния массива горных пород [5–7].

Соответственно, определение устойчивых параметров

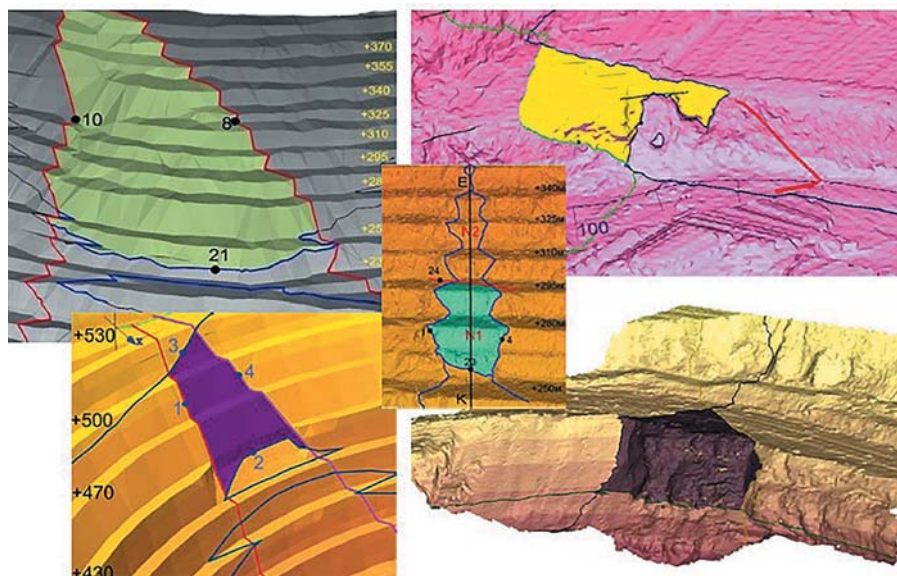


Рис. 3
Дифференцированная оценка структурных особенностей участков (доменов) горного массива и действующих тектонических напряжений и объемных сил, вызванных кривизной откосов в плане

Fig. 3
Differentiated assessment of structural features of rock mass areas (domains) and the acting tectonic stresses and bulk forces caused by slopes curving in plan view

горнотехнических конструкций осуществляется на основе трехмерной геомеханической модели месторождения с учетом районирования бортов карьера и выделения характерных доменов в соответствии со специфическим строением массива горных пород, его физико-механическими характеристиками, показателями структуры, интенсивностью техногенного трещинообразования и специфики условий действия сил трения и сцепления по поверхностям структурного ослабления (рис. 3).

Современные средства обработки исходных данных, многомасштабного моделирования, установления обратных связей между характеристиками техногенно изменяемых недр и параметрами инновационных геотехнологий при обосновании устойчивости горнотехнических конструкций позволяют учитывать совокупность действия гравитационных, тектонических и техногенных сил в неоднородном массиве с отличающимися деформационными и прочностными характеристиками и анизотропией свойств для всего многообразия вариантов развития геомеханических процессов в горнотехнической системе, что позволяет выбрать при проектировании горнотехнической системы приоритетный вариант ее развития и обосновать параметры.

Весьма важным элементом расчетов является выбор допустимого значения коэффициента запаса устойчивости. Анализ мировой практики горного дела, как зарубежной, так и отечественной, свидетельствует, что выбор коэффициента запаса устойчивости бортов, их участков, рабочих и нерабочих уступов карьера (разреза), а также отвалов должен осуществляться с учетом стадии освоения месторождения, определяющей степень надежности исходных данных и сроки стояния откосов, дифференцированно по характерным участкам с расчетом риска экономических убытков и риска травмирования людей [8; 9].

Снижение требований к надежности сохранения устойчивости борта влечет возможность уменьшения значения коэффициента запаса его устойчивости при обязательной

оценке риска развития неблагоприятных деформаций и разработке компенсирующих мероприятий на случай их реализации. В этой связи на глубоких горизонтах карьера приоритетным направлением обеспечения безопасности и повышения надежности достижения показателей открытых геотехнологий является развитие методов геомеханического мониторинга состояния горного массива вблизи выработанного карьерного пространства с оценкой риска.

