

DOI: 10.25558/VOSTNII.2022.65.58.008

УДК 622.831.322

© О.В. Тайлаков, Е.А. Салтымаков, С.В. Соколов, С.Е. Колесниченко, 2022

О.В. ТАЙЛАКОВ

д-р техн. наук, проф.,
генеральный директор
АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово
главный научный сотрудник
ИУ ФИЦ УУХ СО РАН, г. Кемерово
e-mail: oleg2579@gmail.com

Е.А. САЛТЫМАКОВ

ведущий инженер
ИУ ФИЦ УУХ СО РАН, г. Кемерово
e-mail: saltymakov@uglemetan.ru

С.В. СОКОЛОВ

научный сотрудник
ИУ ФИЦ УУХ СО РАН, г. Кемерово
e-mail: sokolov@uglemetan.ru

С.Е. КОЛЕСНИЧЕНКО

инженер
ИУ ФИЦ УУХ СО РАН, г. Кемерово
e-mail: kolesnichenko@uglemetan.ru

МОНИТОРИНГ ФОНОВЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ УГОЛЬНОЙ ШАХТЫ

Рассмотрено геофизическое сопровождение очистных работ на угольных шахтах. Приводятся результаты натурных наблюдений электромагнитных полей, формируемых в результате естественных геологических и техногенных процессов при угледобыче. Для аналитического описания изменения фоновых физических полей, наблюдаемых в шахтных условиях в конвейерном и вентиляционном штреках, применена полиномиальная аппроксимация. Отмечается возможность практического использования полученных массивов данных для прогнозирования возможных динамических явлений на основе их сопоставительного анализа с результатами последующих наблюдений изменений электромагнитного излучения углепородного массива при отработке угольного пласта.

Ключевые слова: УГОЛЬНЫЙ ПЛАСТ, ВМЕЩАЮЩИЕ ПОРОДЫ, ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ, ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЬ, МОНИТОРИНГ, ОЧИСТНОЙ ЗАБОЙ, ШАХТА, МАССИВ ГОРНЫХ ПОРОД, МИКРОТРЕЩИНЫ.

Применение современных геофизических методов для исследования физико-химических и геомеханических свойств углепородного массива позволяет обнаруживать

геологические нарушения, определять устойчивость кровли, газоносность и фильтрационные свойства угольных пластов [1–4]. Эта информация имеет существенное значение

для выбора и обоснования схем проветривания и дегазации угольных шахт, разработки мероприятий по борьбе с динамическими явлениями.

В рамках обязательных исследований в границах выемочного участка угольной шахты, расположенной в Егозово-Красноярском месторождении Ленинского геолого-экономического района Кузбасса, методом регистрации естественного электромагнитного излучения (ЕЭМИ) выполнены измерения фоновых характеристик электромагнитного поля. При этом обеспечено формирование массива данных, соответствующих исходному состоянию вмещающих пород и рабочего угольного пласта до начала его отработки, с целью их последующего сопоставления с результатами повторного мониторинга, который будет проводиться при подвигании очистного забоя.

Для определения фоновых сигналов

электромагнитного поля вдоль выемочного столба из оконтуривающих его горных выработок проведены исследования по двум геофизическим профилям общей протяженностью 5820 м. С применением сертифицированного взрывозащищенного комплекса, состоящего из блока регистрации естественных электромагнитных импульсов и приемной электромагнитной антенны [5, 6], выполнено 879 геофизических наблюдений. В измерениях регистрировались усредненные амплитуды A электромагнитных импульсов на заданном временном интервале и скорость B нарастания пиковых амплитуд импульсов, превышающих пороговый уровень. На рис. 1 представлены результаты анализа массива геофизических данных, полученных в натурных условиях угольной шахты. В последующей их интерпретации определено изменение фоновых значений физических полей (рис. 2).

