

ИССЛЕДОВАНИЕ УДАРООПАСНОСТИ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД НА НИКОЛАЕВСКОМ ПОЛЛИМЕТАЛИЧЕСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ ПО ДАННЫМ СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

**Рассказов М.И., Цой Д.И., Константинов А.В., Терёшкин А.А.,
Рассказова А.В., Потапчук М.И., Мигунов Д.С.**

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

Подземное освоение недр и горное строительство на больших глубинах сопряжены с необходимостью производить работы в условиях опасных проявлений горного давления, как в статистической, так и в динамической его формах. Отличительной чертой динамических проявлений горного давления, особенно горных и горно-тектонических ударов, является их внезапность и большая разрушительная сила. Они наносят большой материальный и социальный урон горнодобывающим предприятиям, приводят к длительным остановкам добычи полезного ископаемого. Это связано с необходимостью выполнения масштабных восстановительных работ на больших площадях шахтного поля. По степени тяжести и негативным последствиям мощные горные удары могут быть отнесены к техногенным катастрофам [1–11].

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 (рис. 1) [12].

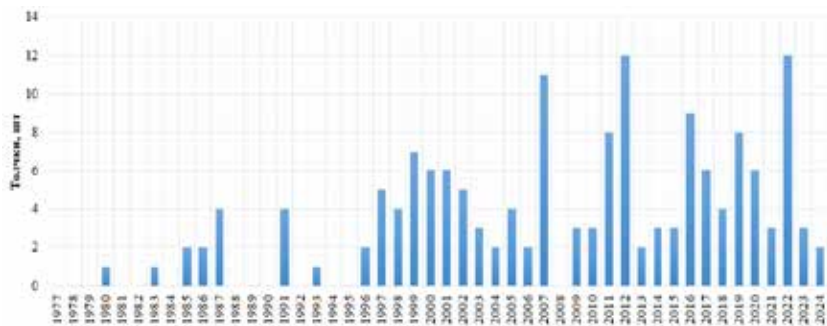


Рис. 1. Толчки, зарегистрированные на Николаевском месторождении с 1977 г. по 2024 г.

Геодинамика территории в региональном плане обусловлена приуроченностью к скрытому глубинному разлому субмеридионального направления, сдвиговые движения по которому определили элементы тектонической структуры месторождения. Николаевское месторождение характеризуется сложным геологическим строением и приуроченностью к тектонически активным районам земной коры. Месторождение имеет характерное блоковое строение, к главным элементам которого относятся крутопадающие Субширотный разлом, разлом ТН-3 и Северо-Западная тектоническая зона, разделяющие поле месторождения на три основных структурных блока: северный, центральный и западный [13].

Сложные горно-геологические и геомеханические условия разработки Николаевского полиметаллического месторождения обусловили необходимость решения проблем предотвращения опасных проявлений горного давления путём создания многоуровневой системы комплексного геодинамического мониторинга в которую входят специальные технические средства: 1) многоканальная система сейсмоакустического контроля горного давления «Prognoz-ADS» АСКГД, 2) портативные приборы геоакустическо-

го контроля удароопасности «Prognoz L», «Prognoz L2», 3) лазерный деформометр [14–17].

Выполняемые на Николаевском руднике геомеханические исследования с применением специальных технических средств, показали свою эффективность. По результатам комплексного геодинамического мониторинга можно выделить наиболее значимые и интересные события, произошедшие на Николаевском руднике за последние годы. Резкий рост техногенной сейсмичности на Николаевском руднике произошел в марте 2022 г. Всего здесь было зарегистрировано 8 крупных сейсмических событий, гипоцентры которых располагались значительно ниже (более 100 м) существующих горных выработок.

