© Д.В. Жиров, В.А. Сохарев, В.В. Рыбин, С.А. Климов, Г.С. Мелихова, 2014

УДК 551.24.035, 502.057

Д.В. Жиров, В.А. Сохарев, В.В. Рыбин, С.А. Климов, Г.С. Мелихова

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОМУ И ГЕОМЕХАНИЧЕСКОМУ РАЙОНИРОВАНИЮ В ЦЕЛЯХ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТ ПО ЗАКРЕПЛЕНИЮ/СТАБИЛИЗАЦИИ УСТУПОВ КАРЬЕРА НА ПРИМЕРЕ МАССИВА ПОРОД РУДНИКА «ЖЕЛЕЗНЫЙ» ОАО «КОВДОРСКИЙ ГОК»[*]

Освоение глубоких и сверхглубоких горизонтов месторождений выдвигает повышенные требования к безопасности горных работ. На примере Ковдорского бадделеит-апатит-магнетитового месторождения показано, что заблаговременное проведение инженерно-геологического и геомеханического районирования позволяет повысить точность и возможности прогноза рисков нарушения устойчивости элементов конструкции карьера на различных этапах развития рудника, а также обосновать комплекс мероприятий по обеспечению безопасности горных работ. Тем самым у предприятия появляется реальная возможность адекватной оценки и управления рисками за счет своевременного планирования и осуществления соответствующих мероприятий. На примере массива пород рудника «Железный» ОАО «Ковдорский ГОК» рассмотрены основные принципы и методические подходы к инженерно-геологическому и геомеханическому районированию в целях оптимизации работ по закреплению/стабилизации уступов карьера.

Ключевые слова: инженерно-геологический, геомеханический, геодинамический, районирование, прогноз, опасные геологические (геофизические) и техногенные процессы, массив пород, горнорудный, карьер, рудник.

Введение

Для горнорудных предприятий России, построенных еще в советский период на базе крупных-гигантских месторождений, ключевым негативным фактором является истощение легкодоступной приповерхностной части месторождений за 30–70-летний период их эксплуатации. В современных реалиях и условиях хозяйствования для большинства из ГОК-ов на практике это означает выход горнорудного производства на убыточность или экономическую неустойчивость, что подталкивает собственника к отказу от продолжения деятельности и от всех социально-экономических обременений по персоналу и моногородам в целом. Таким образом, перед градообразующими предприятиями остро стоит дилемма закрытия производства или принятия решения о продолжении работы в состоянии недооцененных и плохо контролируемых экономических, экологических и опасных геолого-геофизических факторов. К таковым относятся: снижение с глубиной объемов

[*] Исследования выполнены при финансовой поддержке грантов РФФИ 12064 офи_м (научн. рук. проф., д.т.н. А.А. Козырев) и РФФИ 12055 офи_м (научн. рук. акад. РАН Ф.П. Митрофанов), а также хоздоговоров НИР с ОАО «Ковдорский ГОК».

и содержаний полезных компонентов, ухудшение качественных показателей и технологических свойств руд, усложнение горнотехнических и инженерно-геологических условий отработки, возрастание природной и техногенно-индуцированной геодинамической активности недр, обуславливающей негативные, подчас катастрофические явления и процессы. Неопределенность и слабая изученность этих факторов не позволяет выработать комплексное научно-методическое и технологическое решение поставленной проблемы, что в свою очередь негативно сказывается на оценке рисков, целесообразности и эффективности продолжения горнорудной деятельности. Часто положение усугубляет невозможность осуществить разноску бортов карьера в ходе его углубления вследствие близости к границам существующей горно-капитальной инфраструктуры и/или населенного пункта.

Настоящая работа посвящена методическим аспектам инженерно-геологического и геомеханического районирования в целях оптимизации работ по закреплению/стабилизации элементов конструкции карьера на примере выполнения этих исследований в руднике «Железный» ОАО «Ковдорский ГОК» [1]. Их результаты позволяют решить следующие задачи: – планирование и управление геодинамической безопасностью горных работ на глубоких горизонтах месторождений за счет выявления и ранжирования опасных геолого-геофизических процессов и явлений; – разработка системы поддержки управленческих решений по обеспечению геодинамической безопасности в ходе добычи твердых полезных ископаемых (ТПИ) за счет своевременного планирования и реализации мероприятий по закреплению уступов. Работа в такой постановке и комплексе решаемых задач выполнена впервые.

Основные принципы и методические подходы к инженерно-геологическому и геомеханическому районированию в целях оптимизации работ по закреплению / стабилизации элементов конструкции карьера

Под процессом районирования подразумевается выделение и геометризация (зонирование) однородных по каким-либо свойствам и их показателям участков или элементов строения массива пород месторождения. Подробный анализ основных тематических источников [1–21] показывает значительное разнообразие видов районирования по специализации, целевому предназначению и используемым методам и подходам. В наиболее широком комплексе решаемых задач используется инженерно-геологическое районирование с обособлением основных неоднородностей и литотипов (петротипов) массива пород по физико-механическим, гидрогеологическим, геологическим (литологическим – петрографическим) и структурным свойствам и их параметрам [5–11, 13]. При этом в зависимости от целевого предназначения могут выполнятся, как любые отдельные составные части этого перечня, так и иные их сочетания. Геодинамическое районирование имеет более узкую специализацию и служит для выявления и геометризации геодинамически активных (или/и потенциально активных) структур, установления их кинематики и трендов изменения активности, а также динамического взаимодействия (блоков/структур) [2, 3, 12]. Геомеханическое районирование осуществляется на основе деформационных свойств массива пород, полей модифицированных (вокруг карьерной выемки) и исходных (реконструированных) напряжений, а также с учетом особенностей и закономерностей их изменений в процессе добычи полезных ископаемых

