

УДК 622.831

А. Г. АНОХИН, Л. В. КАКОШИНА, Ю. Н. НАГОВИЦИН, В. М. ТЮПКИН (ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель»)

25 ЛЕТ ЦЕНТРУ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НОРИЛЬСКОГО ГМК: СТАНОВЛЕНИЕ, РАЗВИТИЕ, ЗАДАЧИ



А. Г. АНОХИН,
директор Центра
геодинамической
безопасности,
канд. техн. наук



Л. В. КАКОШИНА,
начальник отдела
сейсмического мониторинга
Центра геодинамической
безопасности



Ю. Н. НАГОВИЦИН,
начальник отдела
совершенствования
технологии горных работ
Центра геодинамической
безопасности



В. М. ТЮПКИН,
главный специалист
отделения технического
обслуживания
Центра геодинамической
безопасности

27 марта 1989 г. постановлением Госкомитета СССР по надзору за безопасным ведением работ в промышленности и горному надзору, Минцветмета СССР и президиума ЦК профсоюза рабочих металлургической промышленности было принято решение о разработке, изготовлении и оснащении горных предприятий Норильского ГМК автоматизированной научно-исследовательской системой регионального прогноза удароопасности (АНИСРПУ) как необходимого инструмента обеспечения геодинамической безопасности освоения подземным способом Талнахского и Октябрьского месторождений. Учитывая особо сложные горно-технические и опасные по горным ударам горно-геологические условия, к работам по созданию АНИСРПУ были привлечены ведущие научно-производственные объединения и научно-исследовательские институты страны: НПО «Сибцветметавтоматика» (головной разработчик), НПО «Дальстандарт», Красноярский политехнический институт, Всесоюзный научно-исследовательский институт горной механики и маркшейдерского дела (ВНИМИ).

Изложены история становления, развития и содержательная часть деятельности созданной в системе Норильского ГМК специализированной службы регионального мониторинга и прогнозирования удароопасности как необходимого инструмента обеспечения геодинамической безопасности освоения глубоких горизонтов Талнахского и Октябрьского месторождений в сложных горно-технических и опасных по горным ударам горно-геологических условиях.

Ключевые слова: удароопасные месторождения, подземные рудники, напряженно-деформированное состояние, сейсмика, автоматизированные системы мониторинга, сейсмопавильоны, критерии удароопасности, камерные системы разработки с закладкой, научно-техническое сопровождение.

DOI: <http://dx.doi.org/10.17580/gzh.2015.06.05>

В 1990–1991 гг. в составе Управления по обеспечению горного производства создается Центр автоматизированных систем контроля горного давления (ЦАСКГД), первым руководителем которого стал А. Л. Соколовский; формируется новый кадровый состав (12 человек на начало 1992 г.); осуществляется техническое оснащение Центра — ЭВМ СМ-1420, СМ-1700, ДВК (ПК), самописцы, магнитографы и др. В период 1992–1999 гг. развивается сеть подземных сейсмопавильонов на рудниках «Октябрьский» и «Таймырский» с организацией крупномасштабных опытно-промышленных испытаний (ОПИ) передовых в то время сейсмических систем «Пеленг» и ИВК «Регион». Под руководством ВНИМИ вводится в действие программный комплекс по определению критериев удароопасности (ПКУ). ЦАСКГД переходит на непрерывный режим контроля напряженно-деформированного состояния (НДС) массива горных пород. Ежедневно на рудники поступают схемы прогноза удароопасности участков шахтных полей с выделением сейсмоопасных зон, являющиеся основой для прогнозирования и предотвращения горных ударов (УППГУ), разработки профилактических мероприятий по снижению удароопасности и геодинамических рисков.

С начала 2000-х годов ЦАСКГД выделен в лабораторию (ЛАСКГД) в составе Горно-металлургического опытно-исследовательского центра (ГМОИЦ) ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель». В период 2000–2003 гг. наблюдениями охвачены шахтные поля рудников «Октябрьский» и «Таймырский» с контролируемой площадью 1,5–2,5 км, где размещены 18 сейсмопавильонов, оснащенных однокомпонентными сейсмическими датчиками



Рис. 1. Сейсмокомплекс «Релос-Р/Ш-64»:

а — поверхностная часть: аппаратура селекции и накопления сигналов (АСН-7); телеметрическая аппаратура приема-передачи сигналов; *б* — подземная часть: аппаратура сбора и передачи информации; компонентные сейсмодатчики GS-20DX

СМ-ЗКВ. Разнос сейсмопавильонов по вертикали составляет 550 м, при этом по горизонтали сейсмопавильоны с максимальной и минимальной глубиной разнесены на 2 км. Технические средства вычислительного комплекса ЛАСКГД включают ЭВМ СМ-1420, аппаратуру селекции и накопления, телеметрическую аппаратуру приема-передачи сигналов и ПК для обработки сейсмосигналов с программным обеспечением ВНИМИ.

