

А.А. Еременко, А.Г. Скворцов, А.М. Царев

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ВМЕЩАЮЩЕГО МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД В РАЙОНЕ ВЫРАБОТАННЫХ ПРОСТРАНСТВ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ГОРНОЙ ШОРИИ

Проведено исследование НДС вмещающего массива горных пород в районе выработанных пространств Юго-Восточного и Подруслового участков Таштагольского и Шерегешевского месторождений. Определены электрометрические коэффициенты, которые указывают на наличие зон пригрузки и разгрузки и колеблются от 0,75 до 1,8. Выполнены сейсмические исследования. Получены экспериментальные данные по определению расстояния от дневной поверхности до кровли выработанного пространства.

Ключевые слова: напряжение, динамические явления, выработанное пространство, блок, месторождение, сейсмические наблюдения, волна, скорость.

Оценка напряженно-деформированного состояния вмещающего массива горных пород в районе выработанных пространств слепых рудных тел осуществлялась на Юго-

Восточном участке (ЮВУ) Таштагольского месторождения (рис. 1) при отработке блока № 1 (панель 2).

Измерения электрометрическим методом показали, что в штреке № 1

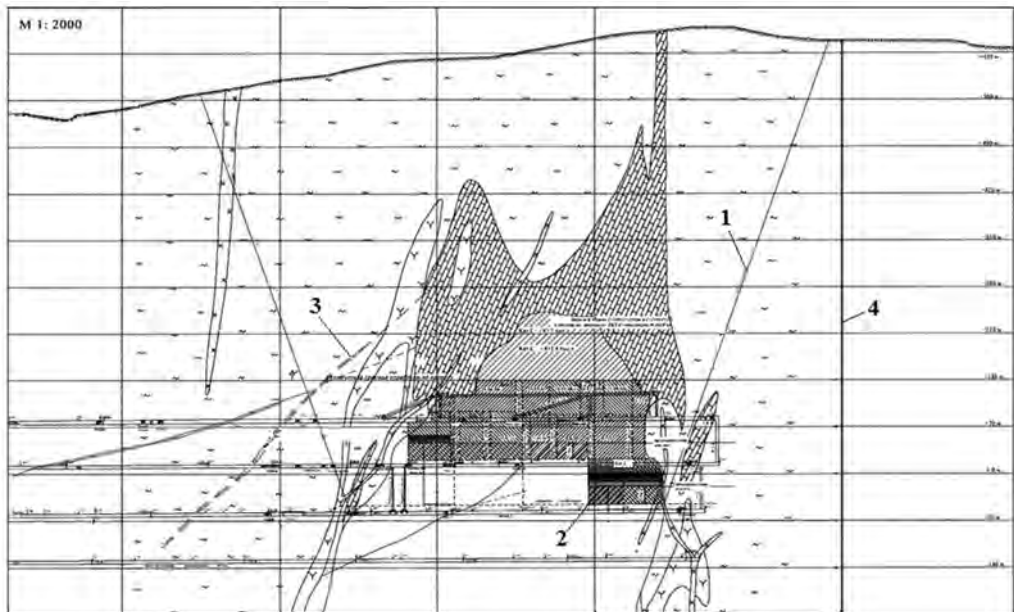


Рис. 1. Юго-Восточный участок месторождения, вертикальная проекция по профилю: 1 – зоны сдвижения горных пород; 2 – технологические блоки; 3 – тектонические нарушения; 4 – ствол; +630÷–140 м – горизонты

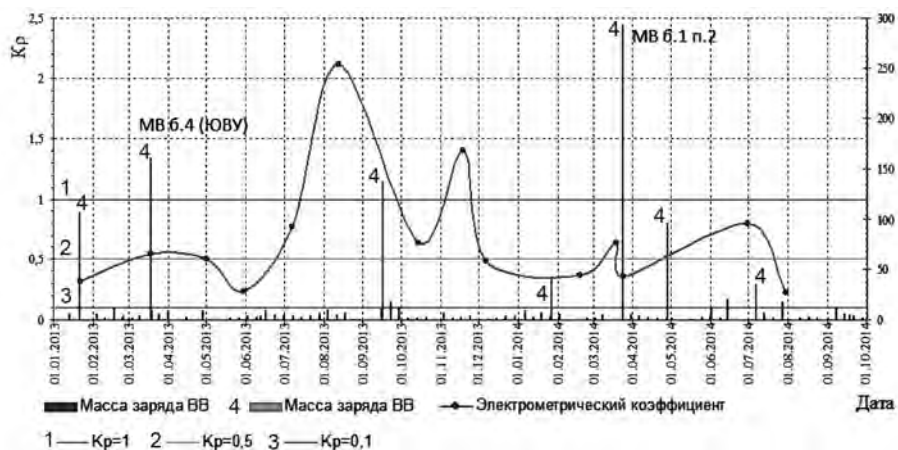


Рис. 2. Изменение электрометрического коэффициента (K_p) при массовых и технологических взрывах на гор. -70 м в районе штрека № 1 Юго-Восточного участка Таштагольского месторождения

