



III ГЕОМЕХАНИКА И ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

DOI: 10.25558/VOSTNII.2019.23.50.005

УДК 550.8.056

© В.Г. Венгер, В.С. Горностаев, С.Н. Ногаев, С.Ф. Панин, Е.А. Зеляева, 2019

В.Г. ВЕНГЕР

заведующий лабораторией
КФ АО «ВНИМИ», г. Кемерово
e-mail: kf@vnimi.ru



В.С. ГОРНОСТАЕВ

главный инженер
Шахта «Чертинская-Коксовая», г. Белово
e-mail: gornostaev.vs@mmk-coal.ru



С.Н. НОГАЕВ

начальник
Шахта «Чертинская-Коксовая», г. Белово



С.Ф. ПАНИН

заведующий Кузбасским
сектором мониторинга
КФ АО «ВНИМИ», г. Кемерово
e-mail: panin6262@mail.ru

Е.А. ЗЕЛЯЕВА

научный сотрудник
КФ АО «ВНИМИ», г. Кемерово
e-mail: kf@vnimi.ru



ОЦЕНКА СТРУКТУРЫ И СОСТОЯНИЯ ПОРОД КРОВЛИ РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ В УСЛОВИЯХ ШАХТЫ «ЧЕРТИНСКАЯ-КОКСОВАЯ»

В настоящей статье изложены и сопоставлены три метода оценки структуры и состояния пород кровли: геофизические исследования, отбор образцов пород (керна), видеоэндоскопические обследования скважин. Приведён комплекс исследований с помощью геофизической аппаратуры, существенно повышающей оперативность получения информации по изменению напряжённого состояния горного массива, снижающей трудоемкость при оценке напряжённости.

Ключевые слова: ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ТРЕЩИНОВАТОСТЬ, НАРУШЕННОСТЬ, ОБРАЗЦЫ ПОРОД КЕРНА, НАПРЯЖЕНИЯ В ГОРНОМ МАССИВЕ.

Наличие достоверных данных о структуре, свойствах и состоянии пород кровли на различных участках выработок важно для выбора адекватных мер по их поддержанию в безремонтном состоянии. Уточнение горно-геологических условий с помощью отбора и испытания керновых проб, эндоскопических исследований скважин позволяет получить точную информацию о фактических свойствах и структуре пород кровли [1, 2]. Однако локальное применение данных методов для увеличения точности разведки состояния пород кровли по трассе выработки может привести к существенному увеличению трудоемкости и стоимости работ по геологическому прогнозу. Решение этой задачи, по мнению авторов, заключается в совмещённом применении геомеханических и геофизических методов.

Для уточнения горно-геологических условий и состояния пород кровли конвейерного штрека 555 шахты «Чертинская-Коксовая» в зоне и вне опорного давления от очистного забоя использовали 3 метода:

- видеоэндоскопические обследования скважин, позволяющие оперативно определить зоны повышенной трещиноватости, нарушения, обводненности;
- отбор образцов пород (керна) для уточнения фактического состава и структуры пород, физико-механических свойств;
- оценка состояния участков горного массива с помощью наведенных электромагнитных полей, позволяющая выявлять пригруженные и разгруженные участки и зоны.

Геофизические исследования были проведены аппаратным комплексом ANGEL-M с функцией АЭШ [3], принцип действия которого основан на зависимости электропроводности горных пород от величины горного давления (напряжений в массиве), степени расслоения и трещиноватости массива. В основе такой оценки лежит зависимость амплитуды импульса электромагнитного поля (прошедшего сквозь толщу угольного пласта или вмещающих пород и достигшего регистрирующего блока) от удельной электропроводности горных пород. В свою очередь известно, что электропроводность горных пород находится в прямой зависимости от величины действующих в горном массиве напряжений. Экспериментально установлено, что с ростом величины напряжений электросопротивление большинства пород уменьшается и, наоборот, в разгруженном, расслоенном и трещиноватом горном массиве — увеличивается. Создав в окружающих горную выработку породах переменное электромагнитное поле токами высокой частоты и изучив его распределение в массиве, можно судить о геомеханическом состоянии самого горного массива, выявлять пригруженные и разгруженные участки и зоны [4].