Современные средства мониторинга устойчивости бортов, уступов и отвалов с использованием лазерного и радарного сканирования, космических и беспилотных летательных аппаратов позволяют визуализировать результаты комплексного мониторинга технологических и техногенных процессов, связанных с ведением горных работ, значительно ускорить и упростить процедуру создания цифровых моделей с необходимой степенью детализации для проектирования вариантов плана развития горных работ [10; 11]. В

частности, применение цифровых технологий, георадаров позволяет заблаговременно (по данным практики за срок до 3 ч) надежно прогнозировать развитие критических деформаций бортов и откосов и управлять рисками, связанными с обрушением потенциально неустойчивых участков [12; 13]. Это в целом создает условия для обеспечения безопасности при разработке особенно глубоких горизонтов карьера и позволяет проектировать борта карьеров с более крутыми углами откосов уступов.

В дальнейшем с учетом результатов структурной съемки массива, ведущейся в процессе отработки месторождения, разрабатываются дополнительные мероприятия по управлению устойчивостью откосов в период строительства, эксплуатации и между этапами реконструкции карьера (разреза).

Внедрение описанных инновационных и иных технических решений определяет необходимость совершенствования нормативно-правовой базы проектирования горных предприятий с открытым способом добычи полезных ископаемых, соответствующей современным горным технологиям и знаниям о техногенном изменении недр Земли [14; 15].

Совершенствование нормативно-правового регулирования открытых геотехнологий

В 2017 г. ИПКОН РАН по согласованию с Ростехнадзором принял на себя роль инициатора проекта по разработке Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила обеспечения устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов» (далее – ФНП), способствующих повышению экономической эффективности и безопасности разработки месторождений открытым способом в современных условиях.

Для подготовки ФНП организован проект «Обеспечение устойчивости откосов при открытых горных работах». Основной целью этого проекта явилась разработка нормативно-правовой документации, закрепляющей регламентиро-

ванные в установленном порядке правила по обеспечению устойчивости откосов бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов, учитывающих накопленный российский и международный опыт, адаптированных к российским условиям и рискам и ориентированных на возможность применения перспективных развивающихся и находящихся только в разработке инновационных открытых геотехнологий.

В соответствии с девизом проекта – «Открытость и устойчивость» («Open & Stability») – к участию в нем были приглашены все заинтересованные компании и физические лица, обеспечены открытость организационной и финансовой информации по этапам реализации проекта и гарантии в его реализации в течение обозначенного трехлетнего периода.

В результате в работе над проектом приняли участие ведущие специализированные проектные организации, представители академической и вузовской науки, профессиональных сообществ и ведущие специалисты в области открытых горных работ, включая: SRK Consulting (отв. А.Б. Макаров, В.И. Спирин, И.С. Ливинский), «ВИОГЕМ» (отв. Е.Б. Яницкий), Горный институт Кольского научного центра РАН, Институт горного дела УрО РАН (отв. А.А. Панжин), ИПКОН РАН, МГТУ им. Г.И. Носова, НИТУ МИСиС, Санкт-Петербургский горный университет (отв. С.В. Цирель, А.А. Павлович), ОАО ЯкутНИПРОалмаз ПАО «Алроса» (отв. О.В. Зотеев), УралВНИМИ, Южно-Уральский государственный университет и др. Оператором проекта выступает ООО «НИИОГР» (г. Челябинск). Авторы проекта ФНП благодарят за участие в разработке и финансировании проекта ведущие горные компании: АО «МХК «ЕвроХим», ООО УК «Металлоинвест» (ПАО «Михайловский ГОК», АО «Лебединский ГОК»), ПАО «ФосАгро», АК «АЛРОСА» (ПАО), АО «СУЭК».

Необходимо подчеркнуть, что обязательные требования, устанавливаемые в ФНП, основаны на учете современных достижений горной науки, техники и технологий, анализе отечественных и зарубежных нормативных правовых и нормативно-технических документов в области обеспечения устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов.

