

УДК 551.24.035, 502.057

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»

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

Аннотация

Освоение глубоких и сверхглубоких горизонтов месторождений выдвигает повышенные требования к безопасности горных работ. На примере Ковдорского 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 счёт 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.

Abstract.

Development of deep and superdeep open pits sets up a claim increase the requirements to safety of mining. On example of Kovdor 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.

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

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

Введение

Для горнорудных предприятий России, построенных ещё 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 недооценённых и плохо контролируемых экономических, экологических и опасных геолого-геофизических факторов. К таковым относятся: снижение с глубиной объёмов 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. Неопределённость 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 разnosку борта карьера в ходе его углубления вследствие близости к границам существующей горно-капитальной инфраструктуры и/или населённого 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 счёт выявления и ранжирования опасных геолого-геофизических процессов и явлений; – разработка системы поддержки управленческих решений по обеспечению геодинамической безопасности в ходе добычи твёрдых полезных ископаемых (ТПИ) за счёт 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 выполняться, 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 учётом особенностей и закономерностей их изменений в процессе добычи полезных ископаемых [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 определённого способа крепления на всей поверхности выработки, склона, уступа или во всём объёме закрепляемых грунтов [24, 25]. Таким образом, вопросы комплексного районирования и ранжирования объектов и потенциальных опасностей с выходом на дифференцированный подход к стабилизации конечного контура карьера пока ещё 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.