Исследования, проведенные в конвейерном штреке 555 геофизической аппаратурой ANGEL-M с функцией АЭШ, представлены на рис. 1.

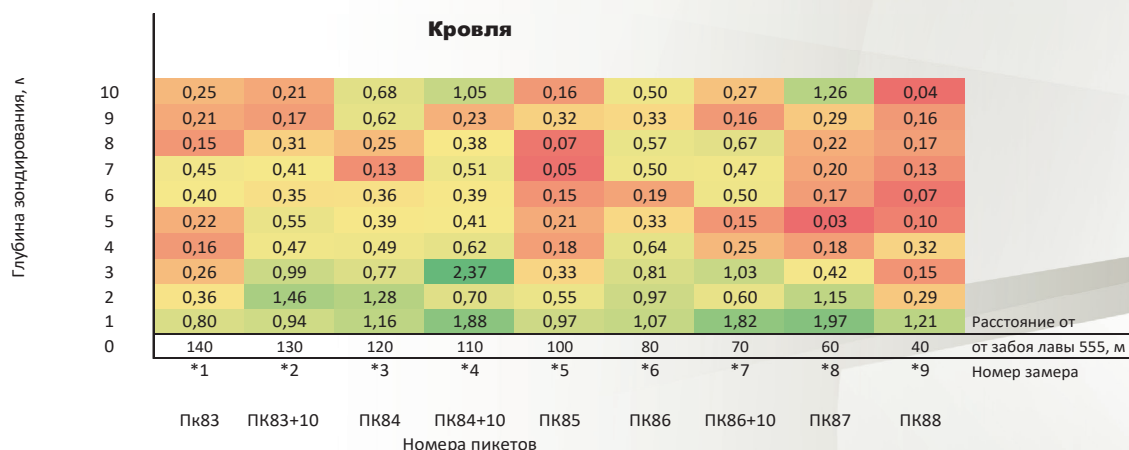


Рис. 1. Значения показателя напряженности массива F в зависимости от расстояния до забоя лавы 555 и глубины зондирования

Схема горных выработок, в которых выполнены измерения, и расположения в ней пикетов показаны на рис. 2.

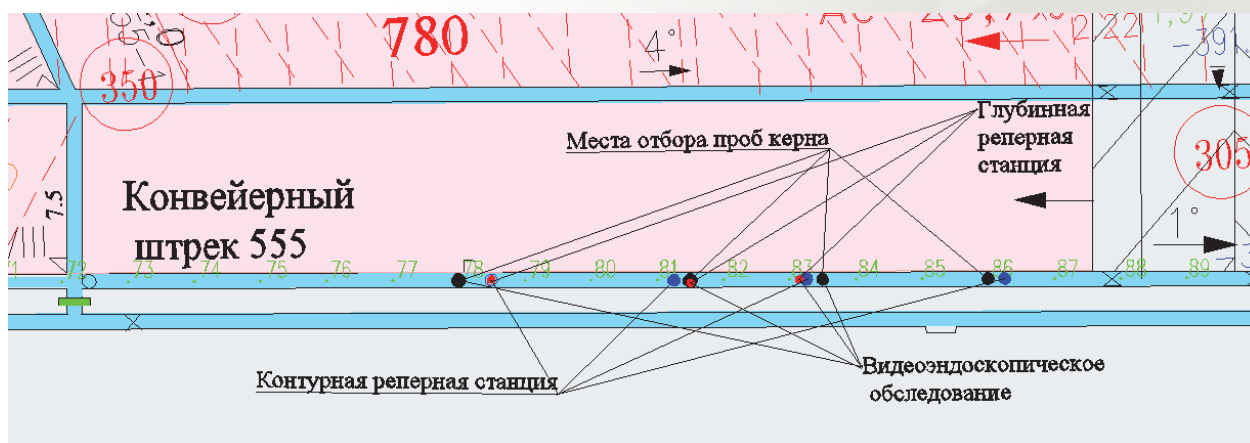


Рис. 2. Схема выполнения измерений

Из приведенных на рис. 1 графиков следует:

- по значению показателя $F \geq 1,0$ (зеленая заливка) отбивается разгруженная, преимущественно трещиноватая зона во вмещающих породах кровли;
- значение показателя $0,2 \leq F < 1,0$ (желтая заливка) указывает на состояние кровли со средней трещиноватостью (в кровле присутствуют алевролиты);
- значение показателя $F < 0,2$ соответствует плотной структуре кровли (расслоений нет либо они минимальны, преобладание песчаника) в нагруженном состоянии.