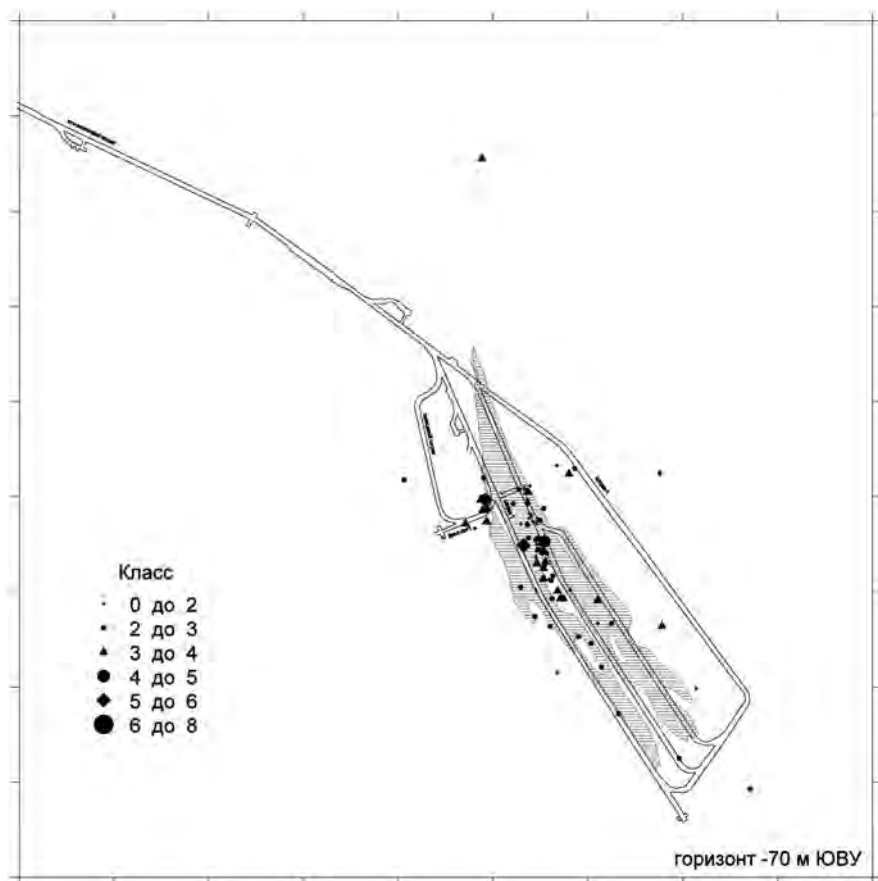


Рис. 3. Толчки на ЮВУ в период 2013–2014 гг.

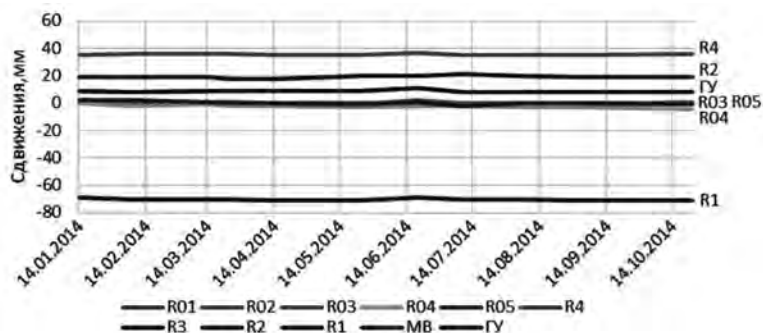


Рис. 4. График сдвижений по станции № 6 на гор. -70 м: R01–R1 – реперы; MB – массовый взрыв; ГУ – горный удар