Вместе с тем к этому времени оборудование устарело, а программное обеспечение уже не отвечало современным требованиям. Отсутствовала единая информационная сеть между сейсмостанцией и рудниками, информация передавалась на бумажных носителях, а интерпретацию и прогноз осуществляли вручную, исходя из опыта геофизиков ЛАСКГД и УППГУ рудников. Ежегодно сейсмостанция предоставляла рудникам до 790 листов прогнозных карт, которые затем вручную обрабатывали. В связи с этим специалистами ГМОИЦ совместно со службами автоматизации ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель» были разработаны предложения по развитию системы автоматизированного контроля горного давления и созданию на базе сейсмостанции системы геодинамической безопасности, которая была бы определяющей при выборе направлений развития горных работ в разделительных

массивах рудников «Октябрьский» и «Таймырский», а также на новых участках шахтных полей, осваиваемых в ближайшей перспективе. В середине 2003 г. ЛАСКГД выводится из состава ГМОИЦ и приобретает статус самостоятельного структурного подразделения — ЦАСКГД — с административным подчинением заместителю директора ЗФ по развитию сырьевой базы, функциональным — Горно-геологическому управлению. Директором ЦАСКГД назначается Н. И. Жилкина. Это преобразование обозначило начало модернизации сейсмостанции.

В период 2004–2010 гг. проведены работы по переоснащению сейсмокомплекса и расширению сейсмосети рудников «Октябрьский» и «Таймырский»; совместно с ВНИМИ разработано новое программное обеспечение автоматизированного сейсмокомплекса «Регион»; установлена и введена в опытную эксплуатацию система телесеismicического мониторинга «Вулкан», с использованием которой предполагалось осуществлять регистрацию и обработку удаленных землетрясений и определять их влияние на сейсмическую активность контролируемых горных массивов. В начале 2007 г. путем слияния ЦАСКГД и горной лаборатории ГМОИЦ организуется Центр геодинамической безопасности (ЦГБ), директором которого назначен Е. А. Бабкин.

В сентябре 2007 г. система ПКУ переведена в режим дублирующей, а в качестве основной утверждена система «Регион». На рудниках «Октябрьский» и «Таймырский» начат монтаж нового, более совершенного сейсмокомплекса «Релос-Р/Ш-64» (производство НТЦ «Автоматика», г. Красноярск) — модернизированной версии действующей системы «Регион». В ней использованы новые сейсмические датчики GS-20DX, которые имеют более широкую амплитудно-частотную характеристику, чем у ранее применявшихся датчиков СМ-ЗКВ, что позволяет с большей точностью определять время прихода сейсмических волн и, соответственно, получать более качественные данные по скоростям их прохождения (рис. 1). В 2008–2010 гг. смонтирована и введена в опытно-промышленную эксплуатацию система сейсмического мониторинга ISS (производство International Ltd., ЮАР) залежи С-1 рудника «Скалистый»; завершено строительство объекта «ГГУ-ЦАСКГД» — модернизация сейсмокомплекса рудников «Октябрьский» и «Таймырский» (система «Релос»).

В период 2011–2014 гг. при научно-техническом сопровождении НТЦ «Автоматика» и методическом руководстве ВНИМИ завершена наладка и подтверждена работоспособность всех технических средств и программного обеспечения систем, откорректированы аппаратно-программный комплекс ПКУ. Разработаны, согласованы с территориальным органом Ростехнадзора и введены в действие методики сейсмического мониторинга [1, 2]; комплексы «Релос-Р/Ш-64» и ISS переведены в штатный режим функционирования.

