

ГЕОДИНАМИЧЕСКИЙ ПОЛИГОН ДАЛЬНЕГОРСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ

**Рассказов М.И.¹, Рассказов И.Ю.², Цой Д.И.¹,
Терёшкин А.А.¹, Константинов А.В.¹, Лештаев В.С.¹,
Рассказова А.В.¹, Багаутдинов И.И.³, Розанов И.Ю.⁴**

*¹Институт горного дела – обособленное подразделение ХФИЦ ДВО РАН
(ИГД ДВО РАН), г. Хабаровск rasm.max@mail.ru*

*²Хабаровский Федеральный исследовательский центр Дальневосточного отделения
Российской академии наук (ХФИЦ ДВО РАН), г.Хабаровск*

*³Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II (Горный
институт), г. Санкт-Петербург*

⁴Горный институт – обособленное подразделение КНЦ РАН, г. Апатиты

Крупномасштабная и интенсивная техногенная деятельность, к которой относятся выемка и перемещение больших объёмов горных пород при разработке месторождений твёрдых полезных ископаемых, оказывает значительное влияние на естественное напряжённо-деформированное состояние верхней части земной коры и часто приводит к активизации геодинамических процессов в этих районах.

Проявлением геодинамической активизации являются горно-тектонические удары, техногенная и наведённая сейсмичность, а также другие опасные геодинамические явления, прогнозирование которых представляет собой актуальную и одновременно весьма сложную проблему [1–6]. Это обусловлено многофакторностью условий и причин этих опасных явлений, многообразием горнотехнических и горно-геологических характеристик исследуемых объектов, неоднородностью напряжённо-деформированного состояния и значительными вариациями физико-механических свойств массивов горных пород, изменяющихся при интенсивном техногенном воздействии. Надёжный прогноз таких катастрофических событий затруднён ещё и потому, что поведение предельно напряжённого массива горных пород, рассечённого тектоническими нарушениями, породными контактами, и содержащего горные выработки различных форм и размеров, далеко не всегда может быть описано с помощью известных классических подходов.

Проблема снижения риска техногенных катастроф актуальна для регионов Дальнего Востока, где ведутся крупномасштабные горные работы. К числу предприятий с интенсивной добычей полезных ископаемых относится АО «ГМК «Дальполиметалл», которое ведёт добычу и

переработку полиметаллических руд подземным способом в Дальнегорском районе Приморского края. В настоящее время самым опасным по удароопасности в Дальнегорском рудном поле является месторождение Николаевское, где горные работы достигли глубины более 900 м. Данное месторождение эксплуатируется с 1984 года. Первые признаки динамических проявлений горного давления были отмечены ещё на стадии строительства рудника при проходке вертикальных стволов и проведении разведочно-подготовительных выработок. С началом очистной выемки динамические проявления горного давления стали регистрироваться также в зоне влияния опорного давления. За годы эксплуатации на месторождении зарегистрирован весь спектр динамических проявлений горного давления, вплоть до сильных и разрушительных горных ударов [7].

Николаевское месторождение представлено серией мелко-глыбовых и мощных рудных тел различного падения и простираения с четкими контактами сложной геометрии. Главное рудное тело «Восток-1» мощностью от 3 – 80 м и шириной в центральной части рудного поля до 600 м прослежено с глубины 700 м до 1100 м. Выше и на флангах залежи «Восток-1» расположены глыбовые оруденения и серия маломощных рудных тел, в том числе и рудная залежь «Харьковская» [8].

Геодинамика территории в региональном плане обусловлена приуроченностью к скрытому глубинному разлому субмеридионального направления, сдвиговые движения по которому определили элементы тектонической структуры месторождения. Месторождение имеет характерное блоковое строение, к главным элементам которого относятся крутопадающие Субширотный разлом и Северо-Западная тектоническая зона, разделяющие поле месторождения на три основных структурных блока: северный, центральный и западный. В пределах месторождения выделяются также протяженные крутопадающие разрывные пострудные нарушения субмеридионального простираения [9].