Значение созданного переменного электромагнитного поля в конвейерном штреке 555 (рис. 1) токами высокой частоты указывает на состояние кровли со средним удельным сопротивлением пород, незначительными ослаблениями структуры пород кровли различной литологической принадлежности.

Результаты геофизических исследований сопоставлялись с результатами отбора и испытания образцов керновых проб конвейерного штрека 555 ПК 86 (рис. 3. табл. 1), ПК 83+10 м (рис. 4, табл. 2), а также результатами видеоэндоскопических исследований конвейерного штрека 555 ПК 86 (рис. 5), ПК 83+10 м (рис. 6).



Рис. 3. Образцы пород керна кровли конвейерного штрека 555 ПК 86



Рис. 4. Образцы пород керна кровли конвейерного штрека 555 ПК 83+10 м

Таблица 1

Характеристика пород кровли конвейерного штрека 555 ПК 86

Глубина керна, м	Характеристика пород
0–0,5	Алевролит крупнозернистый, темно-серого цвета, трещиноватый, перемятый. Коэффициент крепости $f = 6,2$
0,5–1,0	Алевролит мелкозернистый, темно-серого цвета, слоистый, трещиноватый. Коэффициент крепости $f = 4,5$
1,0–1,5	Алевролит мелкозернистый, темно-серого цвета, трещиноватый, перемятый. Коэффициент крепости $f = 4,0$
1,5–2,0	Алевролит мелкозернистый, темно-серого цвета, трещиноватый, перемятый. Коэффициент крепости $f = 3,7$
2,0–2,5	Алевролит мелкозернистый, темно-серого цвета, трещиноватый, перемятый. Коэффициент крепости $f = 3,9$
2,5–3,0	Переслаивание алевролита мелкозернистого с песчаником. Коэффициент крепости $f = 4,0–7,7$, средний $f = 5,6$
3,0–3,5	Переслаивание алевролита мелкозернистого с песчаником, трещиноватый. Коэффициент крепости $f = 3,4–5,6$, средний $f = 4,4$
3,5–4,0	Переслаивание алевролита мелкозернистого с песчаником, трещиноватый. Коэффициент крепости $f = 3,9–7,2$, средний $f = 5,9$
4,0–4,5	Переслаивание алевролита мелкозернистого с песчаником, слоистый. Коэффициент крепости $f = 1,9–5,3$, средний $f = 3,6$
4,5–5,0	Переслаивание алевролита мелкозернистого с песчаником, слоистый. Коэффициент крепости $f = 3,7–6,7$, средний $f = 5,0$
5,0–5,5	Песчаник с включением остатков растительного детрита. Коэффициент крепости $f = 4,5$
5,5–6,0	Песчаник с включением остатков растительного детрита. Коэффициент крепости $f = 4,4$

Таблица 2

Характеристика пород кровли конвейерного штрека 555 ПК 83+10 м

Глубина керна, м	Характеристика пород
0–0,5	Алевролит мелкозернистый темно-серого цвета. На глубине 0,1–0,2 м алевролит мелкозернистый с включением остатков растительного детрита. Коэффициент крепости $f = 3,4$
0,5–1,0	Алевролит мелкозернистый, темно-серого цвета, трещиноватый. На глубине 0,55–0,65 м переслаивание алевролита мелкозернистого с песчаником, слоистый. На глубине 0,85–0,95 м алевролит мелкозернистый с включением остатков растительного детрита. Коэффициент крепости $f = 4,8$
1,0–1,5	Алевролит мелкозернистый, темно-серого цвета. На глубине 1,25–1,35 м алевролит мелкозернистый с включением остатков растительного детрита. Коэффициент крепости $f = 4,0$
1,5–2,0	Алевролит мелкозернистый, темно-серого цвета. На глубине 1,7–1,8 м песчаник. Коэффициент крепости $f = 3,8$
2,0–2,5	Песчаник. На глубине 2,0–2,1 м переслаивание алевролита мелкозернистого с песчаником. Коэффициент крепости $f = 5,2$
2,5–3,0	Переслаивание алевролита мелкозернистого с песчаником, слоистый. Коэффициент крепости $f = 3,5–4,0$, средний $f = 3,7$
3,0–3,5	Переслаивание алевролита мелкозернистого с песчаником, слоистый. Коэффициент крепости $f = 2,4–4,8$, средний $f = 3,5$
3,5–4,0	Песчаник. Коэффициент $f = 4,6$