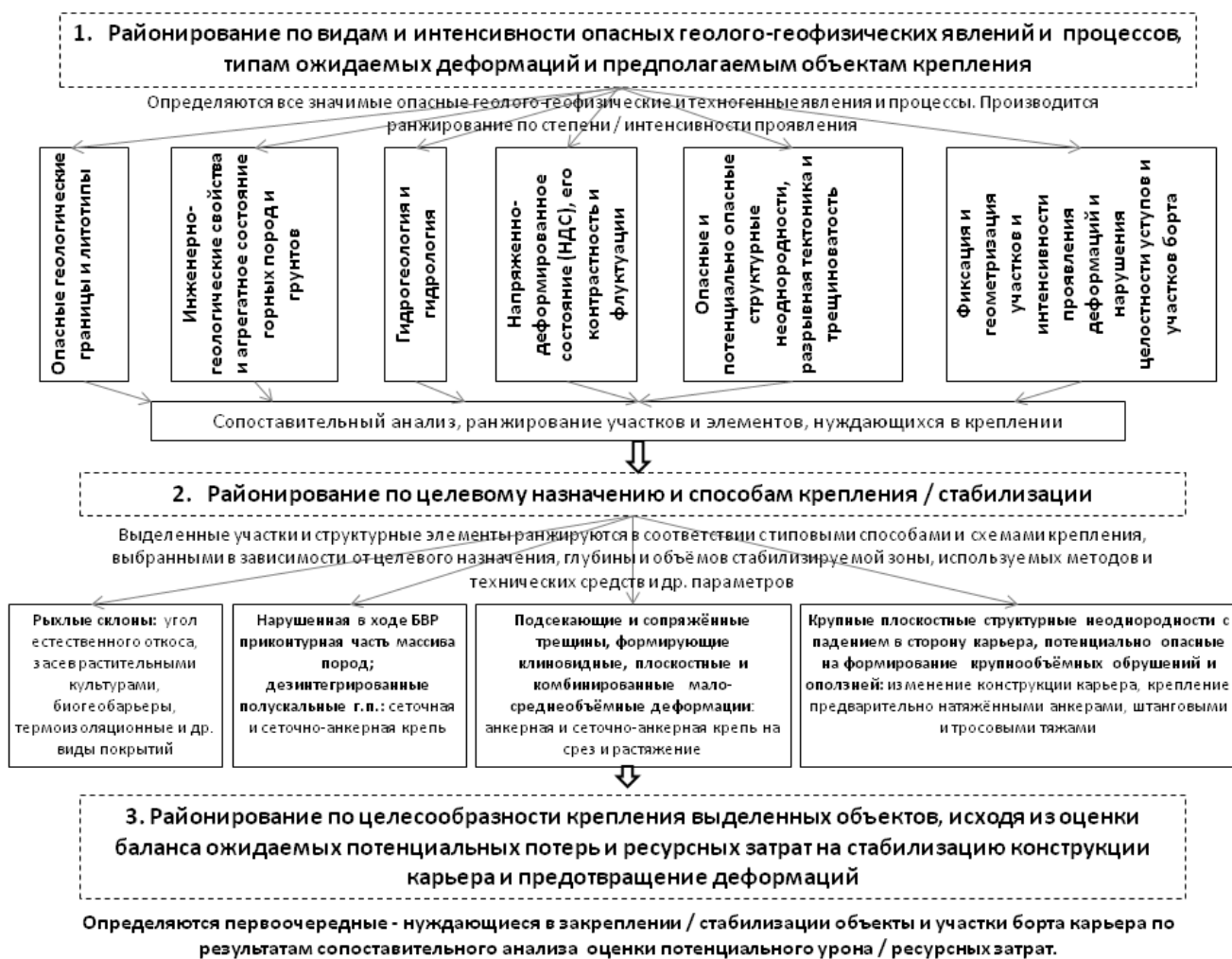


Рисунок 1 – Инфологическая схема методики инженерно-геологического и геомеханического районирования в целях оптимизации работ по закреплению/стабилизации уступов и борта.

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? → Какие? → Это закрепить/стабилизировать? → Насколько эффективно, затратно и целесообразно решение проблемы за счёт 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 ресурсоёмкости, 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 даёт 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 ранжированы 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);
- структурные неоднородности, разрывная тектоника и трещиноватость с опасным залеганием;
- фактические деформации 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 участки для первоочередного внимательного рассмотрения вопроса о необходимости их закрепления. В итоге мы получаем совокупность объектов, нуждающихся в креплении/стабилизации и 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 (табл. 1). При этом были учтены: пространственное положение и морфология структурной неоднородности, границы и интенсивность проявления различных опасных геолого-геофизических процессов, глубина закрепляемой зоны, используемые материалы и методика крепления, объём 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 протяжённой притёртой плоскости, падающей под углами 30-55° в 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 расчётные схемы, способы, техника и методы закрепления различаются принципиально: для приповерхностной разбитой части уступа целью является предотвращение смещений отдельных кусков и блоков относительно друг друга (рекомендуется сетчатая, анкерно-сетчатая или анкерно-тросовая завеса), а для плоскости – удержание подвешенной части массива пород за счёт сил трения и прочности на растяжение и срез элементов крепи (рекомендуется анкерная пассивная или предварительно натяжённая крепь, с заведёнными замками за поверхность структурной неоднородности).

Таблица 1

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-среднеобъёмных деформаций клиновидного и комбинированного типов	Активная (предварительно нагружённая) анкерная (анкерно-штанговая и анкерно-тросовая крепь) с заведением замка за поверхность вглубь массива пород трещин на 3-5 метров.
4.	Зона развития мало-среднеобъёмных деформаций плоскостного типа (нарушение устойчивости части уступа)	Групповое анкерное крепление предварительно нагружёнными штангами (нагельями) с заведением замка за поверхность вглубь массива пород трещин на 3-5 метров и анкерами с тросовым или сеточным закреплением поверхности склона/уступа.
5.	Протяжённая "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 натяжённое анкерно-тросовое (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.

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 потенциальных потерь в случае реализации негативного сценария и, с другой стороны, расходов на предотвращение нарушения устойчивости или целостности элементов конструкции карьера посредством их закрепления/стабилизации или изменения конечного контура частично или в целом. Суть данной операции заключается в том, что методами прямых технико-экономических расчётов затрат, оценки устойчивости элементов конструкции карьера с учётом требований обеспечения безопасности работы предприятия на всех стадиях строительства и эксплуатации карьера, а также расчёта вменённых 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 объём 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-ая группа:

- разрывное нарушение № 62 на восточном (В) участке борта карьера - зона развития крупнообъёмных плоскостных обрушений (см. 1а на рис.2);
- разрывное нарушение R2 на юго-восточном (ЮВ) участке борта карьера - зона развития крупнообъёмных плоскостных обрушений (см. 1б на рис. 2);

2-ая группа:

- зона интенсивного развития клиновидных и комбинированных деформаций, а также интенсивного просачивания подземных вод на 3 участке борта карьера (см. 2б на рис. 2);
- зона повышенной трещиноватости и развития клиновидных деформаций в месте пересечения ЮЗ фланга разлома R1 уступов карьера (см. 2с на рис. 2);
- зона повышенной трещиноватости и развития клиновидных деформаций в месте пересечения СВ фланга разлома R1 уступов карьера (2а на рис. 2);

3-ья группа:

- верхняя дезинтегрированная часть ЮЗ фланга разлома R1 (см. 3а на рис. 2);
- приповерхностная зона дезинтеграции линейной коры выветривания на ЮЮВ участке борта карьера (см. 3б 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 проведённого инженерно-геологического и геомеханического районирования в целях оптимизации работ по закреплению/стабилизации уступов и участков борта выявили первоочередные объекты для проведения специализированных работ и ранжировали их по целесообразности, важности и очерёдности 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. 1а и 1б на рис. 2). Они прослежены и геометризваны 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.

