УДК 624.131.1

Ю.П.ШАПОШНИК, *директор Кировского филиала ЗАО «ФосАгро АГ», ген. директор ОАО «Апатит»*
А.Ю.ЗВОНАРЬ, *технический директор, главный инженер*
С.А.МОЖАЕВ, *начальник Центра геофизического мониторинга*
М.В.АККУРАТОВ, *главный инженер Центра геофизического мониторинга*
ОАО «Апатит», Россия, Мурманская обл., г.Кировск, AZvonar@apatit.com

Yu.P.SHAPOSHNIK, *director of the Kirovsk branch of FosAgro AG Co., general director of apatit Co*
A.Yu.ZVONAR, *technical director, chief engineer of Apatit Co*
S.A.MOZHAEV, *head of center on geophysical monitoring*
M.V.AKKURATOV, *chief engineer of geophysical monitoring center*
Apatit Co., Murmansk region, Kirovsk, AZvonar@apatit.com

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ХИБИНСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Изложены проблемы геодинамики при разработке Хибинских месторождений. Описан комплекс организационно-технических мероприятий по обеспечению геодинамической безопасности в ОАО «Апатит» и основные направления его развития.

Ключевые слова: повышенные горизонтальные напряжения, длительные крупномасштабные горные работы, спектр геодинамических явлений с 1985 г., оптимизация параметров горных работ, служба прогноза горных ударов, карты удароопасных зон, сети сейсмопунктов, перераспределение объемов добычи.

SUPPORT OF GEODYNAMIC SAFETY IN MINING OF THE KHIBINI DEPOSITS

The paper deals with the problems of geodynamics in mining of the Khibini deposits. Description is given to the complex of organizational-technical arrangements for provision of geodynamic safety at the Apatit Co and to principal trends of its development.

Key words: higher horizontal stresses, long-term large-scale mining works, spectrum of geodynamic phenomena since 1985, optimization of mining parameters, service of rockbursts prediction, maps of rockburst-hazardous zones, networks of seismic stations, redistribution of total volume of output.

АО «Апатит», являясь одним из крупнейших производителей фосфатного сырья в мире, отрабатывает Хибинские месторождения апатитонефелиновых руд с 1929 г.

Хибинские месторождения расположены на северо-западе Российской Федерации в центральной части Кольского п-ова.

В настоящее время отрабатываются месторождения Кукисвумчоррское и Юкспоррское Объединенным Кировским рудником, «Апатитовый цирк» Расвумчорр-ским рудником, «Плато Расвумчорр» Центральным рудником, «Коашва» и «Ньоркпахк» Восточным рудником. Подземные работы ведутся на Объединенном Кировском и Расвумчоррском рудниках.

За 80 лет эксплуатации месторождений добыто более 1,6 млрд т руды. Перемещено горной массы более 3 млрд т, причем глубина горных работ достигла 600 м.

Работы ведутся в условиях повышенных горизонтальных напряжений в масси-

ве, превышающих приблизительно в 10 раз вертикальную составляющую*.

Длительные крупномасштабные горные работы привели к повышению геодинамической активности массива.

На рудниках ОАО «Апатит» наблюдается весь спектр геодинамических явлений: техногенные землетрясения, горно-тектонические удары, толчки, горные удары и микроудары, стреляние пород, динамическое заколообразование и шелушение. Если раньше землетрясения в районе рудников происходили редко, то со второй половины 1980-х гг. они отмечаются достаточно часто. С 1989 по 2009 г. наблюдалось не менее 15 землетрясений, ощущаемых на земной поверхности. Самое мощное событие наблюдалось на Кировском руднике 16.04.1989 г. с магнитудой 4.5.

В связи со сложными условиями отработки месторождения особенно остро стоит вопрос геодинамической безопасности. Безопасность работ обеспечивается путем комплексного применения ряда мероприятий: оптимизация параметров выработок и систем разработки; региональный и локальный прогноз удароопасности; противоударные профилактические мероприятия.