Эффективными инструментами для понимания разномасштабных природных и техногенных процессов и последующего построения адекватных моделей долгосрочного прогнозирования состояния геологической среды являются геодинамические полигоны, представляющие собой специальным образом выбранные территории (участки массивов горных пород), в пределах которых проводится комплекс регулярных спутниковых, сейсмических, геофизических, геодезических, геологических и целый ряд других наблюдений, нацеленных на отслеживание деформационных процессов в верхней части земной коры [10–11].

Сложные горно-геологические и геомеханические условия разработки Николаевского месторождения обусловили необходимость решения проблем предотвращения опасных проявлений горного давления путём создания многоуровневой системы комплексного геодинамического мо-



Рис. 1. Специальные технические средства для оценки удароопасности входящие в состав геодинамического полигона: 1) Автоматизированная сейсмоакустическая система контроля горного давления «Prognoz-ADS»; 2) Локальный прибор «Prognoz L2»; 3) Лазерный деформометр.

ниторинга (геодинамического полигона) (рис. 1.), которая объединяла бы целый ряд методов и измерительных комплексов в единую интегрированную наблюдательную сеть.

В настоящее время в состав геодинамического полигона входят [12–16].

1) Многоканальная система сейсмоакустического контроля горного давления «Prognoz-ADS» (АСКГД), позволяющая регистрировать и определять параметры АЭ-событий энергией от 10 до 10^4 Дж в частотном диапазоне 0,5–12 кГц (на шести горизонтах установлено 43 приёмных преобразователя);

2) Портативный прибор геоакустического контроля удароопасности «Prognoz L2» (локальная оценка состояния краевых частей массива горных пород);

3) Лазерный деформометр, позволяющий измерять уровень деформации земной коры в частотном диапазоне от 0 до 1000 Гц (прибор установлен в подземном павильоне на горизонте 320 м);

4) Станок кернового бурения (метод исследования дискования керна является базовым).

Выполняемые на Николаевском руднике геомеханические исследования с применением средств геодинамического полигона показали свою эффективность. По результатам комплексного геодинамического мониторинга в рудничном поле заблаговременно выделяются удароопасные участки (рис. 2.), в пределах которых после дополнительной оценки методами локального контроля состояния массива горных пород выполняются необходимые мероприятия по разгрузке массива.

Исследования проводились с использованием ресурсов Центра коллективного пользования научным оборудованием «Центр обработки и хранения научных данных Дальневосточного отделения Российской академии наук», финансируемого Российской Федерацией в лице Министерства науки и высшего образования РФ по проекту № 075-15-2021-663.

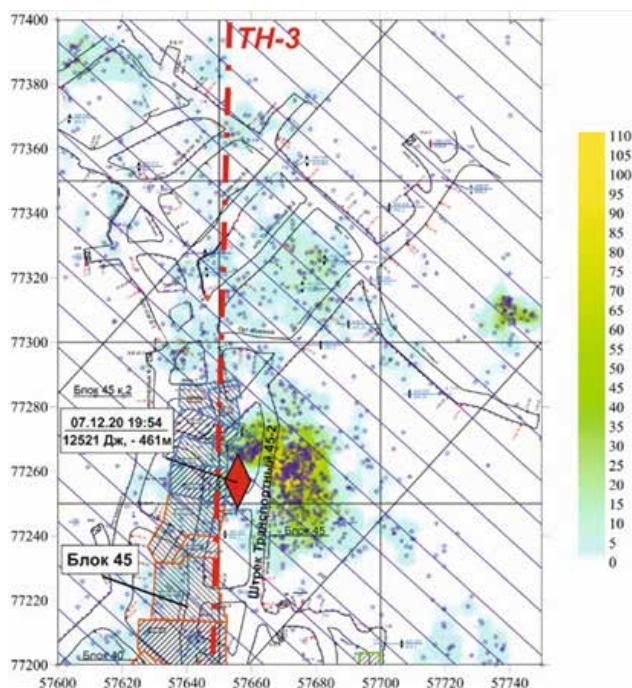


Рис. 2. Карта акустической активности и очаги АЭ-событий, зарегистрированных в 4 квартале 2020 г. в проекции на горизонт -406 м (7 декабря был зарегистрирован толчок на отметке -461 м с энергией 12521 Дж в районе блока 45 на пересечении с разломом ТН-3)