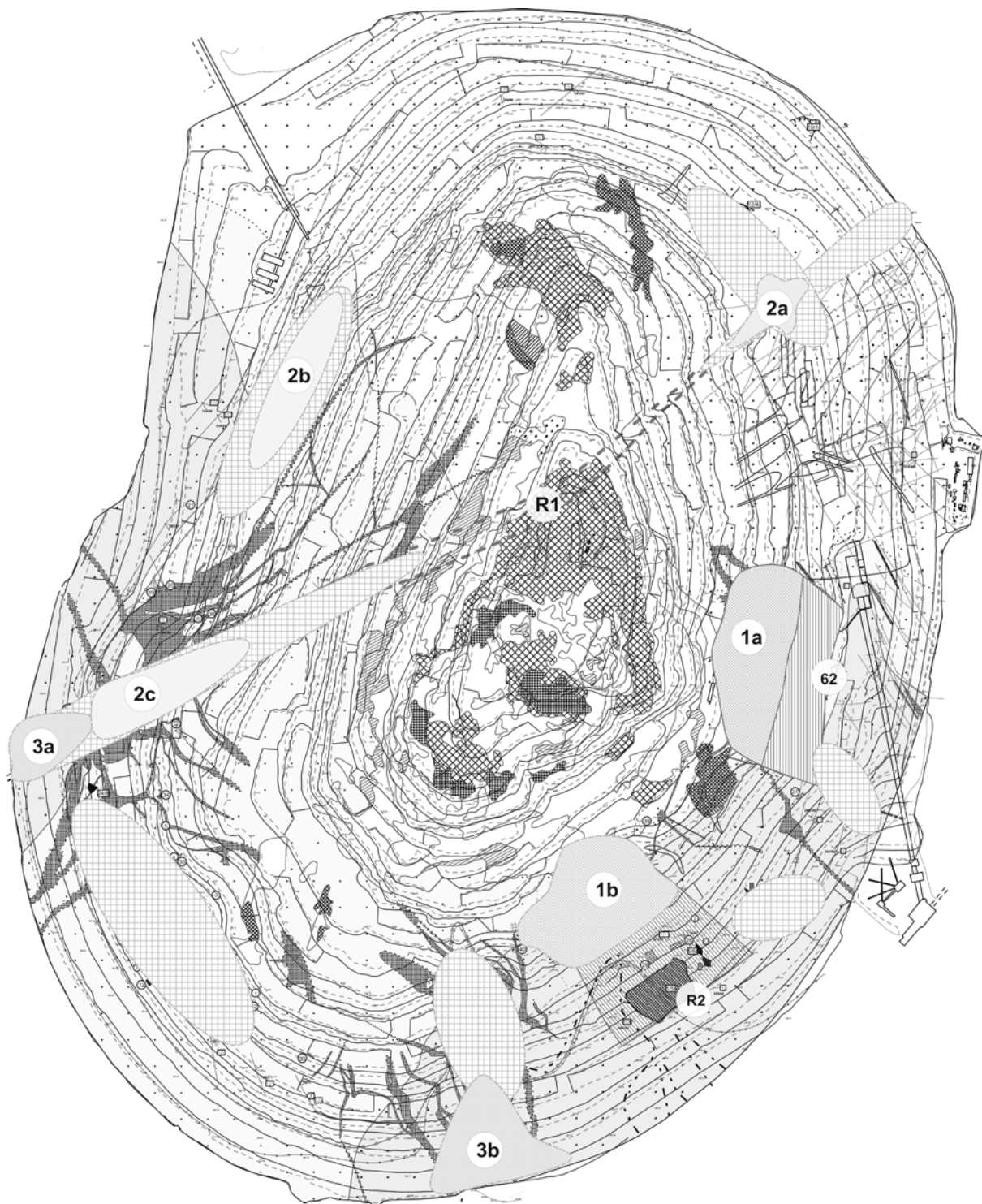


Рисунок 2 – Схема инженерно-геологического и геомеханического районирования в целях оптимизации работ по закреплению/стабилизации уступов и участков борта в карьере рудника "Железный" ОАО "Ковдорский ГОК" в рамках действующего проекта отработки. Пояснения по объектам – в тексте.