Выход керна (рис. 2) на первых 2,5 м от кровли штрека полностью подтверждает результаты геофизических исследований, см. рис. 1, ПК 86+10. Анализ образцов пород керна показывает, что с увеличением глубины уменьшаются структурные нарушения пород кровли и изменяются действующие напряжения в горном массиве. Физико-механические свойства пород кровли на данном исследуемом участке показывают изменение прочностных свойств в диапазоне для алевролитов — 39÷62 МПа, для переслаивания алевролитов с песчаником — 19÷77 МПа, для песчаника — 44÷45 МПа. Для пород кровли характерна структурная трещиноватость и присутствие незначительных зон ослабления, таких как перемятие, слоистость. Согласно исследованиям образцов керновых проб перемятие и трещиноватость пород распростра-

нены на глубину до 2,5 м, по геофизическим исследованиям трещиноватость достигает глубины 4 м.

ПК 83+10 м (рис. 3) предел прочности на сжатие для алевролитов составляет 34÷48 МПа, для переслаивания алевролитов с песчаником — 24÷52 МПа, для песчаника — 46 МПа. Согласно исследованиям образцов керновых проб глубина зоны перемятия и трещиноватости пород равна 2,5 м, по геофизическим исследованиям — 3 м, по видеоэндоскопическому обследованию — 2,2 м. Геофизические исследования подтверждают, что структура пород кровли на глубину до 3,0 м также представлена различной литологической принадлежностью со средним удельным сопротивлением пород, незначительными ослаблениями и изменяющимся напряжением в горном массиве.

Таблица 3

Результаты видеоэндоскопического обследования скважины № 1 ПК 83+10 м

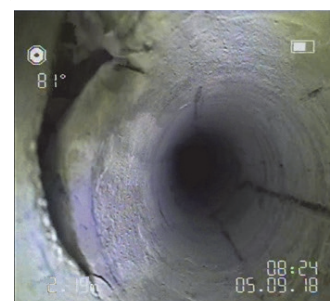
На глубине 0,22 м присутствует нарушение целостности массива пород кровли. Нарушение представляет систему раскрывшихся трещин, образующих расслоение и зону ослабления пород



На глубине 1,38 м — каверна, зона ослабления пород



На глубине 2,19 м — нарушение, представляющее собой расслоение, образующее зону ослабления пород



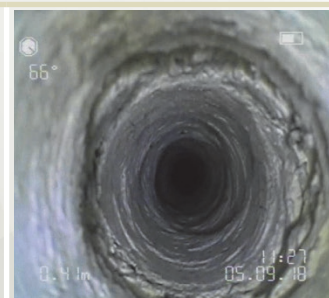
На глубине от 2,22 м до 4,20 м — однородная порода



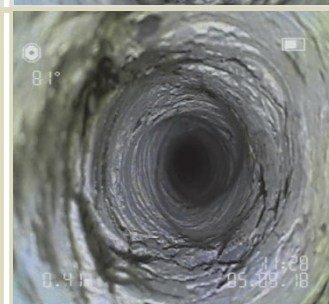
Таблица 4

Результаты видеоэндоскопического обследования скважины № 2 ПК 83+3 м

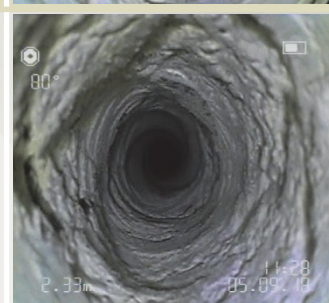
На глубине 0,41 м — расслоение, зона ослабления пород