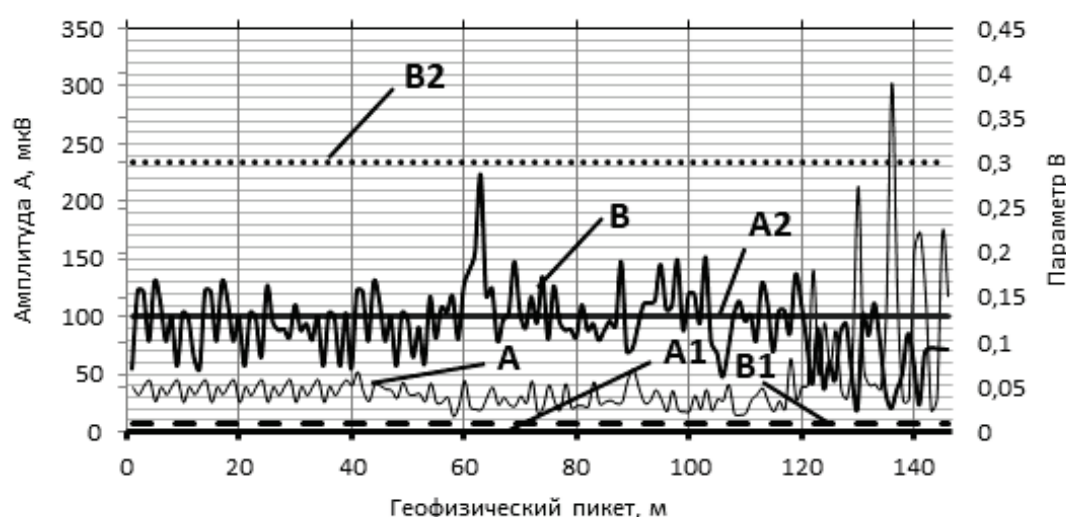


Рис. 1. Геофизические данные

Точки, попадающие в область, ограниченную линиями $A1$, $A2$, $B1$, $B2$, могут быть отнесены к «условно опасным» по динамическим явлениям. Вместе с тем, напряжённость электрического поля и индукция магнитного поля, создаваемые горно-шахтным оборудованием, значительно выше, чем для естественного электромагнитного поля, которое формируется в процессе образования микротрещин в массиве горных пород. При координатной привязке результатов измерений к

объектам шахты, а также в маршрутных обследованиях при проведении натурных измерений установлено, что «условно опасные» участки, соответствующие зарегистрированным сигналам, которые превышают уровни $A2$ и $B2$, не связаны с динамическими явлениями, а являются результатом влияния электромагнитного поля, формируемого при функционировании горно-шахтного оборудования (рис. 1, 2).