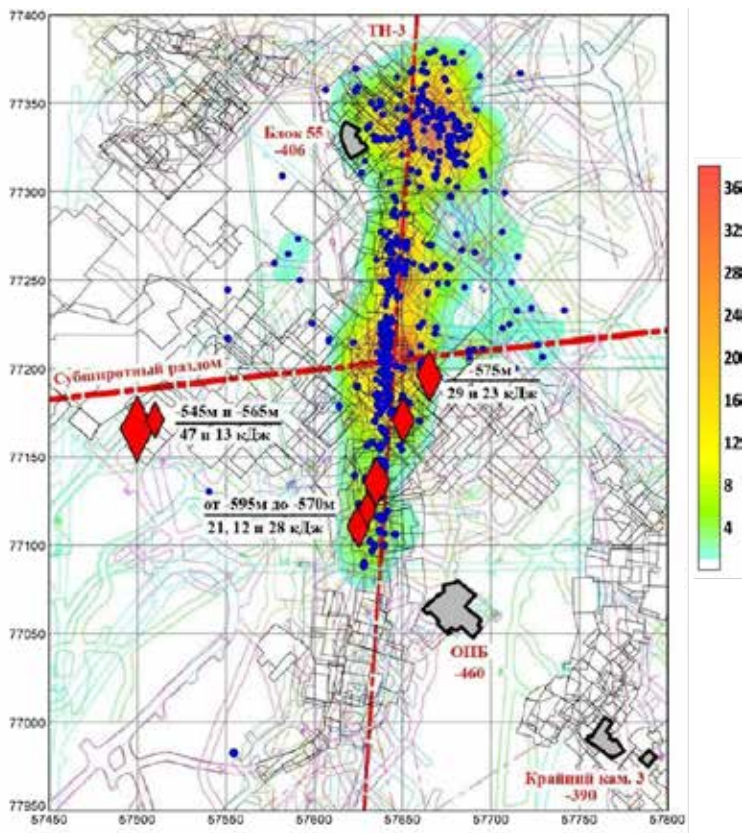


Рис. 2. Карта сейсмоакустической активности и толчки, зарегистрированные на Николаевском руднике в марте 2022 г.

Первые толчки были зарегистрированы 9 марта 2022 г.: 3 толчка в 04:34, 04:37, 04:41 с энергий 21, 13 и 28 кДж соответственно. Сейсмические события были зарегистрированы на пересечении с геодинамически активной зоной ТН-3 в непосредственной близости от субширотного разлома на большой глубине под блоками Южный-1 камеры 1 и 2 в отметках -595... -570 м (рис. 2). 16 марта были зарегистрированы еще 2 сейсмических события в 12:40 и 12:41 с энергией 38 и 23 кДж. Толчки были зафиксированы на пересечении с геодинамически активной зоной ТН-3 вблизи субширотного разлома под блоком 40 на отметке -575 м. Проявления сопровождались сильным звуковым эффектом, сотрясанием массива, в районе блока Нижний. После динамического проявления горного давления был слышен сильный треск в массиве по штр. Транзитный 7-2. По визуальным наблюдениям после проявления горного давления в форме толчка отмечалось падение заколов с кровли на незакрепленных участках выработок по штреку Северный 8 подэтажа -433 м, штреку Транзитный 9-2 на подэтаже -446 м, штреку Транзитный 10 на подэтаже -460 м. 19 марта системой «Prognoz-ADS» было зарегистрировано еще два сейсмических события в 05:30 и 05:42 с энергией 46 и 13 кДж. Толчки были локализованы в районе тектонически активной зоны ТН-3 на пересечении с субширотным разломом в отметках -545...-565 м. Проявления сопровождались сильным звуковым эффектом, сотрясанием массива. Толчки отмечали горнорабочие на гор. -220 м, -320 м, -446 м, -460 м. По визуальным наблюдениям после этих динамических проявлений отмечено два вывала по уклону Буровой 1 с кровли и бортов суммарным объемом 50 м³, что привело к обнажению штанг крепления. В течении нескольких часов после толчков наблюдалось падение заколов с кровли.

Распределение количества и суммарной энергии АЭ-событий, зарегистрированных в феврале-марте 2022 г. (рис. 3) (красными ромбами показаны 7 толчков, зафиксированных системой «Prognoz-ADS» 9, 16 и 19 марта 2022 г.).