В состав ФНП включены требования:

– к объемам и достоверности исходных данных, необходимых для выполнения расчетов устойчивости методами предельного равновесия и математического моделирования в детерминированной и вероятностной постановках задач, с использованием современных программных комплексов;

– к методикам расчета устойчивости бортов, откосов уступов карьеров, разрезов и отвалов пород, выполняемых для различных сочетаний постоянных, временных и кратковременных нагрузок и воздействий;

– к выбору нормативных коэффициентов запаса устойчивости с учетом предъявляемых требований по надежности и с оценкой риска опасных проявлений критических деформаций и возникновения аварийных ситуаций.

Отличительной особенностью ФНП являются изменение требований к методам и порядку инженерно-геологического, гидрогеологического, геокриологического изучения природных и техногенных массивов горных пород с обоснованием стадийности изысканий и соответствующим этим стадиям объемам информации. Показателен дифференцированный подход к выбору коэффициента запаса устойчивости бортов, их участков, рабочих и нерабочих уступов, в том числе перспектив внедрения инновацион-

ных технологий с учетом степени участия производственного персонала в выполнении технологических процессов в рабочей зоне карьера.

В ФНП учтена специфика природно-климатических условий, криогенности массива горных пород, гидрогеологических условий, сейсмического воздействия взрывов и землетрясений, статических и динамических нагрузок от работы стационарного горнотранспортного оборудования, предусмотрено геодинамическое районирование участка недр в соответствии с условиями управления состоянием массива горных пород при открытой и комбинированной разработке месторождений.

В зависимости от этапа проектирования и класса опасности объекта определены условия применения методов предельного равновесия и численного моделирования как в детерминированной, так и в вероятностной постановках.

По сравнению с предыдущими нормативными документами, в разработанных ФНП при оценке устойчивости бортов карьеров, разрезов и отвалов предусмотрен учет влияния сейсмического воздействия взрыва. Допускается использовать два подхода для учета сейсмического воздействия от землетрясения: путем прямого введения в уравнение равновесия сейсмической силы или увеличения нормативного значения коэффициента запаса устойчивости.

В ФНП нашли отражение требования к оценке и способам управления устойчивостью откосов, методике организации мониторинга устойчивости уступов, бортов и отвалов и управлению состоянием массива. В ряде случаев мониторинг отвалов упрощен по сравнению с действующими нормативными документами.

В целях соответствия реализуемой в настоящее государственной политики по актуализации законодательства в области промышленной безопасности и внедрению риск-ориентированного подхода в ФНП в отдельное приложение вынесены вопросы оценки риска развития деформаций и нарушений устойчивости бортов карьеров, разрезов и отвалов с разработкой мероприятий по обеспечению безопасности при обнаружении критических деформаций [16–19].

В силу специфики горные предприятия, ведущие горные работы по открытой разработке полезных ископаемых, отнесены к опасным производственным объектам и их функционирование сопряжено с разной степенью риска. Так, из-за недостоверности информации и высокой неоднородности факторов, учитываемых при обосновании устойчивости откосов, природной изменчивости геологических и тектонических структур, геомеханических характеристик породного массива и поверхностей ослабления, гидрогеологических условий, а также ввиду допущений, присутствующих в расчетных методах и моделях, возникает риск развития критических деформаций откосов.

В контексте указанного подхода риск аварии определяется как мера опасности, характеризующая возможность возникновения аварийной ситуации на опасном производственном объекте и тяжесть ее последствий. Приемлемый риск аварии определен как риск, уровень которого допустим и обоснован, исходя из действующего социально-экономического освоения участка недр. Оценка риска аварии представляет собой процесс, используемый для определения вероятности (или частоты) реализации опасности аварии и степени тяжести ее последствий для здоровья людей, имущества и/или окружающей природной среды.

Одним из способов такой оценки является матрица рисков, на основе которой вырабатывается стратегия по необходимым мерам реагирования на различные уровни рисков. Учет существующих рисков позволяет эффективно осуществлять оперативное управление рисками с целью не допустить реализации аварийной ситуации или снизить тяжесть ее последствий [17; 18].