В настоящее время ЦГБ структурно представлен отделением технического обслуживания и тремя специализированными отделами. Отдел сейсмического мониторинга отвечает за функционирование и развитие автоматизированных систем на удароопасных участках разрабатываемых месторождений. Отделы совершенствования технологий ведения горных работ и управления горным давлением обеспечивают научно-инженерное сопровождение

всего комплекса горного производства: организацию и сопровождение ОПИ; поиск эффективных способов, технических средств и методов крепления горных выработок; закладку выработанного пространства; механизацию и автоматизацию технологических процессов; сложный комплекс проветривания рудников, их газового и теплового режимов; повышение уровня безопасности горных работ и улучшение санитарно-гигиенических условий труда горнорабочих.

Региональный прогноз удароопасности на рудниках ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель» обеспечивается непрерывным сейсмическим мониторингом автоматизированными системами на базе аппаратных комплексов «Релос-Р/Ш-64» и ISS, позволяющих регистрировать сейсмические события и строить карты сейсмической активности. Технические средства, с помощью которых осуществляется сейсмический мониторинг, имеют двухуровневую структуру: к наземному комплексу относится сейсмостанция с необходимым аппаратным и программным обеспечением для обработки регистрируемой информации, контроля и управления работой всей системы; к подземному — сейсмические датчики, предназначенные для регистрации сейсмических волн, и аппаратура для их предварительной фильтрации, усиления и аналого-цифрового преобразования сигналов (см. рис. 1).

Наблюдениями охвачены шахтные поля рудников «Октябрьский» и «Таймырский», где функционирует система «Релос-Р/Ш-64» с 30 сейсмопавильонами (рис. 2), и шахта «Скалистая» рудника «Комсомольский», оснащенная системой ISS с 12 сейсмопавильонами. Павильоны оборудованы трехкомпонентными сейсмодатчиками, обеспечивающими регистрацию сейсмических явлений с энергией от 10 Дж и выше. Математическое и программное обеспечение сейсмических систем позволяет круглосуточно определять координаты и энергетические параметры регистрируемых явлений; преобразовывать сейсмическую информацию и проводить расчеты текущего положения сейсмически активных зон в пределах рудника; составлять схемы и прогнозные карты, привязанные к координатам шахтных полей в вертикальном разрезе или в плане.

На совмещенных с планом горных работ прогнозных картах отображается в виде значков местоположение эпицентров сейсмических событий (рис. 3). Показателем оценки и прогноза сейсмической активности является параметр F , который комплексно характеризует плотность распределения количества и энергии сейсмических событий: чем выше уровень F , тем больше событий зарегистрировано на участке шахтного поля, и выше их энергия. Положение изолиний параметра F показывает распространение зон с разным уровнем сейсмоактивности. Удароопасные зоны выделяются установленными цветовыми уровнями пространства между изолиниями.

Каталоги событий и прогнозные карты ежесуточно заносят в базу данных, доступную для всех пользователей сервиса «ЦГБ — контроль горного давления» в режиме реального времени. На основании полученных данных регионального прогноза УППГУ рудников осуществляют анализ горнотехнической ситуации в выделенных опасных зонах, проводят визуальные обследования

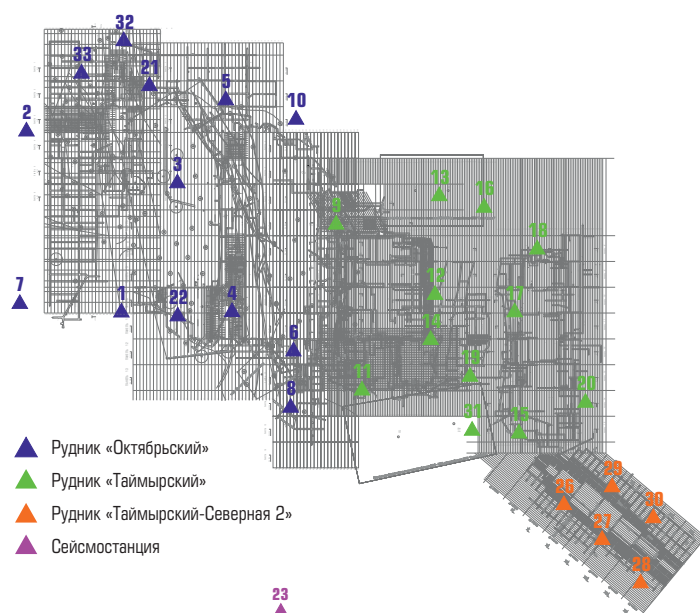


Рис. 2. Размещение сейсмопавильонов на шахтных полях рудников «Октябрьский» и «Таймырский» в системе «Релос-Р/Ш-64»

расположенных в них горных выработок, определяют места наиболее вероятного проявления динамических разрушений на этих участках, с инструментальной оценкой категории удароопасности локальными методами (локальный прогноз).