25 марта 2022 г. в 19:36 произошел ещё один толчок в глубине массива, отмеченный работниками рудника на различных участках: на гор. -220 м в районе ремонтной базы, на гор. -320 м, а также в здании АБК поверхностного комплекса. Событие сопровождалось сотрясанием массива и сильным звуковым проявлением. По

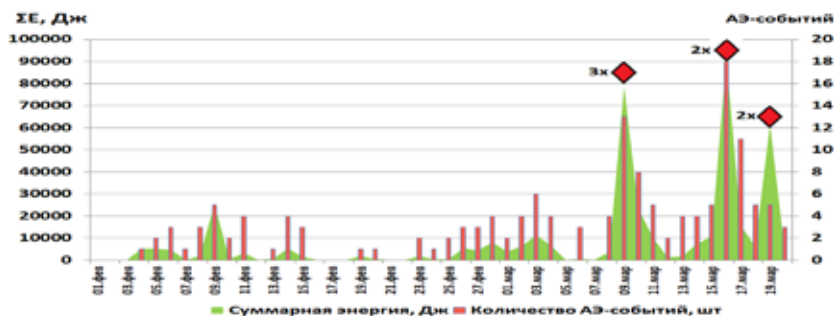


Рис. 3. Посуточное распределение количества и суммарной энергии АЭ-событий в феврале-марте 2022 г.

визуальным наблюдениям после геодинамического явления наблюдалось падение заколов на подэтаже -460 м в штреке Транзитный 10.

Таким образом, по результатам проведенного сейсмоакустического мониторинга были зафиксированы толчки и выявлены опасные участки горного массива. Особое внимание следует уделить изучению высоконапряженному участку массива на пересечении геодинамически активной зоны ТН-3 и субширотного разлома в отметках -540...-575 м, который может являться потенциальным очагом крупного геодинамического явления. Также был предложен комплекс профилактических мероприятий по разгрузке массива.

Литература

1. Адушкин А.А. Развитие техногенно-тектонической сейсмичности в Кузбассе // Геология и геофизика. 2018. Т. 59. № 5. С. 709-724. DOI: 10.15372/GiG20180510.
2. 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.
3. Jiang F.F., Zhou H., Liu C., Sheng J. Progress, prediction and prevention of rockbursts in underground metal mines // China Journal of Rock Mechanic Engineering. 2019. 38(5). P. 956-972.
4. Manchao H., Fuqiang R., Dongqiao L. Rockburst mechanism research and its control // International Journal of Mining Science and Technology. 2018. Vol. 28. No. 5. P. 829-837.
5. Шабаров А.Н., Смирнов Э.В. Методические принципы прогноза опасных природных процессов на основе геодинамического районирования недр // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2025. № 2. С. 114-129.

6. 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.
7. 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, C. 01009 URL: 10.1051/e3sconf/202019201009.
8. Rasskazov M., Rasskazova A., Potaphuk M., Tereshkin A. Geomechanical substantiation of measures of safety in the process of development of the Southern Hingansk deposit. Rock Mechanics for Natural Resources and infrastructure Development - Full Papers: Proceedings of the 14th International Congress on Rock Mechanics and Rock Engineering (ISRM 2019), September 13-18, 2019, Foz do Iguaçu, Brazil. London: Taylor & Francis Group. P. 793-799.
9. Rasskazov I.Yu., Lugovoy V.A., Kalinov G.A., Gladyr A.V., Anikin P.A., Rasskazov M.I. and Tsoj D.I. Development of measuring complexes for the assessment and control of burst-hazard during mining // Proceedings of the 8-th International Symposium on Rockbursts and Seismicity in Mines (Russia, Saint-Petersburg – Moscow. 1-7 September 2013). – ObninskPerm, 2013. P. 121-124.
10. Кузьмин С.В., Шнайдер И.В., Кыштымев И.В. Выявления опасных зон при проходке подготовительных выработок в сложных горно-геологических условиях // Горный журнал. 2024. № 1. С. 45-49.
11. Потапчук М.И., Терешкин А.А., Рассказов М.И. Оценка геомеханического состояния массива горных пород при отработке сложноструктурных рудных тел системой подэтажными штреками с управляемым обрушением кровли. Горный информационноаналитический бюллетень. 2015. 12. С. 39-45.
12. 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.
13. 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.
14. 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.
15. 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.
16. Пой 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.
17. Rozanov A.O., Petrov D.N., Rozenbaum A.M., Ilinov M.D., Tereshkin A.A. Acoustic emission precursor criteria of rock damage // Geomechanics and Geodynamics of Rock Masses. 2018. SET OF 2 VOLUMES. P. 669-672.