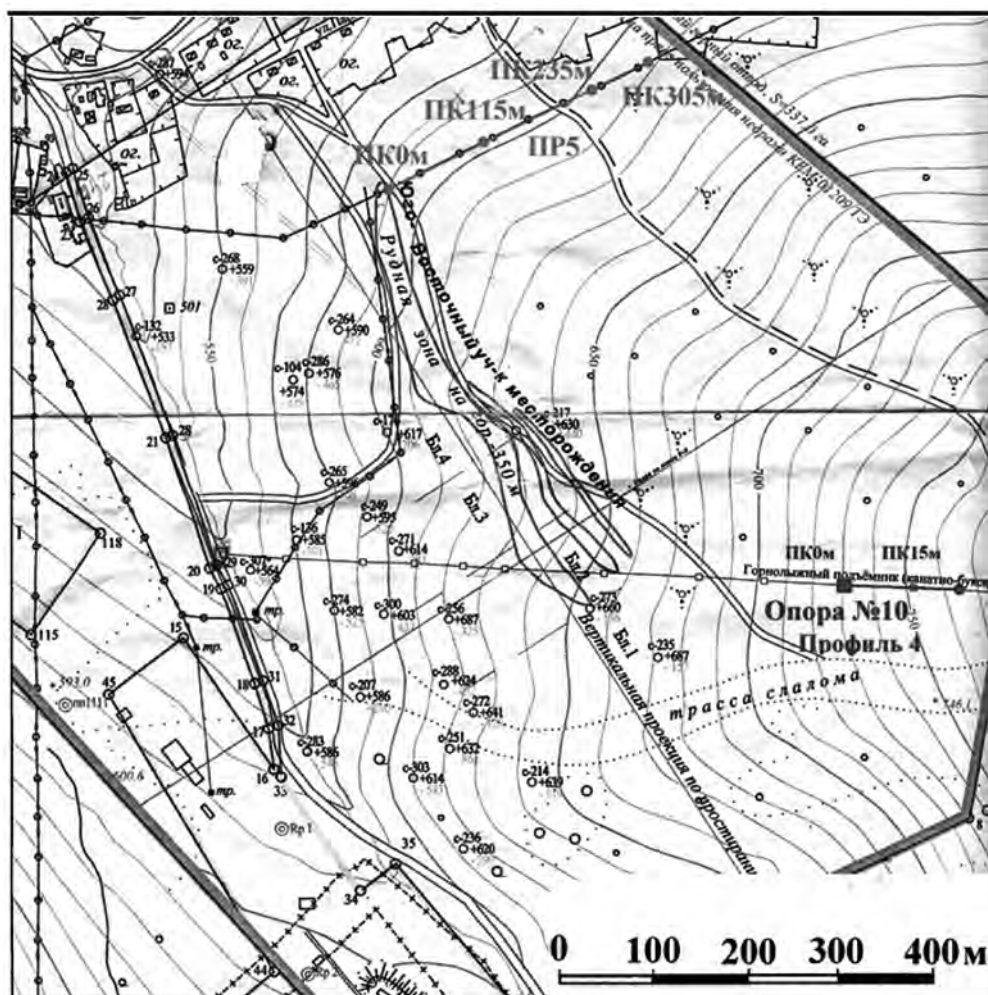


Рис. 5. Схема участка работ и сеть сейсмических наблюдений в г. Таштагол: ПК – пункт регистрации, +590÷–288 – высотные отметки

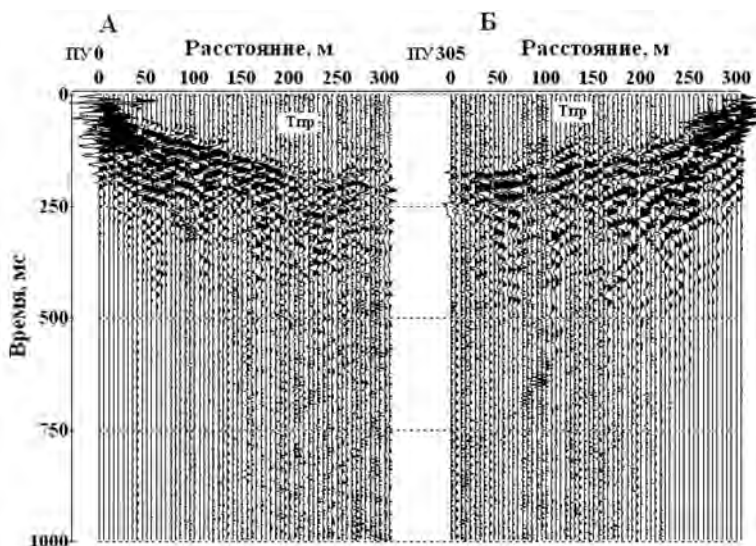


Рис. 6. Исходные сейсмические записи на профиле 5-14: А – Сейсмическая запись с ПУ 0 м, Б – сейсмическая запись с ПУ 305 м, $T_{пр}$ – преломленная SH-волна на кровле скальных пород