Рис. 1. Инфологическая схема методики инженерно-геологического и геомеханического районирования в целях оптимизации работ по закреплению/стабилизации уступов и борта

[22]. Микросейсмическое и сейсмическое районирование проводится по результатам картирования сейсмической опасности, основанного на идентификации зон возникновения очагов землетрясений и изучении сейсмического эффекта от них на земной поверхности [16, 23]. В итоговом виде оно отражает вероятность возникновения и возможного превышения сейсмической интенсивности (в баллах шкалы MSK-64) на рассматриваемой территории за заданный период времени. Несмотря на многообразие перечисленных видов районирования, практических рекомендаций и опыта проведения исследований по заявленному целевому предназначению (оптимизации работ по закреплению/стабилизации элементов конструкции карьера) во всех проанализированных источниках (литературных, фондовых, интернет ресурсах, базах патентов) найти не удалось. Вся отечественная и мировая практика закрепления склонов, уступов и слабых грунтов в горном деле, гидротехническом и дорожном строительстве, а также в других отраслях оперирует, либо с выявленным индивидуальным объектом, например разломом, ослабленной поверхностью, оползнем, особо ответственным участком и т.п., либо с тотальным применением определенного способа крепления на всей поверхности выработки, склона, уступа или во всем объеме закрепляемых грунтов [24, 25]. Таким образом, во-

просы комплексного районирования и ранжирования объектов и потенциальных опасностей с выходом на дифференцированный подход к стабилизации конечного контура карьера пока еще не достаточно освещены. В связи с этим в ходе выполнения тематического проекта НИР в руднике «Железный» ОАО «Ковдорский ГОК» коллективу авторов пришлось разработать научно-методические подходы к организации и проведению специализированного районирования, а также состав и последовательность выполнения необходимых действий [1].

В основу методики районирования в целях оптимизации работ по закреплению/стабилизации элементов конструкции карьера были положены стадийный (метод последовательного приближения) и тематический подходы, что позволило организовать исследования и работы в зависимости от очередности выполнения и смыслового наполнения следующим образом (рис. 1):

1) Районирования по видам и интенсивности опасных геолого-геофизических явлений и процессов, типам ожидаемых деформаций и соответствующих объектов крепления (структурных неоднородностей и участков конструкции борта карьера).

2) Районирование по целевому предназначению и объектам, нуждающимся в креплении, в увязке со способами и средствами крепления.

3) Районирование по целесообразности крепления выделенных объектов, исходя из оценки баланса ожидаемых потенциальных потерь, с одной стороны, и ресурсных затрат на стабилизацию конструкции карьера и предотвращение деформаций, с другой.

Предложенная очередность или стадийность районирования отражает алгоритм получения ответов на последовательно задаваемые вопросы: «Какие элементы строения или участки конструкции борта карьера нуждаются в креплении/стабилизации? → Как это закрепить/стабилизировать? → Насколько эффективно, затратно и целесообразно решение проблемы за счет закрепления/стабилизации в сравнении с альтернативными решениями (например, посредством частичного изменения проектного контура)?». При ответе на последний вопрос фильтруется совокупность объектов и связанных с ними решений, которые наиболее выгодны для предприятия по соотношению ресурсоемкости, эффективности, инертности исполнения и безопасности горных работ.

Необходимо отметить, что каждая из последующих стадий районирования базируется на результатах анализа предыдущей. Применение этих принципов и подходов позволяет выполнить поставленную цель стадийно, комплексно, рационально и максимально эффективно и сбалансированно с точки зрения экономики и обеспечения безопасности эксплуатации карьера. Их практическая реализация в совокупности дает исчерпывающий комплекс исходных параметров для принятия решения о: наличии потенциально опасных объектов и их пространственной локализации и геометризации; рациональных способах закрепления в соответствии с типами и масштабом выделенных структурных неоднородностей; пространственно-временных индикаторах для реализации мероприятий по закреплению (стабилизации) конструкции карьера; итоговой оценке целесообразности/необходимости крепления конкретных участков и структур в сравнении с альтернативными решениями.

По результатам выполнения тематической НИР [1] для условий рудника «Железный» ОАО Ковдорский ГОК были определены наиболее опасные геологические (геофизические) факторы, которые ранжирова-

ны от наименее к наиболее значимым по степени негативного влияния на устойчивость конструкции карьера следующим образом:

• неблагоприятное положение и залегание геологических границ;

• физико-механические свойства и агрегатное состояние массива пород;

• гидрогеология и гидрология;

• напряженно-деформированное состояние (НДС);

• опасные и потенциально опасные структурные неоднородности, разрывная тектоника и трещиноватость.

Интенсивность проявления деформаций и нарушения целостности уступов и участков борта.

Каждый из перечисленных факторов характеризуется различными интенсивностью и пространственно-временными закономерностями проявления/развития, в соответствии с которыми производится их дискретное или градационное ранжирование и вынесение границ/зон в виде соответствующего слоя на карту опасных геолого-структурных процессов и явлений карьерного поля. Пространственное совмещение/наложение нескольких (особенно наиболее интенсивно проявленных) опасных факторов в одном месте маркирует первоочередные объекты и участки для первоочередного внимательного рассмотрения вопроса о необходимости их закрепления. В итоге мы получаем совокупность участков и объектов, нуждающихся в креплении/стабилизациии различающихся между собой по инженерно-геологическим условиям и глубине развития опасного процесса или залегания от контура карьера.