Для ведения работ в удароопасных условиях Хибинских месторождений на основе сотрудничества с Горным институтом КНЦ РАН составлены «Указания по безопасному ведению горных работ на Хибинских апатитонефелиновых месторождениях, склонных к горным ударам», которые регламентируют комплекс мероприятий по прогнозу и предотвращению горных ударов ОАО «Апатит»**.

Для решения задач геодинамической безопасности создана «Комиссия по горным ударам ОАО «Апатит» под председательством технического директора. В комиссию, помимо специалистов ОАО «Апатит», входят представители Ростехнадзора и Горного института КНЦ РАН. Комиссия по горным ударам рассматривает и утверждает планы горных работ, определяет комплекс организационно-технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности.

Для оперативного решения проблем удароопасности на подземных рудниках работают рудничные комиссии по горным ударам.

В 1980 г. в тесном сотрудничестве с Горным институтом КНЦ РАН и ВНИМИ для обеспечения работ в удароопасных условиях в ОАО «Апатит» создана служба прогноза и предупреждения горных ударов (СППГУ) Кировского рудника. Основной задачей службы являются работы по прогнозу удароопасности участков выработок и предотвращению горных ударов, а также оценка эффективности выполненных мероприятий и выявление причин возникновения горных ударов, разработка мер их предотвращения. В 1984 г. была создана СППГУ Расвумчоррского рудника. В качестве профилактических противоударных мероприятий службами ППГУ используются: разгрузочные строчки скважин и шпуров, оптимизация сечения выработок и параметров систем разработки.

Следует отметить, что с понижением уровня ведения горных работ ежегодно увеличивается количество выработок с внешними признаками удароопасности, стоящих на учете в службах ППГУ и, соответственно, возрастают объемы выполняемых в них противоударных мероприятий. Так, если в 90-е гг. внешние признаки удароопасности наблюдались в 70-80 выработках, то в последние годы в 250-260 выработках.

Постоянно совершенствуются методы прогноза, средства визуализации и первичного анализа полученной информации.

Для автоматизации планирования, проектирования и сопровождения горных работ на руднике используется трехмерная компьютерная модель, построенная в системе

---

* Прогнозирование и профилактика горных ударов / А.В.Григорьев, В.С.Свинин, В.Ю.Запорожец и др. // Горный журнал. 1999. № 9. С.23-28.

Grigoriev A,V., *Svinin V.S.*, *Zaporozhets V.Yu.* et.al. Prediction and prevention of rock bursts // Mining Journal. 1999. N.9. P. 23-28.

** *Григорьев А.В.* Добыча апатитовых руд в условиях техногенной сейсмичности // Сборник докладов «Техногенная сейсмичность при горных работах. Модели очагов, прогноз, профилактика» КНЦ РАН, Апатиты 2004. С. 7-11

Grigoriev A.V. Output of apatite ore under conditions of technogenic seismicity. Proc,Workshop «Technogenic seismicity in mining. Models of origin, prediction, prevention» Mining Institute of the Kola Research Center of RAS. 2004. P. 7-11.