В качестве примера показателен ЮВ участок борта карьера (см. R2 и 1b на рис. 2), в отношении которого момент для разработки и осуществления мероприятий по закреплению был упущен по ряду объективных обстоятельств. К настоящему времени практически все интересующие уступы уже поставлены в конечное положение, препятствующее доступу людей и техники к необходимым горизонтам. Соответственно 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 ещё 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 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 счёт 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 мероприятий по обеспечению безопасности. 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 (своевременно полученная выручка и прибыль, финансово-экономическая и коммерческая надёжность 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 всём 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.

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".

Список литературы и фондовых источников:

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. Батугина 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. Изучение гидрогеологических и инженерно-геологических условий при разработке и освоении месторождений твёрдых полезных ископаемых (методическое руководство). / Бабушкин В.Д., Пересунько Д.И., Прохоров С.П., Скворцов Г.Г. –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. П 55-90. Методика составления геоструктурных схем (моделей) скальных массивов в основаниях гидросооружений. ВНИИГ. Пособие к СНиП 2.02.02-85. / Гуреев А.М., Воронков О.К. –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-исследовательский 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, склоновых 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. Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации - ОСР-97. Масштаб 1 : 8 000 000. Объяснительная записка и список городов и населённых пунктов, расположенных в сейсмоопасных районах. Уломов В.И., Шумилина Л.С. –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.

Сведения об авторах:

- Ф.И.О.** Жилов Дмитрий Вадимович
место работы Учреждение Российской академии наук Геологический институт Кольского научного центра РАН (ГИ КНЦ РАН)
должность научный сотрудник, начальник отдела
ученая степень нет
адрес 184209, г. Апатиты Мурманской обл., ул. Ферсмана, дом 14
телефон/ факс +78155579155
E-mail zhirov@geoksc.apatity.ru
Zhirov Dmitry V.
Geological Institute KSC RAS
Scientist, Chief of Department
-
14 Fersman str., Apatity, Murmansk region, Russia, P.O. box 184209
+78155579155
zhirov@geoksc.apatity.ru
- Ф.И.О.** Сохарева Виктор Александрович
место работы ОАО "Ковдорский ГОК"
должность главный геолог
ученая степень нет
адрес 184140, г. Ковдор, Мурманской обл., ул. Сухачева, 5
телефон/ факс +78153576025
E-mail Viktor.Sokharev@eurochem.ru
Sokharev Victor A.
JSC "Kovdorskiy GOK"
Chief Geologist
-
5 Sukhacheva str., Kovdor, Murmansk region, Russia, P.O. box 184140
+78153576025
Viktor.Sokharev@eurochem.ru
- Ф.И.О.** Рыбин Вадим Вячеславович
место работы Учреждение Российской академии наук Горный институт Кольского научного центра РАН (ГoИ КНЦ РАН)
должность старший научный сотрудник
ученая степень кандидат технических наук
ученое звание доцент по специальности
адрес 184209, Мурманская обл. г. Апатиты, ул. Ферсмана, 24
телефон/ факс +78155579125
E-mail rybin@goi.kolasc.net.ru
Rybin Vadim V.
Mining Institute KSC RAS
Senior Scientist
PhD (Eng.)
-
24 Fersman str., 184209 Apatity, Murmansk region, Russia
+78155579125
rybin@goi.kolasc.net.ru
- Ф.И.О.** Климов Сергей Андреевич
место работы Учреждение Российской академии наук Геологический институт Кольского научного центра РАН (ГИ КНЦ РАН)
должность ведущий инженер
ученая степень нет
адрес 184209, г. Апатиты Мурманской обл., ул. Ферсмана, дом 14
телефон/ факс +78155579155
E-mail klim-sa@yandex.ru
Klimov Sergey A.
Geological Institute KSC RAS
engineer
14 Fersman str., Apatity, Murmansk region, Russia, P.O. box 184209
+78155579155
klim-sa@yandex.ru
- Ф.И.О.** Мелихова Галина Сергеевна
место работы ОАО Мурманская геологоразведочная экспедиция (МГРЭ)
должность Главный гидрогеолог
ученая степень нет
адрес 184209, Мурманская обл. г. Апатиты,
Melikhov Mikhail V.
JSC "Murmansk geological prospecting expedition" (JSK MGPE)
Chief Hydrogeologist
26 Fersman str., Apatity, Murmansk region, Russia,

ул. Ферсмана, 26
телефон/ факс +78155576210
E-mail: melihovags@mgre.ru

P.O. box 184209
+78155576210
melihovags@mgre.ru