Таким образом, риск-ориентированный подход в ФНП позволяет объективно оценить возможность образования случайных негативных событий при текущем уровне изученности месторождения, поддерживать приемлемый уровень риска и применять наиболее рациональные профилактические мероприятия на протяжении всего срока отработки карьера.

В целом проект реализуется в рамках «регуляторной гильотины» и направлен на формирование современной нормативной базы в области рационального недропользования, основанной на выявлении наиболее значимых рисков при открытой и комбинированной геотехнологии и их снижении до приемлемого уровня¹. Ввод раздела по оценке рисков в разработанные ФНП обусловлен также тем, что Ростехнадзор планирует пересмотреть действующие нормативно-правовые акты в сфере недропользования и актуализировать эти документы с учетом риск-ориентированного подхода и современного уровня технологического развития. Эту работу необходимо провести до 1 января 2021 г. С этого срока должны действовать только актуализированные нормы.

Для публичного обсуждения основного содержания проекта ФНП и приложений к нему только в течение 2019 г. были проведены Круглые столы в рамках мероприятий: «Неделя горняка – 2019» (г. Москва, 28 января – 01 февраля 2019 г.) и X Международная конференция «Комбинированная геотехнология: переход к новому технологическому укладу» (г. Магнитогорск, 29–30 мая 2019 г.).

Также результаты работы по проекту ФНП были доложены и обсуждены на VI Международной научно-технической конференции «Решение экологических и технологических проблем горных производств на территории России, ближнего и дальнего зарубежья» (28–29 марта 2019 г., Москва, «ВНИПИПромтехнологии»), региональном совещании «Государственная экспертиза проектной документации объектов угольной и горнорудной промышленности. Основные пути совершенствования проектной документации» (18–19 апреля 2019 г., Красноярск, ФАУ «Главгосэкспертиза России»), а также на практическом семинаре «Проектирование разработки месторождений твердых полезных ископаемых с использованием наилучших доступных технологий – основа рационального и комплексного освоения недр» (09–11 апреля 2019 г., Центральная комиссия по разработке месторождений твердых полезных ископаемых (ЦКР-ГПИ Роснедр)).

В ИПКОН РАН регулярно проводились технические совещания рабочей группы. По результатам обсуждения в проект вносились изменения и дополнения с учетом поступивших замечаний и предложений недропользователей, основных исполнителей проекта, представителей научных организаций, надзорных и экспертных органов.

В настоящее время проект ФНП опубликован и передан в Федеральную службу по экологическому, технологическому и атомному надзору (управление горного надзора и

управление по надзору в угольной промышленности) и в ФАУ «Главгосэкспертиза России».

Для удобства недропользователей при реализации требований новых ФНП определена структура методических руководств. В рамках действующего проекта разработки ФНП предусмотрена разработка трех документов, сроки принятия к фактической реализации которых будут быть определены после утверждения ФНП:

- Методическое руководство по инженерно-геологическому, гидрогеологическому изучению и районированию массивов горных пород;

- Методическое руководство по определению параметров бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов;

- Методическое руководство по мониторингу оценки риска развития деформаций и управлению устойчивостью бортов и уступов, карьеров, разрезов и отвалов.

На 2020 г. запланировано представление основного содержания ФНП в профильные министерства и ведомства, Минюст России, его согласование и утверждение в соответствии с действующим законодательством².

Заключение

В современных условиях непрерывного расширения масштабов открытых горных работ, увеличения глубины карьеров и сроков их службы вопросы повышения экономической эффективности, промышленной безопасности и экологичности горных работ требуют новых принципов проектирования горнотехнических систем на основе внедрения инновационных открытых геотехнологий, что определяет необходимость совершенствования нормативной базы, регламентирующей безопасное и эффективное освоение недр.

Разработка Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила обеспечения устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов», необходимых как недропользователям, специализированным проектным организациям, специалистам в области открытых горных работ, так и экспертным органам, стала возможна только при объединении усилий всех заинтересованных сторон.