Чтобы перейти к следующей стадии районирования (по целевому предназначению и объектам, нуждающимся в креплении), были выделены уровни по глубинности закрепляемого объекта (от поверхности уступа/склона) с выделением 3-х основных типов: – ближняя зона (до 3–6 м от контура); – средняя зона (от 5 м до 15–18 м от контура); дальняя зона (от 20 м до 100–120 м от контура). Этим группам соответствуют основные типы нуждающихся в закреплении/стабилизации объектов: – приповерхностная площадная зона интенсивной дезинтеграции пород, линейные с штаффелитами зоны дезинтеграции пород и зоны тектонического дробления и катаклаза; – зоны интенсивного развития клиновидных и комбинированных мало-среднеобъемных деформаций, опасных с точки зрения развития нарушения целостности/устойчивости части уступа; – зоны развития плоскостных структурных элементов и отдельные крупные трещины – разрывные нарушения, опасные с точки зрения развития деформаций и обрушений уступов – групп уступов. Таким образом, в соответствии с этими классификациям определились 5 групп объектов по целевому предназначению закрепления во взаимосвязи с рекомендованными, оптимальными по достигаемому эффекту способами, средствами и технологией закрепления (таблица). При этом были учены: пространственное положение и морфология структурной неоднородности, границы и интенсивность проявления различных опасных геолого-геофизических процессов, глубина закрепляемой зоны, используемые материалы и методика крепления, объем возможной деформации, величины ожидаемого гравитационного давления и действующих сил в опасной плоскости или поверхности и др. Например, для техногенно нарушенной трещиноватой приповерхностной зоны уступов целевым предназначением будет предотвращение вывалов и падений кусков/отдельностей породы, а для протяженной притертой плоскости, падающей под углами 30–55° в

Соответствие рекомендованных типовых способов крепления / стабилизации элементов конструкции карьера выявленным разновидностям структурных неоднородностей

№	Группа структурных неоднородностей	Рекомендованные типовые способы крепления, стабилизации и сохранения устойчивости конструкции карьера
1.	Зона дезинтеграции пород (площадная и линейная коры выветривания)	Приведение склона к углу естественного откоса, проведение профилактических мероприятий по перехвату и отводу грунтовых вод: осушение – дренаж вокруг объектов эрозии, засев склона растительностью, омоноличивание/укрепление поверхности склона проливкой специальных составов, забутовка оврагов и оползней скальной породой.
2.	Нарушенная зона верхней части уступа и приконтурного массива	Сетчатая, пассивная анкерно-сетчатая и тросово-сетчатая крепь/завесы.
3.	Зона развития мало-среднеобъемных деформаций клиновидного и комбинированного типов	Активная (предварительно нагруженная) анкерная (анкерно-штанговая и анкерно-тросовая крепь) с заведением замка за поверхность вглубь массива пород трещин на 3–5 м.
4.	Зона развития мало-среднеобъемных деформаций плоскостного типа (нарушение устойчивости части уступа)	Групповое анкерное крепление предварительно нагруженными штангами (нагелями) с заведением замка за поверхность вглубь массива пород трещин на 3–5 м и анкерами с тросовым или сеточным закреплением поверхности склона-уступа.
5.	Протяженная «ослабленная зона» в виде ровной или волнистой плоскости (или пакета плоскостей), потенциально опасная с точки зрения реализации обрушения плоскостного типа в пределах уступа – нескольких уступов	Изменение конструкции карьера или групповое предварительно натяженное анкерно-троссовое (тяжи), штанговое (анкерное) или свайное крепления с заведением замка за поверхность вглубь ненарушенного массива пород на 5–8–10 м, дополнительно – варианты смоло-полимерного инъецирования – омоноличивания поверхности(-ей) разрывного нарушения.

сторону карьерной выемки, в средней зоне дальности необходимо достичь закрепления вышележащего («висячего») блока (частично разбитого и дезинтегрированного) с мало нарушенной («подстилающей») частью массива пород. Очевидно, что для этих случаев применяемые расчетные схемы, способы, техника и методы закрепления различаются принципиально: для приповерхностной разбитой части уступа целью является предотвращение смещений отдельных кусков и блоков относительно друг друга (сетчатая, анкерно-сетчатая или анкерно-тросовая завеса), а для плоскости – удержание подвешенной части массива пород за счет сил трения и прочности на растяжение и срез элементов крепи (анкерная пассивная или предварительно натяженная крепь, с заведенными замками за поверхность структурной неоднородности).

Заключительным этапом инженерно-геологического и геомеханического районирования в целях оптимизации работ по закреплению/стабилизации уступов и участков борта является комплексная оценка целесообразности/необходимости этих действий, исходя из баланса, с одной стороны, ожидаемых потен-

циальных потерь в случае реализации негативного сценария и, с другой стороны, расходов на предотвращение нарушения устойчивости или целостности элементов конструкции карьера посредством их закрепления и стабилизации или изменения конечного контура частично или в целом. Суть данной операции заключается в том, что методами прямых технико-эконоческих расчетов затрат, оценки устойчивости элементов конструкции карьера с учетом требований обеспечения безопасности работы предприятия на всех стадиях строительства и эксплуатации карьера, а также расчета вмененных потенциальных потерь в случае реализации негативного сценария, определяются (фильтруются) из общего числа проблемных участков только ключевые, непосредственно влияющие на эффективность и безопасность функционирования предприятия. Критериями для выделения таких участков являются: многократное превышение потерь над затратами по закреплению/стабилизации уступов и борта карьера; возможные катастрофические последствия с жертвами и уничтожением основной производственной инфраструктуры и техники; большой объем инвестиций по восстановлению/нейтрализации возможных последствий; временной фактор: остановка производства, отмена или существенный пересмотр производственного/инвестиционного плана и графиков и т.п.