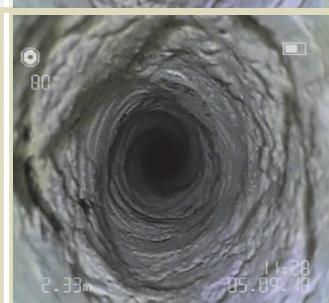
На глубине от 0,41 м до 0,58 м присутствует нарушение целостности массива пород кровли. Нарушение представляет собой систему трещин, образующих зону ослабления пород



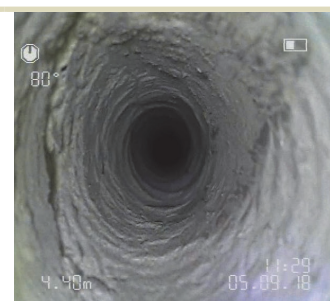
На глубине 2,33 м — нарушение целостности массива пород кровли. Нарушение представляет собой систему трещин, образующих зону ослабления пород



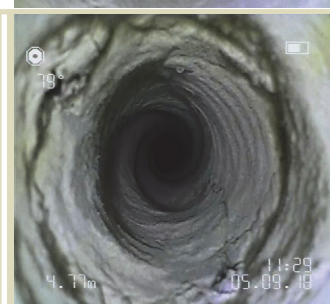
На глубине 3,57 м — каверна, зона ослабления пород



На глубине 4,40 м — каверна, зона ослабления пород



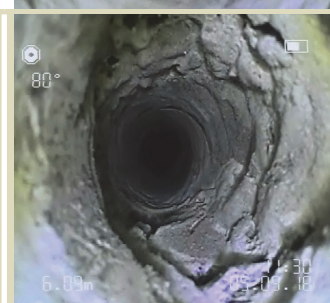
На глубине 4,77 м — каверна, зона ослабления пород



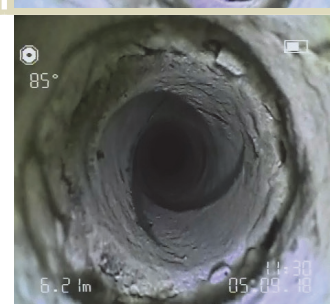
На глубине 5,01 м — каверна, зона ослабления пород



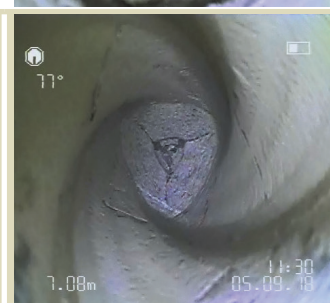
На глубине 6,09 м — каверна, зона ослабления пород



На глубине 6,21 м — каверна, зона ослабления пород



На глубине от 6,25 м до 7,10 м — однородная порода



По итогам проведенных работ можно сделать выводы о величине расслоений в кровле и боках выработки, распространении зон повышенной нарушенности, трещиноватости пород и расслоений на локальном участке.

Результаты наблюдений отражают объективную информацию о наличии локальных трещин, перемятий, расслоений в массиве.

В ходе видеоэндоскопического обследования выявлены нарушения сплошности, такие как расслоение, трещиноватость. Зоны ослабления пород кровли на глубинах от 0,22 м до 2,19 м, где показатель напряжённости F указывает на разгруженное состояние горного массива, что подтверждают геофизические исследования.

Выводы

Результаты геофизических исследований подтверждаются и полностью коррелируют с результатами отбора и испытаний образцов керновых проб и видеоэндоскопических исследований скважин в породах кровли.

Применение данных методов существенно повышает оперативность получения информации по изменению напряжённого

состояния горного массива, снижает трудоемкость при оценке её напряжённости.

Геофизические исследования позволяют сделать профилирование по трассе выработки и определить нагруженное/разгруженное состояние массива. Результаты проведенных измерений геофизическими методами сопоставимы с результатами, полученными после отбора проб керна, а последующая эндоскопия скважин даст более точную информацию о глубине расположения зон ослабления от кровли выработки.