Внедрение новых правил в практику позволит расширить область применения открытых геотехнологий, оптимизировать параметры бортов и уступов карьеров и отвалов, повысить полноту освоения месторождений твердых полезных ископаемых открытым и комбинированным способами при обеспечении требуемого уровня безопасности горных работ, синхронизировать отечественные и мировые нормы проектного обоснования устойчивости откосов, определить формат требований Главгосэкспертизы России к принятию проектных решений.

¹ План мероприятий («дорожная карта») по реализации механизма «регуляторной гильотины»: утв. Председателем Правительства Российской Федерации от 29.05.2019 г. № 4714п-ПЗБ.

² Более подробно с материалами о продвижении проекта можно ознакомиться на сайте <http://opst.ipkonran.pф>.

Список литературы

1. Каплунов Д.Р., Чаплыгин Н.Н., Рыльникова М.В. Принципы проектирования комбинированных технологий при освоении крупных месторождений твердых полезных ископаемых. *Горный журнал*. 2003;(12):21–25.
2. Трубецкой К.Н., Рыльникова М.В., Владимиров Д.Я., Пыталев И.А. Условия и перспективы внедрения роботизированных геотехнологий при открытой разработке месторождений. *Горный журнал*. 2017;(11):60–64. DOI: 10.17580/gzh.2017.11.11.
3. Плакиткин Ю.А., Плакиткина Л.С. Программы «Индустрия-4.0» и «Цифровая экономика Российской Федерации» – возможности и перспективы в угольной промышленности. *Горная промышленность*. 2018;(1):22–28. DOI: 10.30686/1609-9192-2018-1-137-22-28.
4. Зотеев В.Г., Зотеев О.В. О необходимости совершенствования нормативно-методической базы по геомеханическому обеспечению открытых горных работ. *Горный журнал*. 2010;(1):66–68.
5. Ливинский И.С., Митрофанов А.Ф., Макаров А.Б. Комплексное геомеханическое моделирование: структура, геология, разумная достаточность. *Горный журнал*. 2017;(8):51–55. DOI: 10.17580/gzh.2017.08.09.
6. Schlotfeldt P., Elmo D., Panton B. Overhanging rock slope by design: An integrated approach using rock mass strength characterisation, large-scale numerical modelling and limit equilibrium methods. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*. 2018;10(1):72–90. DOI: 10.1016/j.jrmge.2017.09.008.
7. Bowa V.M., Xia Y., Yan M., Kabwe E. Toppling of the jointed rock slope with counter-tilted weak planes influenced by the response to local earthquakes. *International Journal Mining and Mineral Engineering*. 2018;9(4):302–320. DOI:10.1504/ijmme.2018.10018502.
8. Цирель С.В., Павлович А.А., Мельников Н.Я. Применение физического моделирования для установления критериев потери устойчивости прибортового массива. *Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле*. 2017;(2):145–152.
9. Цирель С.В., Павлович А.А. Проблемы и пути развития методов геомеханического обоснования параметров бортов карьеров. *Горный журнал*. 2017;(7):39–45. DOI: 10.17580/gzh.2017.07.07.
10. Рыбин В.В., Жиров Д.В., Мелихова Г.С., Климов С.А. Комплексная методика инженерно-структурных исследований и мониторинга геомеханического состояния массива пород в целях проектирования и эксплуатации глубоких карьеров. В: *Современная тектонофизика. Методы и результаты: материалы Второй молодежной школы семинара, г. Москва, 17–21 октября 2011 г.* М.: Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН; 2011. С. 100–109.
11. Резниченко С.С., Сытенков В.Н., Наимова Р.Ш. Организация комплексной системы мониторинга устойчивости бортов и уступов глубоких карьеров с использованием современного геодезического оборудования. *Рациональное освоение недр*. 2017;(2):56–67.
12. Коли Н., Райх У. Мониторинг в реальном времени устойчивости бортов карьера с помощью усовершенствованной радиолокационной технологии. *Маркшейдерский вестник*. 2016;(2):31–35.
13. Atzeni C., Barla M., Pieraccini F., Antolini A. Early warning monitoring of natural and engineered slopes with Ground-Based Synthetic Aperture Radar. *Rock Mechanics and Rock Engineering*. 2015;48(1):235–246. DOI: 10.1007/s00603-014-0554-4.
14. Захаров В.Н., Рыльникова М.В., Никифорова И.Л. Развитие научно-методических основ проектирования горнотехнических систем при открытой разработке месторождений. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2017;(S37):13–26. DOI: 10.25018/0236-1493-2017-12-37-13-26.
15. Рыльникова М.В., Зотеев О.В., Никифорова И.Л. Развитие нормативной базы в области обеспечения устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов. *Горная промышленность*. 2018;(3):95–98. DOI: 10.30686/1609-9192-2018-3-139-95-98.
16. Хормазабаль Э. Проектирование конструктивных элементов борта карьера с использованием метода вероятностного анализа ключевых блоков. *Горный журнал*. 2015;(3):38–45. DOI: 10.17580/gzh.2015.03.06.
17. Спириин В.И., Ливинский И.С., Хормазабаль Э. Оптимизация конструкций бортов карьеров на основе оценки рисков. *Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле*. 2019;(3):317–331.
18. Contreras L.-F. Quantitative evaluation of economic risk for pit slope design. *Newsletter*. 2018;(47).
19. Golestanifar M., Ahangari K., Goshtasbi K., Akbari Dehkharghani A., Terbrugge P. Governing risk elements through open pit slope optimization. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*. 2018;118(1):47–55. DOI: 10.17159/2411-9717/2018/v118n1a6.