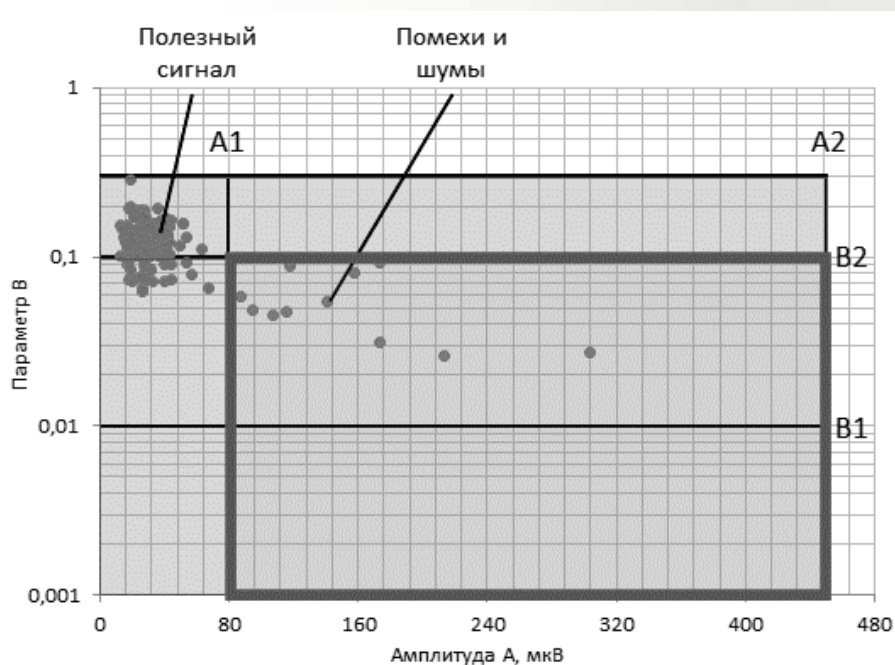


Рис. 2. Результаты фильтрации зарегистрированных геофизических данных

При этом установлено, что фоновые значения A в вентиляционном штреке изменяются от 32 до 27 мкВ, в конвейерном штреке — от 34,5 до 44,0 мкВ. Для определения тенденции изменения параметров физических полей применен метод скользящего среднего с расчетом последовательной серии средних значений амплитуды сигнала и распределения амплитуд с периодом 5. Полученные в натурных измерениях данные вдоль геофизических профилей для вентиляционного и конвейерного штреков аппроксимировались полиномами 5 и 6 степени (рис. 3). Фоно-

вое значение усредненных амплитуд сигналов в каждой точке профиля определяется выражениями:

$$A_{\text{вент. шт.}} = -6 \cdot 10^{-8} x^5 + 2 \cdot 10^{-5} x^4 - 2,8 \cdot 10^{-3} x^3 + 1,539 \cdot 10^{-1} x^2 - 3,3997x + 51,931, \quad (1)$$

$$A_{\text{конв. шт.}} = 2 \cdot 10^{-9} x^6 + 7 \cdot 10^{-7} x^5 - 9,1 \cdot 10^{-3} x^3 + 3,1 \cdot 10^{-1} x^2 - 3,3455x + 38,041, \quad (2)$$

где $A_{\text{вент. шт.}}$ и $A_{\text{конв. шт.}}$ — фоновые значения физических полей в вентиляционном и конвейерном штреках; x — номер пикета.