По результатам выполнения всех промежуточных стадий и операций, связанных с инженерно-геологическим и геомеханическим районированием в целях оптимизации работ по закреплению/стабилизации уступов и участков борта в карьере рудника «Железный» ОАО «Ковдорский ГОК», было выделено в рамках действующего проекта отработки 7 первоочередных объектов (рис. 2), которые по степени важности и актуальности разработки специальных мероприятий сгруппированы в 3 группы (от наиболее к наименее).

1-я группа:

• разрывное нарушение № 62 на восточном (В) участке борта карьера зона развития крупнообъемных плоскостных обрушений (см. 1a на рис. 2);

• разрывное нарушение R2 на юго-восточном (ЮВ) участке борта карьера зона развития крупнообъемных плоскостных обрушений (см. 1b на рис. 2);

2-я группа:

• зона интенсивного развития клиновидных и комбинированных деформаций, а также интенсивного просачивания подземных вод на З участке борта карьера (см. 2b на рис. 2);

• зона повышенной трещиноватости и развития клиновидных деформаций в месте пересечения ЮЗ фланга разлома R1 уступов карьера (см. 2c на рис. 2);

• зона повышенной трещиноватости и развития клиновидных деформаций в месте пересечения СВ фланга разлома R1 уступов карьера (2a на рис. 2);

3-я группа:

• верхняя дезинтегрированная часть ЮЗ фланга разлома R1 (см. 3a на рис. 2);

• приповерхностная зона дезинтеграции линейной коры выветривания на ЮЮВ участке борта карьера (см. 3b на рис. 2).

Для каждой из представленных групп имеются проработанные рекомендации и типовые решения по техническим средствам и технологиям закрепления/стабилизации элементов конструкции карьера.

Обсуждение и выводы

Результаты проведенного инженерно-геологического и геомеханического районирования в целях оптимизации работ по закреплению/

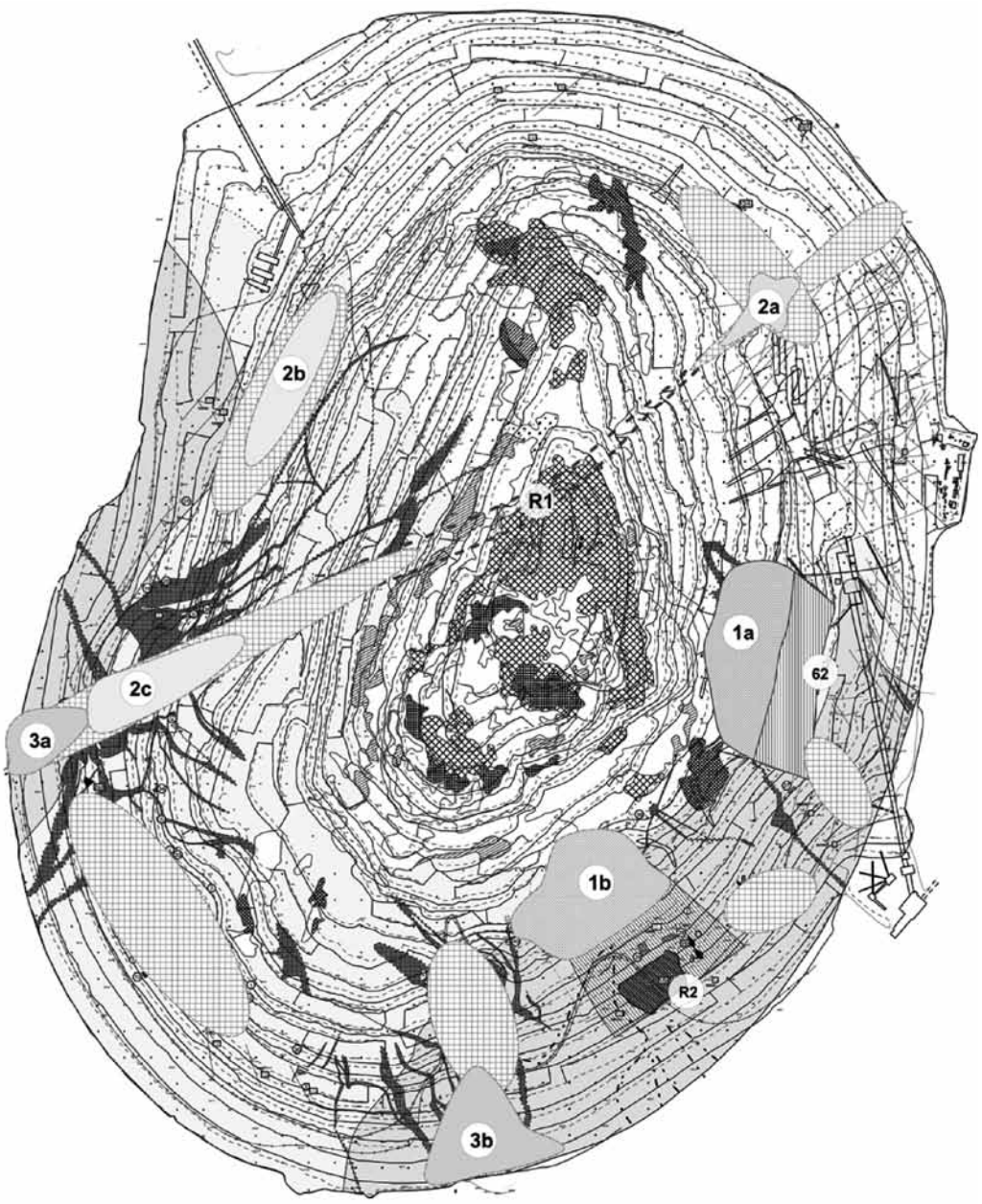

Рис. 2. Схема инженерно-геологического и геомеханического районирования в целях оптимизации работ по закреплению/стабилизации уступов и участков борта в карьере рудника «Железный» ОАО «Ковдорский ГОК» в рамках действующего проекта отработки. Пояснения по объектам – в тексте