References

1. Kaplunov D. R., Chaplygin N. N., Rylnikova M. V. Design principles for combined technologies in development of large-scale solid mineral deposits. *Gornyi Zhurnal*. 2003;(12):21–25. (In Russ.)
2. Trubetskoy K. N., Rylnikova M. V., Vladimirov D. Ya., Pytalev I. A. Provisions and prospects for introduction of robotic geotechnologies in open pit mining. *Gornyi Zhurnal*. 2017;(11):60–64. (In Russ.) DOI: 10.17580/gzh.2017.11.11.
3. Plakitkin Yu. A., Plakitkina L. S. Programs Industry-4.0 and Digital Economy of the Russian Federation – Opportunities and Horizons in the Coal Sector. *Gornaya promyshlennost = Russian Mining Industry*. 2018;(1):22–28. (In Russ.) DOI: 10.30686/1609-9192-2018-1-137-22-28.
4. Zoteev V. G., Zoteev O. V. Regarding the need to improve the regulatory and methodological base for geomechanical support of opencast mining operations. *Gornyi Zhurnal*. 2010;(1):66–68. (In Russ.)
5. Livinskiy I. S., Mitrofanov A. F., Makarov A. B. Complex geomechanical modeling: structure, geology, reasonable sufficiency. *Gornyi Zhurnal*. 2017;(8):51–55. (In Russ.) DOI: 10.17580/gzh.2017.08.09.
6. Schlotfeldt P., Elmo D., Panton B. Overhanging rock slope by design: An integrated approach using rock mass strength characterisation, large-scale numerical modelling and limit equilibrium methods. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*. 2018;10(1):72–90. DOI: 10.1016/j.jrmge.2017.09.008.
7. Bowa V. M., Xia Y., Yan M., Kabwe E. Toppling of the jointed rock slope with counter-tilted weak planes influenced by the response to local earthquakes. *International Journal Mining and Mineral Engineering*. 2018;9(4):302–320. DOI:10.1504/ijmme.2018.10018502.
8. Tsirel S. V., Pavlovich A. A., Melnikov N. Ya. Application of physical modeling for establish criteria of loss of pit wall’s stability. *Izvestija Tulsogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o zemle*. 2017;(2):145–152. (In Russ.)
9. Tsirel S. V., Pavlovich A. A. Challenges and advancement in geomechanical justification of pit wall designs. *Gornyi Zhurnal*. 2017;(7):39–45. (In Russ.) DOI: 10.17580/gzh.2017.07.07.
10. Rybin V. V., Zhiron D. V., Melikhova G. S., Klimov S. A. Integrated methodology of engineering structural research and monitoring of the

geomechanical state of the rock mass for the design and operation of deep pits. In: *Contemporary Tectonophysics. Methods and Results: Proceedings of the Second Youth Educational Seminar, Moscow, October 17-21, 2011*. Moscow: The Schmidt Institute of Physics of the Earth of the Russian Academy of Sciences; 2011, pp. 100–109. (In Russ.)