гор. –70 м после массового взрыва электрометрический коэффициент (K_p) увеличился от 0,4 до 0,75, т.е. массив разгрузился недостаточно (рис. 2) [1, 2]. В штреке № 4 гор. –70 м массив также разгрузился не в полной мере, при этом K_p колебался от 0,45 до 1,4. В юго-восточном штреке гор. –70 м массив горных пород разгрузился до безопасного состояния ($K_p = 0,8-1,8$).

Как видно из рис. 2, изменения электрометрического коэффициента, и, как следствие, напряжения на ЮВУ находятся в состоянии, достаточном

для проявления толчков 10^3-10^5 Дж. В последние годы толчки на ЮВУ не регистрируются, что подтверждается картой динамической активности (рис. 3) и изменения деформаций в районе обрушенной панели блока 1 (рис. 4).

В период начала отработки блока проведены сейсмические исследования (рис. 5) [3-5]. Исходные сейсмические записи на профиле 5-14 с ПУ 0 м и ПУ 305 м представлены на рис. 6. Здесь в структуре волнового поля прослеживается волна, прелом-

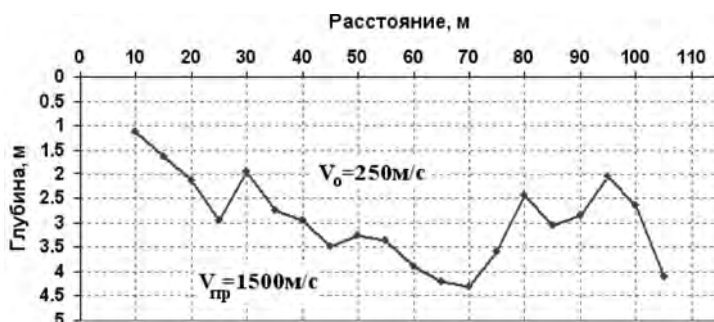


Рис. 7. Глубинный разрез верхней части геологической среды на профиле 5-14

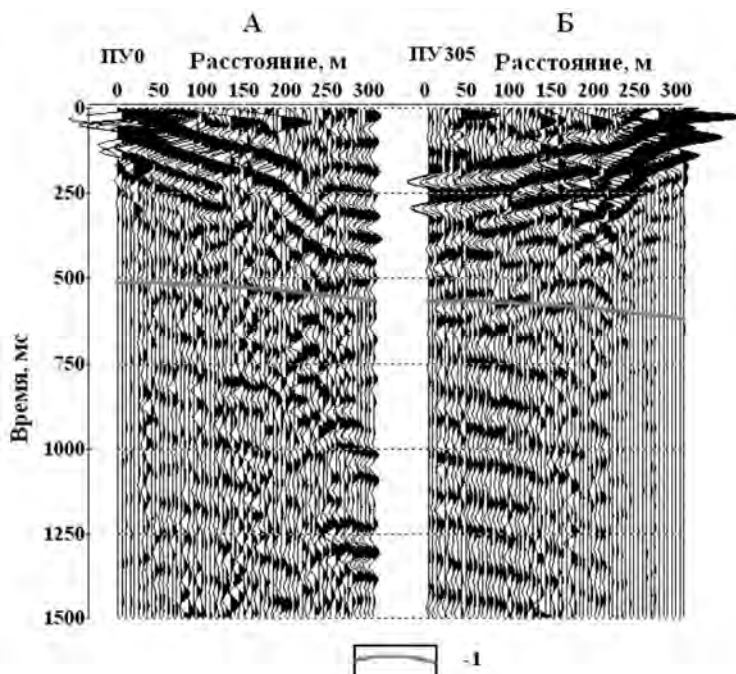


Рис. 8. Сейсмические записи на профиле 5–14 при параметрах цифровой фильтрации 5–10–15–20 Гц в сопоставлении с теоретическими годографами дифрагированной волны (1): А – сейсмическая запись с ПУ 0 м, Б – сейсмическая запись с ПУ 305 м. Параметры расчета дифрагированной волны: глубина дифрагирующего объекта – 450 м, проекция объекта на дневную поверхность – 0 м, скорость SH-волн в покрывающей геологической среде – 1750 м/с

ленная на кровле коренных пород. Интенсивность этой волны невелика и она характеризуется большой изрезанностью вдоль профиля.