стабилизации уступов и участков борта выявили первоочередные объекты для проведения специализированных работ и ранжировали их по целесообразности, важности и очередности выполнения. Также показана невозможность применения только одного типового технического решения в масштабе всего карьера.

Наиболее опасными и соответственно наиболее важными с точки зрения рисков катастрофических событий являются структурные неоднородности плоскостного типа восточного и юго-восточного участков борта карьера (см. 1a и 1b на рис. 2). Они прослежены и геометризованы по простиранию и падению в массиве пород за пределами конечного контура текущего проекта многочисленными инженерно-геологическими скважинами с отбором ориентированного керна. В местах сближения со структурными неоднородностями форма верхних уступов деформируется, становясь плоскостью с падением в сторону выемочного пространства под углами 40–45°. На более глубоких горизонтах отмечается опасное приближение к проектному конечному контуру карьера. По мере углубления и постановки нижних уступов в конечный контур без принятия противодействующих мер весьма высока вероятность реализации крупных плоскостных обрушений. При этом следует акцентировать внимание на факторе времени – своевременности принятия решения.

В качестве примера показателен ЮВ участок борта карьера, в отношении которого момент для разработки и осуществления мероприятий по закреплению был упущен по ряду объективных обстоятельств, и к настоящему времени практически все интересующие уступы уже поставлены в конечное положение, которое не предоставляет возможность доступа людей и техники к необходимым горизонтам. Здесь предприятие поставлено перед необходимостью внесения коррекции в действующий проект с частичным изменением конструкции элементов контура на этом участке. В противоположность этому, в отношении разлома № 62 еще есть возможность начать разработку и реализацию проекта по закреплению участка, начиная с горизонтов -10 и -40 м. Таким образом, показано, что заблаговременное проведение инженерно-геологического и геомеханического районирования позволяет повысить точность и возможности прогноза рисков нарушения устойчивости элементов конструкции карьера на различных этапах развития рудника, а также своевременно обосновать комплекс мероприятия по обеспечению безопасности горных работ. Тем самым у предприятия появляется реальная возможность адекватной оценки и управления рисками за счет своевременного планирования и осуществления соответствующих мероприятий.

Разработанная методология районирования позволяет последовательно оценить и ранжировать массив пород по фактически проявленным опасным геологическим (геофизическим) и техногенным факторам, определить потенциально опасные для устойчивости уступов, их частей и участков борта объекты – структурные неоднородности во взаимосвязи с типовыми оптимальными способами их крепления, а также оценить и ранжировать целесообразность/необходимость крепления в зависимости от сопоставительной оценки потенциального урона и ресурсных затрат на реализацию. Практическая значимость разработки может быть выражена через: предотвращение непредвиденных затрат по ликвидации последствий катастрофических событий (в зависимости от масштаба события от первых миллионов

до десятков миллиардов рублей); обеспечение плановой бесперебойной работы предприятия (полученная вовремя выручка и прибыль, финансово-экономическая и коммерческая надежность и стабильность); сохранение жизни и здоровья сотрудников компании.

В настоящее время работы и исследования по этой тематике развиваются в направлении перехода от 2D (план + разрезы) к полноценному 3D моделированию во всем пространстве принятия проектных решений. Это позволит создать систему поддержки управленческих решений по средне-долгосрочному планированию развития предприятия на самом высоком научно-методическом, информационном и технологическом уровнях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Отчет о НИР* Инженерно-геологическое и геомеханическое районирование карьера рудника «Железный» ОАО «Ковдорский ГОК» для оптимизации работ по закреплению скальных уступов» (договору НИР № 155–12 от «01« августа 2012 г.). / Отв. исп. Жиров Д.В., Рыбин В.В. / Исп.: Мелихова Г.С., Климов С.А., Мелихов М.В., Решетняк С.П. и др. – Апатиты: Фонды ГИ КНЦ РАН, 2012. Этап 1. 219 с., 2013. Этап 2. 55 с., 2013. Этап 3. 82 с.

2. *Батургина И.М., Петухов И.М.* Геодинамическое районирование при проектировании и эксплуатации рудников. – М.: Недра, 1988. – 166 с.

3. *Батугина И.М., Петухов И.М., Батугин А.С.* Горное дело и окружающая среда. Геодинамика недр – М.: Горная книга, 2012. – 120 с.

4. *Геодинамическое* районирование недр. Методические указания. – Л.: ВНИМИ, 1990. – 129 с.

5. *Кузькин В.И. и др.* Инженерно-геологические, гидрогеологические и геоэкологические исследования при разведке и эксплуатации рудных месторождений (методические рекомендации). – М.: РИЦ ВИМС, 2002. – 119 с.

6. *Кузькин В.И. и др.* Методическое руководство по изучению инженерно-геологических условий рудных месторождений при их разведке. – М.: РИЦ ВИМС, 2001. – 153 с.

7. *Изучение* гидрогеологических и инженерно-геологических условий месторождений твердых полезных ископаемых. Методические указания и требования. ВСЕГИНГЕО. – М.: Недра, 1986. – 172 с.