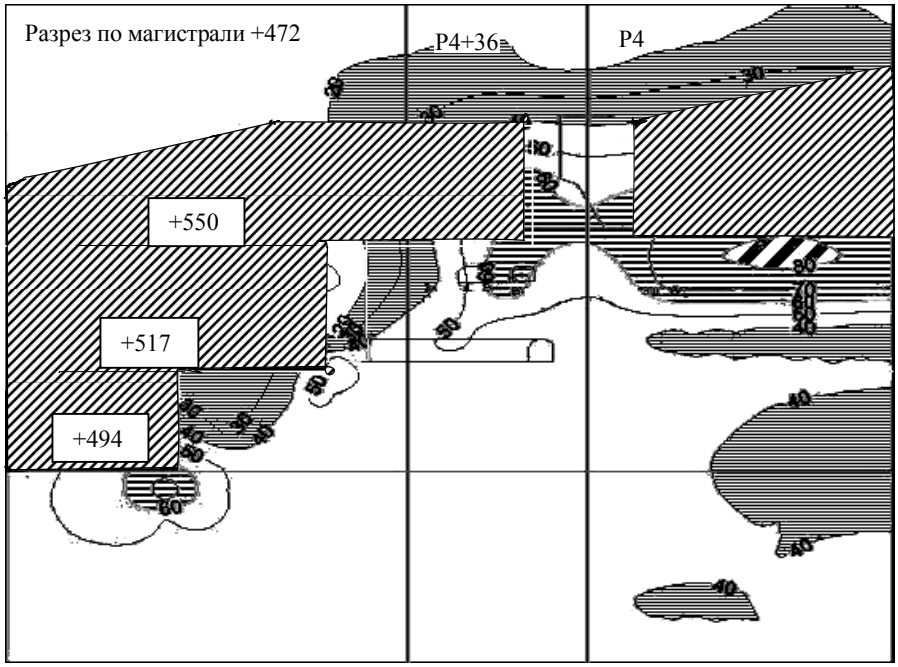


Рис.1. Прогноз напряжений на стадии планирования отбойки руды

MineFrame1, созданной в Горном институте КНЦ РАН. Наряду с геологическими и технологическими данными модель включает в себя информацию о сейсмичности и состоянии выработок, что позволяет учесть геодинамические факторы на стадиях проектирования и планирования.

По заказу ОАО «Апатит» Горным институтом КНЦ РАН разработано программное и информационное обеспечение экспертных систем оценки состояния массива на основе аналитических методов расчета напряжений. Выходной информацией экспертных систем являются карты полей напряжений.

Экспертные системы позволяют выполнять службам ППГУ текущий и долговременный прогноз геомеханической ситуации (рис.1) в интерактивном режиме как на стадии отработки, так и проектирования, что способствует оперативному принятию технических решений по обеспечению безопасности горных работ.

Совместно с Горным институтом КНЦ РАН проводятся измерения методом сейсмической томографии, ведутся работы по строительству и оборудованию деформационными и наклономерными системами геофизического полигона на Кировском руднике.

Для контроля состояния массива создан Центр геофизического мониторинга, основой которого является сейсмостанция, запущенная в эксплуатацию в 1987 г. Центр контролирует Объединенный Кировский и Расвумчоррский рудники и решает следующие задачи: сбор сейсмической информации на рудниках ОАО «Апатит», обработка и региональный прогноз удароопасности. Задача регионального прогноза удароопасности – выявление в массиве опасных зон для своевременного проведения комплекса организационно-технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности.

В случае выделения опасных зон (рис.2) работы приостанавливаются, люди выводятся, причем действия подразделений ОАО «Апатит» регламентируются «Порядком взаимодействия должностных лиц при региональном прогнозе удароопасности».

Оборудование Центра включает 42 подземных сейсмопункта, размещенных в подземных выработках Кировского и Расвумчоррского рудников; цифровую кабельную телеметрию; поверхностный программно-аппаратный комплекс сбора, обработки и обобщающего анализа на Кировском руднике (здание «Сейсмостанция»); поверхност-