На рис. 7 приведен глубинный разрез верхней части геологической среды в интервале профиля 10–105 м. Он показывает, что верхняя часть разреза сложена покровными отложениями. Средняя скорость распространения поперечных SH-волн в них равна 250 м/с. Ниже расположена преломляющая граница со значением граничной скорости 1500 м/с, которая соответствует скальным породам.

На сейсмической записи с ПУ 305 м (рис. 6) в интервале пикетов 50–70 м фрагментарно выделяются волны, имеющие противоположный угол наклона.

Известно, что дифрагирующий объект расположен на глубине 450 м, что соответствует глубине свода отработанных блоков. Проекция его на дневную поверхность соответствует ПК 0 м. Средняя скорость до объекта равна 1750 м/с. Это значение взято как среднее из значений на этом профиле (1500 м/с) и профиле 4 (2000 м/с).

В этом случае (рис. 8) наклон теоретического годографа дифрагированной волны существенно отличается от наклона осей синфазности волн, пришедших со стороны отработанных блоков. Однако после получения дополнительных геологических данных оказалось, что в реальности ПК 0 м сейсмического профиля находится на значительном удалении от края ближайшего отработанного блока. Это удале-

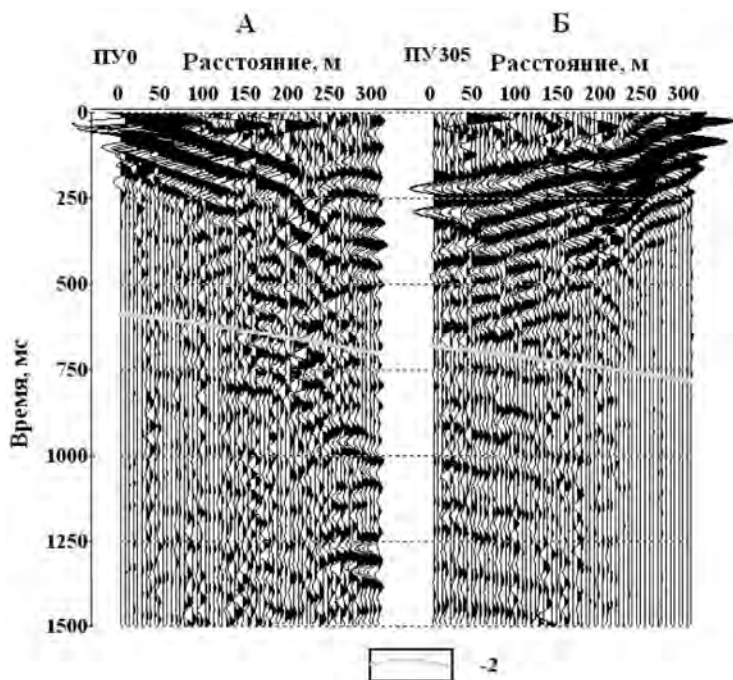


Рис. 9. Сейсмические записи на профиле 5-14 при параметрах цифровой фильтрации 5-10-15-20 Гц в сопоставлении с теоретическими годографами дифрагированной волны (2) при смещенном положении объекта: А – сейсмическая запись с ПУ 0 м, Б – сейсмическая запись с ПУ 305 м. Параметры расчета дифрагированной волны: глубина дифрагирующего объекта – 450 м, проекция объекта на дневную поверхность – 250 м, скорость SH-волн в покрывающей геологической среде – 1750 м/с

ние составляет около 250 м. При таком удалении дифрагирующего объекта от начала сейсмического профиля наклон теоретического годографа практически равен наклону волн приходящих со стороны отработанных блоков (рис. 9).

Таким образом, на участке Таштагольского месторождения выявлены интенсивные регулярные волны, распространяющиеся со стороны отработанных блоков. Полученные экспериментальные данные позволили определить возможное расстояние от дневной поверхности до границы кровли в выработанном пространстве, которое колеблется от 250 до 330 м.

На Юго-Восточном участке Таштагольского месторождения установлено, что массив горных пород в шахтном поле подвержен сжатию и особен-

но в районе тектонических нарушений находится в напряженном состоянии и вызывает толчки различной интенсивности.