11. Reznichenko S. S., Sytenkov V. N., Naimova R. Sh. Organization the slope and ledge stability comprehensive monitoring system on deep open pit mines using modern geodesic equipment. *Ratsionalnoe osvoenie nedr*. 2017;(2):56–67. (In Russ.)
12. Koli N., Raykh U. Monitoring in real time of stability of boards of final borders of the pit by means of advanced radar technology. *Marksheiderskii vestnik = Mine Surveying Bulletin*. 2016;(2):31–35. (In Russ.)
13. Atzeni C., Barla M., Pieraccini F., Antolini A. Early warning monitoring of natural and engineered slopes with Ground-Based Synthetic-Aperture Radar. *Rock Mechanics and Rock Engineering*. 2015;48(1):235–246. DOI: 10.1007/s00603-014-0554-4.
14. Zakharov V. N., Rylnikova M. V., Nikiforova I. L. Development of scientific and methodological foundations for the design of mining systems in open pit development. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2017;(S37):13–26. (In Russ.) DOI: 10.25018/0236-1493-2017-12-37-13-26.
15. Rylnikova M. V., Zoteev O. V., Nikiforova I. L. Development of the regulatory framework to provide the stability of pitwalls and benches of quarries, opencast mines and spoil dumps. *Gornaya promyshlennost = Russian Mining Industry*. 2018;(3):95–98. (In Russ.) DOI: 10.30686/1609-9192-2018-3-139-95-98.
16. Hormazabal E. Designing of pit-wall structural elements using the method of key blocks probabilistic analysis. *Gornyi Zhurnal*. 2015;(3):38–45. (In Russ.) DOI: 10.17580/gzh.2015.03.06.
17. Spirin V. I., Livinskiy I. S., Hormazabal E. Risk-based optimization of open pit slopes. *Izvestija Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o zemle*. 2019;(3):317–331. (In Russ.)
18. Contreras L.-F. Quantitative evaluation of economic risk for pit slope design. *Newsletter*. 2018;(47).
19. Golestanifar M., Ahangari K., Goshtasbi K., Akbari Dehkharghani A., Terbrugge P. Governing risk elements through open pit slope optimization. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*. 2018;118(1):47–55. DOI: 10.17159/2411-9717/2018/v118n1a6.

Информация об авторах

Рыльникова Марина Владимировна – профессор, доктор технических наук, заведующий отделом теории проектирования освоения недр Института проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук, г. Москва, Российская Федерация; e-mail: rylnikova@mail.ru.

Перепелицын Александр Иванович – кандидат технических наук, Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук, г. Москва, Российская Федерация.

Зотеев Олег Вадимович – профессор, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник, Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук, г. Москва, Российская Федерация.

Никифорова Ирина Львовна – научный сотрудник отдела проблем управления освоением и сохранением недр Земли Института проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук, г. Москва, Российская Федерация.

Информация о статье

Поступила в редакцию: 20.12.2019

Поступила после рецензирования: 16.01.2020

Принята к публикации: 21.01.2020

Information about the author

Marina V. Rylnikova – Professor, Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Theory of Design of Subsoil Development of Science Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation; e-mail: rylnikova@mail.ru.

Alexander I. Perepelitsyn – Candidate of Technical Sciences, Science Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation.

Oleg V. Zoteev – Professor, Doctor of Technical Sciences, Science Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation.

Irina L. Nikiforova – Researcher of the Department of Problems of Management of the Development and Preservation of the Earth's bowels of Science Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation.

Article info

Received: 20.12.2019

Revised: 16.01.2020

Accepted: 21.01.2020