Причем эффективность и достоверность этих методов напрямую зависит от того, как часто происходит сопоставление результатов, полученных геофизическими методами прогноза, с результатами кернов и видеоэндоскопа. Только применение методики сопоставления позволяет определить, в какой мере полученные результаты для каждого геофизического метода максимально достоверно отражают НДС горного массива. Комплекс исследований позволяет оперативно получить достоверную информацию о структуре, физико-механических свойствах и напряжениях в породах кровли на всём протяжении горной выработки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гречишкин П.В., Хаймин А.В., Позолотин А.С. Особенности технического аудита подготовительных выработок угольных шахт, закрепленных анкерной крепью // Уголь. 2013. № 8. С. 89–91.
2. Рогачков А.В., Позолотин А.С., Исамбетов В.Ф., Муравский В.И., Гречишкин П.В. Применение современных технических средств мониторинга для оценки соответствия проектных параметров анкерной крепи изменяющимся условиям проведения подземных выработок // Уголь. 2012. № 12. С. 38–41.
3. Снижение проявлений горного давления в конвейерном штреке шахты «Чертинская-Коксовая» 1 этап: Рекомендации по разупрочнению пород кровли и усилению крепи конвейерного штрека 555 в зонах повышенного проявления горного давления: отчет о НИР. Кемерово, 2018. 79 с.
4. Методические указания по прогнозу удароопасности и оценке состояния участков угольных пластов, контролю эффективности профилактических мероприятий при помощи геофизической аппаратуры типа АЭШ-1. СПб., 2012. 30 с.

DOI: 10.25558/VOSTNII.2019.23.50.005

UDC 550.8.056

© V.G. Venger, V.S. Gornostaev, S.N. Nogaev, S.F. Panin, E.A. Zelyaeva, 2019

V.G. VENGER

Laboratory Head

JSC «VNIMI» (Siberian branch), Kemerovo

e-mail: kf@vnimi.ru

V.S. GORNOSTAEV

Principal engineer

Chertinskaya-Koksovaya Mine LLC, Belovo

e-mail: gornostaev.vs@mmk-coal.ru

S.N. NOGAEV

Chief

Chertinskaya-Koksovaya Mine LLC, Belovo

S.F. PANIN

Head of Kuzbass Monitoring Sector

JSC «VNIMI» (Siberian branch), Kemerovo

e-mail: panin6262@mail.ru

E.A. ZELYAEVA

Laboratory Researcher

JSC «VNIMI» (Siberian branch), Kemerovo

e-mail: kf@vnimi.ru

ASSESSMENT OF STRUCTURE AND CONDITION WITH DIFFERENT METHODS IN THE CONDITIONS OF «CHERTINSKAYA-KOKSOVAYA» COAL MINE

In the article, three assessment methods for the roof rock structure and condition are represented and compared: geophysical survey, formation sampling (core), videoimage endoscopy of boreholes. A set of studies with the help of geophysical equipment, which significantly increases the efficiency of obtaining information on changes in the stress state of a rock massif, reducing the complexity in the assessment stress degree, is given.

Keywords: GEOPHYSICAL INVESTIGATION, FRACTURING, FAULTING, ROCK SAMPLE, BORE CORE, STRESS STATE IN ROCK MASSIF.

REFERENCES

1. Grechishkin P.V., Khaymin A.V., Pozolotin A.S. Characteristic of the technical audit for development working fixed by roof boltings. Ugol' [Ugol' (Russian coal journal)]. 2013. № 8. pp. 89–91. (In Russ.).
2. Rogachkov A.V., Pozolotin A.S., Isambetov V.F., Muravskiy V.I., Grechishkin P.V. Application of modern technical control facilities for conformity assessment of roof bolting characteristics and changing underground mining conditions. Ugol' [Ugol' (Russian coal journal)]. 2012. № 12. pp. 38–41. (In Russ.).
3. Rock pressure manifestation reduction in belt roadways in «Chertinskaya-Koksovaya» coal mine First stage: Recommendations on roof rock weakening and belt heading 555 in increased rock pressure manifestation zones: Research report. Kemerovo. 2018. 79 p. (In Russ.).
4. Methodical instructions on the forecast of rock-bump hazard and the assessment of coal seams sections, the control of preventive measures efficiency with geophysical equipment AESH-1-type. St. Petersburg. 2012. 30 p. (In Russ.).
5. Generation of criteria of coal seams rock-bump hazards for JSC «Suek-Kuzbass» with the use of geophysical complex Angel-M (VNIMI construction) report on contract № 37/16 от 20.06.2016. Kemerovo. 2016. 110 p. (In Russ.).