С освоением показанных выше современных автоматизированных систем появилась возможность совершенствования методологических подходов в части контроля и прогноза НДС горного массива; при этом в большей степени — для решения практических задач повышения безопасности ведения горных работ в удароопасных условиях. Так, в 2011–2014 гг. при научно-методическом руководстве ВНИМИ и НМСУ «Горный» была разработана классификация сейсмических событий по их спектральному образу и видам проявления в массиве горных пород [3]. Установлено, что основными источниками сейсмических волн являются структурные элементы массива, способные накапливать упругую энергию и мгновенно высвобождать ее в виде сброса напряжения, с последующей деформацией элемента и его разрушением. Предложенная классификация позволяет разделить сейсмические явления и строить карты динамической активности с учетом развития напряженного состояния, что повышает качество прогноза и позволяет выделить участки массива, склонные к накоплению упругой энергии и ее высвобождению в виде динамических событий.

Другим направлением совершенствования методологии контроля и прогноза НДС стали исследования влияния нарушенности рудопородного массива на степень сейсмического риска [4]. По многолетним наблюдениям установлено, что на параметры сейсмической активности наибольшее влияние оказывает не природная, а техногенная нарушенность горного массива, обусловленная такими, например, производственными процессами, как взрыв-

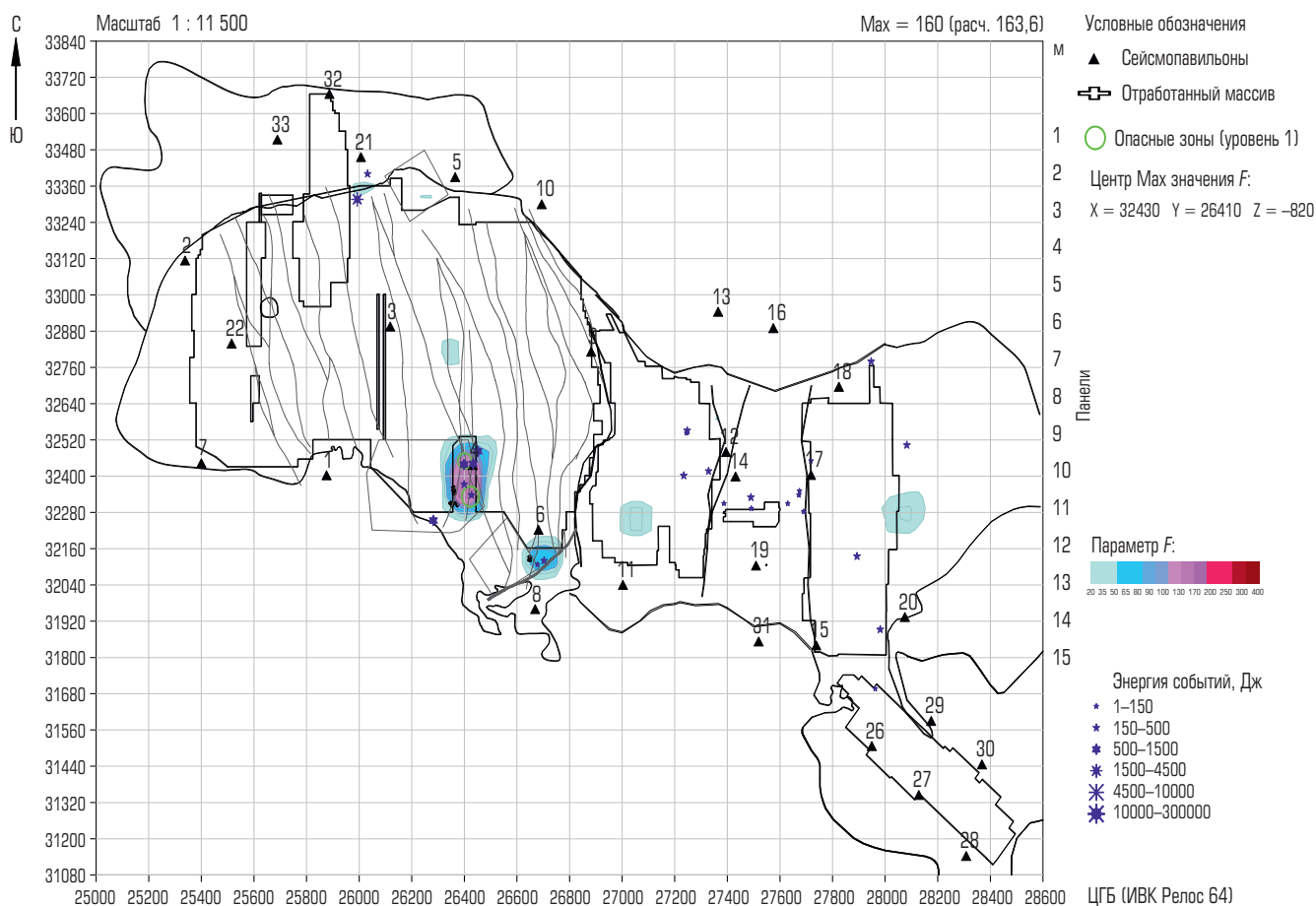


Рис. 3. Пример карты сейсмической активности (параметр F) массива горных пород, совмещенной с планом горных работ рудников «Октябрьский» и «Таймырский» (за сутки с 24.03 по 24.04.2012 г.)

ные работы, формирование и закладка выработанных пространств, разгрузочные скважины, параметры целиков, пролетов и др. По результатам исследований разработана методология учета техногенных факторов при построении зон удароопасности по сейсмическим данным.