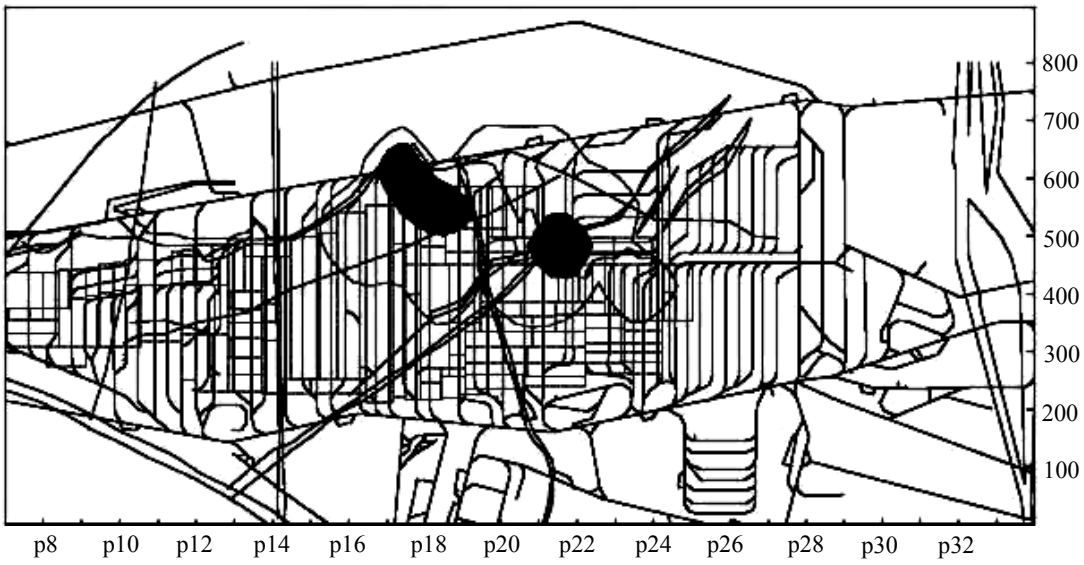


Рис.2. Пример карты удароопасных зон

ный программно-аппаратный комплекс сбора и предварительной обработки на Расвумчоррском руднике.

Конфигурация сети сейсмопунктов в выработках Объединенного Кировского рудника позволяет обеспечить точность определения координат гипоцентра сейсмических событий с погрешностью 5-10 м в районах ведения работ.

Сейсмические системы Центра постоянно расширяются и модернизируются. В период 2003-2007 гг. была произведена поэтапная реконструкция систем контроля Объединенного Кировского рудника, в результате которой физически и морально изношенная телеметрия Geos ltd (Венгрия) была полностью заменена на оборудование НПО «Системотехника» (г.Иваново). Телеметрия НПО «Системотехника» создана при участии специалистов ОАО «Апатит» на основе современных, серийно выпускаемых комплектующих, и является открытой, надежной, ремонтопригодной.

Новая сейсмическая система хорошо зарекомендовала себя в процессе эксплуатации, в связи с чем в настоящее время разработан проект реконструкции сейсмической системы Расвумчоррского рудника, предусматривающий аналогичную замену Венгерской телеметрии.

На основе сейсмического контроля были выявлены следующие особенности поведения массива: реакция массива на массовые взрывы; сезонный рост сейсмичности в периоды таяния снега; рост сейсмичности Центрального рудника в периоды затяжных дождей и перед обрушением консоли налегающих пород.

Знание особенностей поведения массива позволяет оптимизировать горные работы.

Центр геофизического мониторинга ОАО «Апатит» посетили известные ученые, в числе которых были президент Академии наук СССР академик Гурий Иванович Марчук и президент РАН академик Юрий Сергеевич Осипов. Академики высоко оценили работу предприятия по обеспечению безопасности труда горняков в удароопасных условиях.

Перспективными планами развития горных работ ОАО «Апатит» предусматривается перераспределение объемов добычи апатитонефелиновой руды между открытыми и подземными работами. Увеличение объемов добычи подземным способом будет осуществляться за счет вскрытия и отработки новых глубоких горизонтов, что непременно повлечет за собой ухудшение геодинамической обстановки в районах ведения работ.

Для обеспечения безопасности работ на глубоких горизонтах предусматривается совершенствование и расширение комплекса мероприятий по прогнозу и предотвращению геодинамической активности. В частности, планируется развитие действующих и внедрение новых методов прогноза и профилактики на основе новейших научных исследований.

Успешная отработка четырех блоков-целиков в удароопасных условиях свидетельствует о том, что комплекс мероприятий по обеспечению геодинамической безопасности является эффективным.

Для решения задач геодинамической безопасности, как и прежде, будут привлекаться Горный институт КНЦ РАН, а также другие научные и проектные организации. Тесное сотрудничество ученых и производственников является непременным условием безопасного и эффективного ведения горных работ.