Литература

1. Адушкин В.В., Турунтаев С.Б. Техногенная сейсмичность – индуцированная и триггерная. М.: ИДГ РАН, 2015. 364 с.
2. Li T., Cai M. F., Cai M. A review of mining-induced seismicity in China // *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. 2007. Vol. 44. Issue 8. P. 1149-1171.
3. Рассказов И.Ю., Саксин Б.Г., Усиков В.И., Потапчук М.И. Геодинамическое состояние массива пород николаевского полиметаллического месторождения и особенности проявления удароопасности при его освоении // *Горный журнал*. 2016. № 12. С. 13-19.
4. Рассказов И.Ю., Курсакин Г.А., Потапчук М.И., Рассказов М.И. Геомеханическая оценка технологических решений при проектировании горных работ в удароопасных условиях. // *Записки Горного института*. 2012. Т. 198. С. 80-85.
5. Marcak M., Mutke G.Z. Seismic activation of tectonic stresses by mining // *Journal of Seismology*. 2013. Vol. 17. No 4. P. 1139-1148.
6. Багаудинов И.И., Беляков Н.А., Севрюков В.В., Рассказов М.И. Применение модели упрочняющегося грунта для прогноза зоны пластических деформаций массива слабоустойчивых пород Яковлевского железорудного месторождения // *Горный журнал*. 2022. № 12. С. 16-21.
7. Барышников В. Д., Курленя М. В., Леонтьев А. В. и др. О напряженно-деформированном состоянии Николаевского месторождения // *Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых*. 1982. № 2. С. 3–11.
8. Рассказов И.Ю., Потапчук М.И., Курсакин Г.А., Болотин Ю.И., Сидляр А.В., Рассказов М.И. Прогнозная оценка удароопасности массива горных пород при отработке глубоких горизонтов Николаевского месторождения // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2012. № 4. С. 96-102.
9. Повышение эффективности подземной разработки рудных месторождений Сибири и Дальнего Востока / А.М. Фрейдин, В.А. Шалауров, А.А. Еременко и др. Новосибирск: Наука, СИФ. 1992. 177 с.
10. Рассказов И.Ю., Петров В.А., Гладырь А.В., Тюрин Д.В. Геодинамический полигон Стрельцовского рудного поля: практика и перспективы // *Горный журнал*. 2018. № 7. С. 17-21.
11. Пустуев А.Л., Коновалова Ю.П., Мартымянов А.А. Принципы построения геодинамических полигонов при масштабном недропользовании // *Горный журнал*. 2012. № 1. С. 32-36.
12. Рассказов М.И., Гладырь А.В., Терешкин А.А., Цой Д.И. Сейсмоакустическая система контроля горного давления на подземном руднике «МИР» // *Проблемы недропользования*. 2019. № 2(21). С. 56-61.
13. Терешкин А.А., Мигунов Д.С., Аникин П.А., Гладырь А.В., Рассказов М.И. Оценка геомеханического состояния удароопасного массива горных пород по данным локального геоакустического контроля // *Проблемы недропользования*. 2017. № 1(12). С. 72-80.
14. Rasskazov M., Tereshkin A., Tsoi D., Miroshnikov V.I., Bagautdinov I., Kozhogulov K., Konstantinov K. Research of the formation of zones of stress concentration and dynamic manifestations based on seismoacoustic monitoring data in the fields of the Kola Peninsula // 2020. E3S Web of Conferences. С. 01009 URL: 10.1051/e3sconf/202019201009.
15. Цой Д.И., Рассказов М.И., Гладырь А.В., Терешкин А.А., Константинов А.В. Исследование влияния длиннопериодных деформационных волн на геоакустическую активность горного массива // *Проблемы недропользования*. 2019. №4(23). С. 66-73.
16. Гладырь А.В., Корчак П.А., Стрешнев А.А., Рассказов М.И., Терешкин А.А. Установка автоматизированной системы контроля горного давления «Prognoz-ADS» на опытном участке объединённого Кировского рудника АО «Апатит» // *Маркшейдерия и недропользование*. 2019. № 4(102). С. 52-56.