На участке шахтного поля на дневной поверхности зарегистрированы интенсивные волны, распространяющиеся со стороны отработанных блоков. По одной из версий эти волны могут быть результатом дифракций на многочисленных локальных техногенных и природных объектах в пределах исследуемого массива, а также отражений от крутопадающих геологических границ. Полученные экспериментальные данные позволили определить возможное расстояние от дневной поверхности до кровли выработанного пространства, которое колеблется от 250 до 330 м.

1. Курленя М.В., Еременко А.А., Шрепп Б.В. Геомеханические проблемы разработки железорудных месторождений Сибири. – Новосибирск: Наука, 2001. – 184 с.
2. Еременко А.А., Еременко В.А., Гайдин А.П. Горно-геологические и геомеханические условия разработки железорудных месторождений в Алтае-Саянской складчатой области. – Новосибирск: Наука, 2009. – 224 с.
3. Сковртцов А.Г. Высокоразрешающая сейсморазведка на поперечных волнах при изучении верхней части геологической среды / Материалы конференции «Инженерная геофизика – 2005». – М.: изд-во МГУ, 2005. – С. 16–18.
4. Сковртцов А.Г., Дроздов Д.С., Малкова Г.В., Сметанин Н.Н., Украинцева Н.Г. Мониторинг напряженно-деформированного состояния берегового склона на геокриологическом стационаре «Болванский» с помощью сейсморазведки // Криосфера Земли. – 2006. – Т. X. – № 2. – С. 46–55.
5. Еременко А.А., Александров А.Н., Сковртцов А.Г., Царев А.М. Экспериментальные исследования по определению границ между налегающей толщей кровли выработанного пространства и дневной поверхностью на месторождениях Горной Шории // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2014. – № 6. – С. 11–17. **ГИАС**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Еременко Андрей Андреевич – доктор технических наук, профессор, заместитель директора по научной работе, ИГД СО РАН, e-mail: yeryom@misd.nsc.ru,
Сковртцов Андрей Георгиевич¹ – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: agskvortsov@mail.ru,
Царев Андрей Михайлович¹ – научный сотрудник, e-mail: tsarev@gmail.ru,
¹ ИКЗ СО РАН, 119991, Москва

UDC 622.831; 622.235

STRESS-STRAIN STATE OF ROCKS AROUND MINED-OUT VOIDS IN GORNAYA SHORIA MINES

Eremenko A.A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Deputy Director on Scientific Work, Institute of Mining of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, 630091, Novosibirsk, Russia, e-mail: yeryom@misd.nsc.ru,
Skvortsov A.G.¹, Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher, e-mail: agskvortsov@mail.ru,
Tsarev A.M.¹, Researcher, e-mail: tsarev@gmail.ru,
¹ Institute of the Earth Cryosphere, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, 119991, Moscow, Russia.

The researchers have investigated stress-strain state of enclosing rocks at mined-out voids in Yugo-Vostochny and Podruslovy sites of Tashtagol and Sheregesh mines. The identified electrometric coefficients vary in the range from 0.75 to 1.8 and indicatet zones of additional loading and relief in rock mass. Experimental data on estimating distance from ground surface to mined-out void roof are obtained.

Key words: stress, dynamic events, mined-out void, block, deposit, seismic observations, wave, velocity.

REFERENCES

1. Kurlenya M.V., Eremenko A.A., Shrepp B.V. *Geomekhanicheskie problemy razrabotki zhelezorudnykh mestorozhdenii Sibiri* (Geomechanical problems of iron ore mining in western siberia), Novosibirsk, Nauka, 2001, 184 p.
2. Eremenko A.A., Eremenko V.A., Gaidin A.P. *Gorno-geologicheskie i geomekhanicheskie usloviya razrabotki zhelezorudnykh mestorozhdenii v Altae-Sayanskoi skladchatoi oblasti* (Ground Conditions and Geomechanics of Iron Orebodies in the Altai-Sayan Folded Region), Novosibirsk, Nauka, 2009, 224 p.
3. Skvortsov A.G. *Materialy konferentsii «Inzhenernaya geofizika 2005»* (Engineering Geophysics-2005 Conference Proceedings), Moscow, MGU, 2005, pp. 16–18.
4. Skvortsov A.G., Drozdov D.S., Malkova G.V., Smetanin N.N., Ukrainitseva N.G. *Kriosfera Zemli*. 2006, vol. X, no 2, pp. 46–55.
5. Eremenko A.A., Aleksandrov A.N., Skvortsov A.G., Tsarev A.M. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'*. 2014, no 6, pp. 11–17.