8. *Бабушкин В.Д., Пересунько Д.И., Прохоров С.П., Скворцов Г.Г.* Изучение гидрогеологических и инженерно-геологических условий при разработке и освоении месторождений твердых полезных ископаемых (методическое руководство). – М.: Недра, 1969. – 408 с.

9. *Методические* указания по инженерно-геологическому районированию территории с использованием материалов аэрофотосъемки при изысканиях дорог в Сибири и на Дальнем Востоке. – М.: ЦНИИС, 1971.

10. *Методическое* руководство по изучению инженерно-геологических условий рудных месторождений. – РК, Астана, Министерство индустрии и новых технологий, 2011.

11. *Гуреев А.М., Воронков О.К.* П 55–90. Методика составления геоструктурных схем (моделей) скальных массивов в основаниях гидросооружений. ВНИИГ. Пособие к СНиП 2.02.02–85. – Ленинград, 1991. – 95 с.

12. *Руководство* по геодинамическому районированию шахтных полей (Проект). – Санкт-Петербург: ВНИМИ, 2012. – 114 с.

13. *Методические* рекомендации по составлению карт гидрогеологического районирования масштаба 1:2 500 000, схем гидрогеологической стратификации и классификаторов объектов гидрогеологического районирования и стратификации. – Москва: МПР России (ВСЕГИНГЕО), 2004.

14. *U.S. Army* Corps of Engineers. Engineering and Design Slope Stability. ENGINEER MANUAL, Manual No. 1110–2-1902, p. 205

15. *Geotechnical* considerations in open pit mines. Guidline. State of Western Australia, 1999. 50 p.

16. *РСН 65–87* Инженерные изыскания для строительства. Сейсмическое микрорайонирование. Технические требования к производству работ. – М.: Госстрой РСФСР, 1987. – 11 с.

17. *Несветайлова Н.Г., Горелик А.И.* Методические указания по инженерно-геологическому районированию территории с использованием материалов аэрофотосъемки при изыскании дорог в Сибири и на Дальнем Востоке. Всесоюзный научно-исследова-

тельский институт транспортного строительства. – Москва, 1971. 18 с.

18. *Гуреев А.М.* Принципы инженерно-геологического районирования скальных массивов на участках строительства высоких плотин // Вопросы инженерной геологии и грунтоведения. – М.: МГУ, 1968. – СПб. 2. – С. 213–223.

19. *Каякин В.В.* Инженерно-геологическое районирование скальных массивов в области их взаимодействия с сооружениями // Сборник научных трудов Гидропроекта. – 1985. – Вып. 103. – С. 74–90.

20. *Жиров Д.В., Мелихова Г.С., Рыбин В.В., Климов С.А.* Новая методика комплексные инженерно-геологические и геомеханические исследования массивов пород в целях проектирования и эксплуатации глубоких карьеров. Материалы научно-технической конференции с международным участием «Глубокие карьеры», 12–16 июня 2012 г. ГоИ КНЦ РАН – Апатиты, СПб, 2012. С. 368–382.

21. *Руководство* по безопасному ведению горных работ на рудных и нерудных месторождениях, объектах строительства подземных сооружений, склонных и опасных по горным ударам. – СПб: Санкт-Петербургский государственный горный университет, 2011. – 76 с.

22. *Каспарьян Э.В., Козырев А.А., Иофис М.А., Макаров А.Б.* Геомеханика. – М.: Высшая школа, 2006. – 503 с.

23. *Уломов В.И., Шумилина Л.С.* Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации – ОСР-97. Масштаб 1:8 000 000. Объяснительная записка и список городов и населенных пунктов, расположенных в сейсмоопасных районах. – М.: ИФЗ РАН, 1999. – 57 с.

24. *Фисенко Г.Л., Ревазов М.А., Галустян Э.Л.* Укрепление откосов в карьерах. – М.: Недра, 1974. – 208 с.

25. *Газиев Э.Г.* Устойчивость скальных массивов и методы их закрепления. – М.: Стройиздат, 1977. – 160 с. ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Жиров Дмитрий Вадимович – научный сотрудник, начальник отдела,
e-mail: zhirov@geoksc.apatity.ru,
Геологический институт Кольского научного центра РАН,
Сохарев Виктор Александрович – главный геолог, e-mail: Viktor.Sokharev@eurochem.ru,
ОАО «Ковдорский ГОК»,
Рыбин Вадим Вячеславович – кандидат технических наук, доцент,
e-mail: rybin@goi.kolasc.net.ru,
Горный институт Кольского научного центра РАН,
Климов Сергей Андреевич – ведущий инженер, e-mail: klim-sa@yandex.ru,
Геологический институт Кольского научного центра,
Мелихова Галина Сергеевна – аспирант, e-mail: melihovags@mgre.ru,
ОАО Мурманская геологоразведочная экспедиция.

UDC 551.24.035, 502.057

KEY PRINCIPLES AND TECHNICAL APPROACHES TO ENGINEERING-GEOLOGICAL AND GEOMECHANICAL ZONING FOR THE PURPOSE OF OPTIMIZING STRENGTHENING/ STABILIZATION OF BENCHES IN TERMS OF ZHELEZNY OPEN PIT MINE OF THE KOVDORSKY MINING AND PROCESSING INTEGRATED WORKS

Zhirov D.V., Researcher, Head of Department, e-mail: zhirov@geoksc.apatity.ru,
Geological Institute, Kola Scientific Center, Russian Academy of Sciences,
Sokharev V.A., Chief Geologist, e-mail: Viktor.Sokharev@eurochem.ru,
JSC «Kovdorskiy GOK»,
Rybin V.V., Candidate of Engineering Sciences, Assistant Professor, e-mail: rybin@goi.kolasc.net.ru,
Mining Institute, Kola Scientific Center, Russian Academy of Sciences,
Klimov S.A., Leading Engineer, e-mail: klim-sa@yandex.ru,
Geological Institute, Kola Scientific Center, Russian Academy of Sciences,
Melikhova G.S., Graduate Student, e-mail: melihovags@mgre.ru,
JSC «Murmansk geological prospecting expedition».