Корректировка технических решений по безопасной и эффективной разработке Талнахского и Октябрьского удароопасных месторождений базируется на результатах исследований и с учетом современных достижений в области горной геомеханики и осуществляется при научно-методическом руководстве и сопровождении ведущих научно-исследовательских институтов. Разработанный специалистами ЦГБ Стандарт предприятия регламентирует порядок подготовки и проведения ОПИ технологических процессов ведения горных работ в подразделениях ЗФ и предусматривает обязательные предварительные исследования расчетными и лабораторными методами, на основе которых при получении положительных результатов проводится промышленный эксперимент в шахтных условиях, сопровождаемый инструментальными исследованиями.

В настоящее время основной задачей ГМК является поддержание объемов выпуска товарной продукции за счет вовлечения в разработку запасов менее ценных руд с соответствующим уве-

личением общего объема добычи. Одним из основных направлений решения этой задачи является освоение высокопроизводительных камерных систем разработки, ОПИ которых были успешно проведены на глубоких рудниках ЗФ [5]. Перед началом испытаний институтом ВНИМИ было выполнено геомеханическое обоснование предложенных параметров камерной системы разработки, схем и последовательности ведения горных работ. В настоящее время доля камерных систем разработки на рудниках «Октябрьский», «Таймырский» и «Комсомольский» достигает 80%. При этом ширина камер составляет от 8 до 24 м, длина — от 50 до 120 м, высота — до 40 м.

Продолжаются исследования по оценке геомеханической ситуации при разработке наиболее опасных участков Октябрьского месторождения — Большого Горста рудника «Таймырский» [6] и предохранительного целика стволов ВЗС–ВСС рудника «Октябрьский» [7]. С участием НМСУ «Горный» разработаны рациональные схемы разгрузки осваиваемых массивов и порядок ведения горных работ, обеспечивающие минимальный уровень напряжений и позволяющие поддерживать объемы добычи руды на заданном уровне при усложняющихся геомеханических условиях.

Большой комплекс исследовательских работ осуществляется на строящихся рудниках ЗФ. Особое место в этом плане занима-

ет шахта «Скалистая» рудника «Комсомольский», где наличие и влияние Норильско-Хараелахского разлома обуславливает существенные проблемы при проведении и поддержании выработок. Специалистами ЦГБ совместно с ВНИМИ разработана и реализуется комплексная программа постоянного контроля НДС массива, что позволяет оперативно оценивать эффективность принятых технических решений по ведению горных работ и принимать необходимые меры по их корректировке.

Значительная работа проводится по разработке и освоению новых видов и способов крепления горных выработок. Проведены ОПИ анкерной крепи Swellex, при возведении которой используются абсолютно новые методы закрепления анкеров (без применения каких-либо скрепляющих составов) и шахтные полимерные сетки вместо металлической решетки [8]. По результатам испытаний металлопластиковая тоннельная сетка производства ООО «Тех-Полимер» и анкерная крепь Swellex производства Atlas Sorco рекомендованы к промышленному применению с 2015 г.

Одной из наиболее затратных статей расходов в себестоимости добычи руды является закладка выработанного пространства. Выполненные совместно с ИГКОН РАН исследования новых составов закладочных смесей, основным компонентом которых являются отходы (хвосты) обогащения богатых и медистых руд, стали основой для разработки перспективной, экологически и экономически эффективной технологии закладочных работ, обеспечивающей устойчивость массивов вмещающих пород в удароопасных условиях рудников Талнаха. Продолжаются исследования по изучению характера и масштабов природных газопоявлений, а также теплового режима на рудниках ЗФ. Регулярно выполняются анализы и расчеты вентиляционных сетей с разработкой рекомендаций по улучшению проветривания действующих и вводимых в эксплуатацию рудников, горизонтов, участков.

Решение о создании в системе ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель»» собственного ЦГБ, в котором успешно и достаточно оперативно решаются задачи контроля и управления геомеханическими процессами на удароопасных рудниках, а также планируются и координируются научно-исследовательские работы и опытно-промышленные испытания, полностью себя оправдало, а вложенные средства многократно окупались. За время функционирования ЦГБ число опасных динамических проявлений горного давления на рудниках значительно снизилось; не зафиксировано ни одного случая горно-тектонического удара; освоены высокопроизводительные камерные системы разработки и эффективные способы скважинной разгрузки массивов различных параметров. Научно-технические разработки специалистов ЦГБ неоднократно были представлены на семинарах, конференциях, выставках и получили высокие оценки.

В ЦГБ сформирован успешно работающий творческий коллектив, сплав опыта, профессионализма и здравых амбиций молодежи. Сегодня в ЦГБ работают 34 человека, из них 27 с высшим образованием, в том числе 2 кандидата наук; средний возраст работников 39 лет.

В 2009 г. В. П. Марысюк и в 2013 г. А. Г. Анохин успешно защитили диссертации и получили ученую степень кандидатов

технических наук. Разработанные ими методика оценки НДС массива и рекомендации по совместной разработке рудных залежей рудников Талнаха внедрены в производство.

Особое внимание уделяется подготовке и повышению квалификации кадров. Творческий характер работы, ежедневное решение нестандартных задач, необходимость постоянного изучения технической литературы создают условия для профессионального роста специалистов, которых не раз привлекали в качестве преподавателей (Ю. Н. Наговицин, М. П. Сергунин) в Корпоративный университет «Норильский никель», являющийся основной учебной базой ЗФ. Принимаемые на должность техника по обработке сейсмических сигналов проходят обучение непосредственно на рабочем месте по специальным программам, разработанным начальником отдела сейсмического мониторинга Л. В. Какошиной. Ежегодно не менее 5 сотрудников направляют на курсы повышения квалификации в специализированные учебные центры страны.

В заключение отметим большое внимание и существенную поддержку деятельности ЦГБ со стороны руководства компании, благодаря чему на рудниках ЗФ функционируют самые передовые и эффективные системы непрерывного сейсмического мониторинга. При этом ЦГБ подтверждает высокий статус «заводской науки», способной решать самые сложные технологические задачи, включая внедрение новых разработок и их инженерное сопровождение до выхода объекта на проектные показатели.