Development of deep and superdeep open pits sets up a claim increase the requirements to safety of mining. On example of Kovdor baddeleyite-apatite-magnetite deposits it is shown, that preliminary carrying out of engineering-geological and geomechanical zoning allows: 1) to increase the accuracy and opportunities of the forecast of risks of instability of slopes and walls during different stages of the mine development and life; 2) to prove and arrangement a complex of actions for progress a safety of mining. Thus the enterprise has real opportunity of the adequate estimation and management of risks due to the preliminary planning and realization of the especial actions. On the example of massif rocks of «Zhelezny» mine (OS «Kovdorskiy GOK») are considered the main principles and methodical approaches to engineering-geological and geomechanical zoning for the purposes of work optimization concerning slopes and walls stabilization.

Key words: engineering-geological, geomechanical, geodynamic, zoning, the forecast, dangerous geological (geophysical) and technogenic processes, a massif of rocks, mining, open pit, mine.

REFERENCES

1. Zhirov D.V., Rybin V.V. (Otv. isp.), Melihova G.S., Klimov S.A., Melihov M.V., Reshetnjak S.P. (Isp.) *Otchet o NIR Inzhenerno-geologicheskoe i geomehanicheskoe rajonirovanie kar'era rudnika «Zheleznyj» OAO «Kovdorskij GOK» dlja optimizacii rabot po zakrepleniju skal'nyh ustupov» (dogovoru NIR № 15512 ot «01» avgusta 2012 g.)* (Engineering-geological and geomechanical zoning of Zhelezny open pit mine of the Kovdorsky Mining and Integrated Works towards optimization of strengthening of hard rock benches: R&D Report (R&D Agreement 1 15512 of August 1, 2012)), Apatity: Fondy GI KNC RAN, 2012. Stage 1. 219 p., 2013. Stage 2. 55 p., 2013. Stage 3. 82 p.

2. Baturgina I.M., Petuhov I.M. *Geodinamicheskoe rajonirovanie pri proektirovanii i jekspluatacii rudnikov* (Geodynamic zoning in mine panning and operation), Moscow, Nedra, 1988, 166 p.

3. Batugina I.M., Petuhov I.M., Batugin A.S. *Gornoe delo i okruzhajushhaja sreda. Geodinamika nedr* (Mining and environment. Geodynamics of the Earth's bowels), Moscow, Gornaja kniga, 2012, 120 p.

4. *Geodinamicheskoe rajonirovanie nedr. Metodicheskie ukazanija* (Geodynamic zoning of the Earth's bowels. Instructional guidelines), Leningrad, VNIMI, 1990, 129 p.

5. Kuz'kin V.I. *Inzhenerno-geologicheskie, gidrogeologicheskie i geojekologicheskie issledovanija pri razvedke i jekspluatacii rudnyh mestorozhdenij. Metodicheskie rekomendacii* (Engineering-geological, hydrogeological and geoecological survey in exploration and operation of ore deposits (guidelines)), Moscow, RIC VIMS, 2002, 119 p.

6. Kuz'kin V.I. *Metodicheskoe rukovodstvo po izucheniju inzhenerno-geologicheskih uslovij rudnyh mestorozhdenij pri ih razvedke* (Guidelines on the analysis of engineering-geological conditions in exploration of ore deposits), Moscow, RIC VIMS, 2001, 153 p.

7. *Izuchenie gidrogeologicheskih i inzhenerno-geologicheskih uslovij mestorozhdenij tverdyh poleznyh iskopaemyh. Metodicheskie ukazanija i trebovanija*. VSEGINGEO (Analysis of hydrogeological and engineering-geological conditions in hard mineral deposits. Guidelines and standards. VSEGINGEO), Moscow, Nedra, 1986, 172 p.

8. Babushkin V.D., Peresun'ko D.I., Prohorov S.P., Skvorcov G.G. *Izuchenie gidrogeologicheskih i inzhenerno-geologicheskih uslovij pri razrabotke i osvoenii mestorozhdenij tverdyh poleznyh iskopaemyh (metodicheskoe rukovodstvo)* (Analysis of hydrogeological and engineering-geological conditions in development and operation of hard mineral deposits (guidelines)), Moscow, Nedra, 1969, 408 p.

9. *Metodicheskie ukazanija po inzhenerno-geologicheskomu rajonirovaniju territorii s ispol'zovaniem materialov ajerofotos#emki pri izyskanijah dorog v Sibiri i na Dal'nem Vostoke* (Guidelines on engineering-geological zoning using aerial information obtained in survey of roads in Siberia and Russian Far East), Moscow, ЦНИИС, 1971.

10. *Metodicheskoe rukovodstvo po izucheniju inzhenerno-geologicheskih uslovij rudnyh mestorozhdenij* (Guidelines on studying engineering-geological conditions of ore deposits), RK, Astana, Ministerstvo industrii i novyh tehnologij, 2011.