Библиографический список

1. Методика по контролю участков массива микросейсмическим методом на основе системы сейсмического контроля «Релос-РШ-64». — СПб. : ВНИМИ, 2010. — 46 с.
2. Методика сейсмического мониторинга системой контроля удароопасности «ISS» на руднике «Скалистый» ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель». — СПб. : ВНИМИ, 2010. — 53 с.
3. Петрушина В. Ф., Какошина Л. В., Власова И. А., Мулев С. Н. Модернизация систем сейсмического мониторинга на рудниках ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель» // Горный журнал. 2010. № 6. С. 58–62.
4. Анохин А. Г., Семенов К. А., Дарбинян Т. П., Цирель С. В., Мулев С. Н. Методология учета степени влияния нарушенности рудородного массива на сейсмический риск // Горный журнал. 2014. № 4. С. 19–24.
5. Анохин А. Г. Опыт внедрения камерных систем разработки при отработке «медистых» руд рудника «Октябрьский» // Научно-практическая конференция «Геодинамика и современные технологии отработки удароопасных месторождений» : сб. науч. тр. — Норильск : ОАО «ГМК «Норильский никель», 2012. С. 106–112.
6. Галаов Р. Б., Холитчев Е. А., Андреев А. А. Геомеханическая обстановка при разведке на участке Большой Горст рудника «Таймырский» // Горный журнал. 2013. № 2. С. 14–19.
7. Наговицин Ю. Н., Марысюк В. П., Анохин А. Г. Разработка технических решений по обеспечению устойчивости околоствольного массива при отработке предохранительного целика стволов ВЗС–ВСС рудника «Октябрьский» // Горная геомеханика и маркшейдерское дело : сб. науч. тр. — СПб. : ВНИМИ, 2009. С. 158–165.

8. Галаов Р. Б., Наговицин Ю. Н., Плиев Б. З., Андреев А. А., Вильчинский В. Б. Совершенствование способов крепления выработок на рудниках ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель» // Горный журнал. 2014. № 4. С. 25–28. [ГЖ](#)

Анохин Александр Геннадьевич,
тел.: +7 (3919) 45-21-57

Какошина Париса Владимировна,
тел.: +7 (3919) 37-82-83
Наговицин Юрий Николаевич,
тел.: +7 (3919) 37-19-78
Тюпкин Валерий Михайлович,
тел.: +7 (3919) 24-89-67

«GORNYY ZHURNAL»/«MINING JOURNAL», 2015, № 6, pp. 23–28	
Title	The 25th anniversary of the Center for Geodynamic Safety, Norilsk Nickel: Initiation, growth, mission
DOI	http://dx.doi.org/10.17580/gzh.2015.06.05
Author 1	Name & Surname: Anokhin A. G.
	Company: Polar Division of PJSC “MMC “NORILSK NICKEL” (Norilsk, Russia)
	Work Position: Director, Center for Geodynamic Safety
	Scientific Degree: Candidate of Engineering Sciences
	Contacts: phone: +7 (3919) 45-21-57
Author 2	Name & Surname: Kakoshina L. V.
	Company: Polar Division of PJSC “MMC “NORILSK NICKEL” (Norilsk, Russia)
	Work Position: Head of Seismic Monitoring Department, Center for Geodynamic Safety
Author 3	Name & Surname: Nagovitsin Yu. N.
	Company: Polar Division of PJSC “MMC “NORILSK NICKEL” (Norilsk, Russia)
	Work Position: Head of Geotechnology Improvement Department, Center for Geodynamic Safety
Author 4	Name & Surname: Tyupkin V. M.
	Company: Polar Division of PJSC “MMC “NORILSK NICKEL” (Norilsk, Russia)
	Work Position: Senior Specialist, Maintenance Service, Center for Geodynamic Safety
Abstract	<p>The article depicts initiation and growth and presents the scope of activities of a service founded within Norilsk Nickel Mining and Metallurgical Company for regional rockburst hazard monitoring and forecasting as a tool of geodynamic safety enforcement in deep-level mining in complicated mine-technical and rockburst hazardous ground conditions of Talnakh and Oktyabrskiy Mines.</p> <p>The authors describe the key stages of engineering, outfitting and assimilation (jointly with the leading specialized research institutions of Russia) of automated control systems for rock pressure and seismicity, the branched network of seismic stations, the data reception–transmission facilities, software systems, procedures and various advanced hardware and information technologies. Of particular interest is the usage of the research findings of the Center for Geodynamic Safety towards geotechnological improvement, in particular, application of a new type support in development headings and high-output cutting with solidifying backfilling based on mill tailings, considering the recommended methods of rock pressure monitoring and control, as well as the rockburst hazard criteria (parameter F).</p>
Keywords	Rockburst-hazardous deposits, underground mines, stress–strain state, seismicity, automated monitoring systems, seismic stations, rockburst hazard criteria, cutting with backfilling, scientific and technological supervision.
References	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Metodika po kontrolyu uchastkov massiva mikroseysmicheskim metodom na osnove sistemy seysmicheskogo kontrolya «Relos-RSh-64»</i> (Method of control of massif sites by micro-seismic method on the basis of seismic control system «Relos-RSh-64» («Релос-ПШ-64»)). Saint Petersburg : Scientific-Research institute of mining geomechanics and mine surveying (VNIMI), 2010. 46 p. (in Russian) 2. <i>Metodika seysmicheskogo monitoringa sistemoy kontrolya udaroopasnosti «ISS» na rudnike «Skalisty» Zapolyarnogo Filiala Otkrytogo Aktsionernogo Obshchestva «Gorno-Metallurgicheskii Kombinat «Norilskiy nikel»</i> (Method of seismic monitoring by rock-bump hazard control system «ISS» on Skalisty mine (Polar Division of MMC «Norilsk Nickel»)). Saint Petersburg : Scientific-Research institute of mining geomechanics and mine surveying (VNIMI), 2010. 53 p. (in Russian) 3. Petrushina V. F., Kakoshina L. V., Vlasova I. A., Mulev S. N. Modernizatsiya sistem seysmicheskogo monitoringa na rudnikakh Zapolyarnogo Filiala Otkrytogo Aktsionernogo Obshchestva «Gorno-Metallurgicheskii Kombinat «Norilskiy nikel» (Modernization of seismic monitoring systems on mines of Polar Division of MMC «Norilsk Nickel»). <i>Gornyy Zhurnal = Mining Journal</i>. 2010. No. 6. pp. 58–62. 4. Anokhin A. G., Semenko K. A., Darbinyan T. P., Tsirel S. V., Mulev S. N. Metodologiya ucheta stepeni vliyaniya narushenosti rudoprodnoogo massiva na seysmicheskii risk (Methodology of accounting of the grade of influence of ore-rock massif disturbance on seismic risk). <i>Gornyy Zhurnal = Mining Journal</i>. 2014. No. 4. pp. 19–24. 5. Anokhin A. G. Opyt vnedreniya kamernykh sistem razrabotki pri otrabotke «medistykh» rud rudnika «Oktyabrskiy» (Experience of implementation of chamber mining during Oktyabrskiy mine cupriferrous ores' mining). <i>Nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Geodinamika i sovremennye tekhnologii otrabotki udaroopasnykh mestorozhdeniy» : sbornik nauchnykh trudov</i> (Scientific-practical conference «Geodynamics and modern technologies of bump-hazard deposits' mining» : collection of scientific proceedings). Norilsk : MMC «Norilsk Nickel», 2012. pp. 106–112. 6. Galaov R. B., Kholichev E. A., Andreev A. A. Geomekhanicheskaya obstanovka pri razvedke na uchastke Bolshoy Gorst rudnika «Taymyrskiy» (Geomechanical situation during the prospecting at the Bolshoy Gorst site (Taymyrskiy mine)). <i>Gornyy Zhurnal = Mining Journal</i>. 2013. No. 2. pp. 14–19. 7. Nagovitsin Yu. N., Marysyuk V. P., Anokhin A. G. Razrabotka tekhnicheskikh resheniy po obespecheniyu ustoychivosti okolostvolnogo massiva pri otrabotke predokhranitel'nogo tselika stvolov VZS-VSS rudnika «Oktyabrskiy» (Development of engineering solutions on provision of stability of near-shaft massif during mining of protective pillars of Servicing Stone Shafts–Servicing Skip Shafts (B3C-BCC) of Oktyabrskiy mine). <i>Gornaya geomekhanika i marksheyderskoe delo: sbornik nauchnykh trudov</i> (Mining geomechanics and mine surveying : collection of scientific proceedings). Saint Petersburg : Scientific-Research institute of mining geomechanics and mine surveying (VNIMI), 2009. pp. 158–165. 8. Galaov R. B., Nagovitsin Yu. N., Pliiev B. Z., Andreev A. A., Vilchinskii V. B. Sovershenstvovanie sposobov krepneniya vyrobotok na rudnikakh Zapolyarnogo Filiala Otkrytogo Aktsionernogo Obshchestva «Gorno-Metallurgicheskii Kombinat «Norilskiy nikel» (Improvement of excavation support methods at mines of Polar Division of MMC «Norilsk Nickel»). <i>Gornyy Zhurnal = Mining Journal</i>. 2014. No. 4. pp. 25-28.