11. Gureev A.M., Voronkov O.K. *P 5590. Metodika sostavlenija geostrukturnyh shem (modelej) skal'nyh massivov v osnovanijah gidrosooruzhenij. VNIIG. Posobie k SNiP 2.02.0285* (Procedure for geostructural mapping (modeling) of hard rock masses at bottoms of hydraulic works. All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering. Guidelines on Construction Norms and Regulations 2.02.0285), Leningrad, 1991, 95 p.

12. *Rukovodstvo po geodinamicheskomu rajonirovaniju shahtnyh polej (Proekt)* (Guidelines on geodynamic zoning of mine fields (Project)), Saint-Petersburg, VNIMI, 2012, 114 p.

13. *Metodicheskie rekomendacii po sostavleniju kart gidrogeologicheskogo rajonirovanija masshtaba 1:2 500 000, shem gidrogeologicheskoj stratifikacii i klassifikatorov ob#ektov gidrogeologicheskogo rajonirovanija i stratifikacii* (Guidelines on mapping of hydrogeological zones at a scale of 1:2 500 000, schemes of hydrogeological stratification and classifiers of objects of hydrogeological zoning and stratification), Moscow, MPR Rossii (VSEGINGEO), 2004.

14. *U.S. Army Corps of Engineers. Engineering and Design Slope Stability*. ENGINEER MANUAL, Manual No. 11102-1902, p. 205

15. *Geotechnical considerations in open pit mines. Guidline*. State of Western Australia, 1999. 50 p.
16. *RSN 6587 Inzhenernye izyskanija dlja stroitel'stva. Sejsmicheskoe mikrorajonirovanie. Tehnicheskie trebovanija k proizvodstvu rabot* (Republican Construction Standards 6587. Engineering surveys for construction. Seismic microzoning. Performance specifications), Moscow, Gosstroj RSFSR, 1987, 11 p.
17. Nesvetajlova N.G., Gorelik A.I. *Metodicheskie ukazanija po inzhenerno-geologicheskomu rajonirovaniju territorii s ispol'zovaniem materialov ajerofotos#emki pri izyskanii dorog v Sibiri i na Dal'nem Vostoke* (Guidelines on engineering-geological zoning using aerial information obtained in survey of roads in Siberia and Russian Far East), Moscow, VNIITS, 1971, 18 p.
18. Gureev A.M. *Voprosy inzhenernoj geologii i gruntovedenija* (Aspects of engineering geology and soil science), Moscow, MGU, 1968. Saint-Petersburg, 2. pp. 213–223.
19. Kajakin V.V. *Sbornik nauchnyh trudov Gidroproekta* (Gidroproekt's collection of scientific papers), 1985, issue 103, pp. 74–90.
20. Zhirov D.V., Melihova G.S., Rybin V.V., Klimov S.A. *Materialy nauchno-tehnicheskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem «Glubokie kar'ery», 12–16 ijunja 2012 g.* (Proceedings of Scientific-Technical International Partnership Conference «Deep Open Pit Mines», 12–16 June 2012), Apatity, Saint-Petersburg, GoI KNC RAN 2012, pp. 368–382.
21. *Rukovodstvo po bezopasnomu vedeniju gornyh rabot na rudnyh i nerudnyh mestorozhdenijah, ob#ektah stroitel'stva podzemnyh sooruzhenij, sklonnyh i opasnyh po gornym udaram* (Guidelines on safe mining of rockburst-hazardous underground ore and nonmetallic mineral deposits), Saint-Petersburg, SPGGU, 2011, 76 p.
22. Kaspar'jan Je.V., Kozyrev A.A., Iofis M.A., Makarov A.B. *Geomehanika* (Geomechanics), Moscow, Vysshaja shkola, 2006, 503 p.
23. Ulomov V.I., Shumilina L.S. *Komplekt kart obshhego sejsmicheskogo rajonirovanija territorii Rossijskoj Federacii OSR-97. Masshtab 1:8 000 000. Ob#jasnitel'naja zapiska i spisok gorodov i naselennyh punktov, raspolozhennyh v sejsmoopasnyh rajonah* (Package of maps of seismic zoning in the territory of Russian Federation OSR-97. Scale 1:8 000 000. Explanatory note and list of cities and population centers situated in areas with seismic hazard), Moscow, IFZ RAN, 1999, 57 p.
24. Fisenko G.L., Revazov M.A., Galustjan Je.L. *Ukreplenie otkosov v kar'erah* (Bench reinforcement in open pit mines), Moscow, Nedra, 1974, 208 p.
25. Gaziev Je.G. *Ustojchivost' skal'nyh massivov i metody ih zakreplenija* (Hard rock mass stability and strengthening methods), Moscow, Strojizdat, 1977, 160 p.

РУКОПИСИ, ДЕПОНИРОВАННЫЕ В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ «ГОРНАЯ КНИГА»

ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ И ОЧИСТНЫЕ РАБОТЫ ПРИ ЭТАЖНО-КАМЕРНОЙ СИСТЕМЕ РАЗРАБОТКИ С ПОДЭТАЖНОЙ ОТБОЙКОЙ И ДОННЫМ ВЫПУСКОМ РУДЫ

(№ 1029/08-14 от 09.06.14, 6 с.)

Стародумов Алексей Владимирович – заместитель директора,
ОАО «ВНИПИпромтехнологии»,
e-mail: vnipipt@vnipipt.ru.

PREPARATORY AND CLEARING WORKS WHEN STOREY-CHAMBER SYSTEM DEVELOPMENT SUBLEVEL BREAKING AND BOTTOM ORE

Starodumov A.V., Deputy Director,
VNIPIpromtechnologii OJSC,
e-mail: vnipipt@vnipipt.ru.