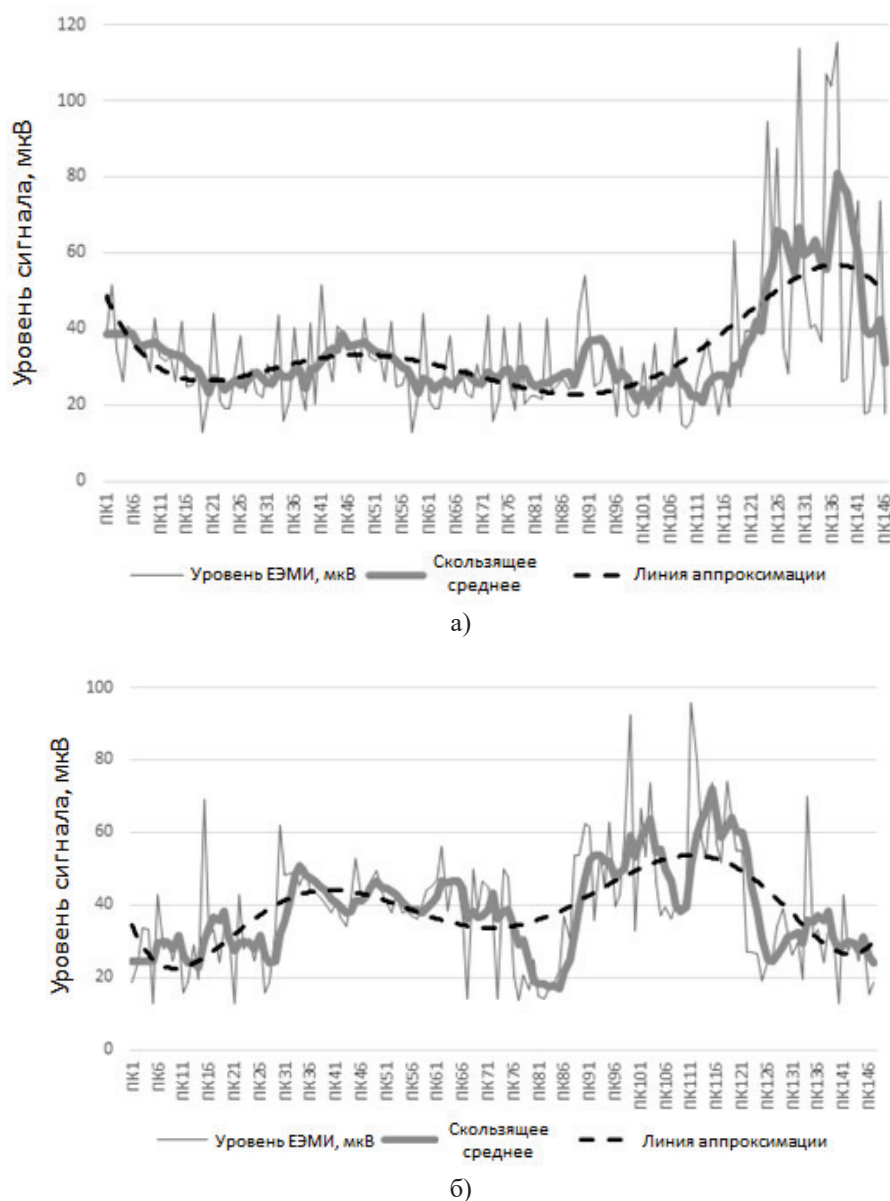


Рис. 3. Результаты интерпретации геофизических данных:
а) вентиляционный штрек; б) конвейерный штрек

Выражения (1) и (2) могут быть использованы для прогнозирования динамических явлений в сопоставительном анализе с результатами последующих наблюдений ЕЭМИ при мониторинге состояния угленосного массива [7, 8]. При этом для снижения влияния шумов и помех рекомендуется проводить измерения в режиме приостановки функционирования горно-шахтного оборудования.

Исследование выполнено в рамках комплексной научно-технической программы

полного инновационного цикла «Разработка и внедрение комплекса технологий в областях разведки и добычи полезных ископаемых, обеспечения промышленной безопасности, биоремедиации, создания новых продуктов глубокой переработки из угольного сырья при последовательном снижении экологической нагрузки на окружающую среду и рисков для жизни населения», утвержденной Распоряжением Правительства Российской Федерации от 11.05.2022 г., № 1144-р (соглашение № 075-15-2022-1191).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тайлаков О.В., Макеев М.П., Уткаев Е.А. Определение коллекторских свойств угля на основе численного моделирования и в лабораторных исследованиях // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2022. № 9. С. 99–108.
2. Плаксин М.С., Козырева Е.Н. Современные проблемы определения газоносности угольных пластов // Кокс и химия. 2021. № 4. С. 8–12.
3. Опарин В.Н., Киряева Т.А., Потапов В.П., Юшкин В.Ф. Новые методы и информационные технологии в экспериментальной геомеханике. Новосибирск: Федеральное государственное бюджетное учреждение «Сибирское отделение Российской академии наук», 2021. 292 с.
4. Писаренко М.В., Тайлаков О.В., Соколов С.В., Колмакова А.А. О прогнозировании малоамплитудной нарушенности угольных пластов // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2022. № 2. С. 356–366.
5. Яковлев Д.В., Мулев С.Н. Опыт применения многофункциональной геофизической аппаратуры АНГЕЛ-М в угольной и рудной промышленности // Уголь. 2014. № 10 (1063). С. 14–19.
6. Мулев С.Н., Старников В.Н., Романевич О.А. Современный этап развития геофизического метода регистрации естественного электромагнитного излучения (ЕЭМИ) // Уголь. 2019. № 10 (1123). С. 6–14.
7. Зыков В.С. Научные проблемы борьбы с газодинамическими проявлениями в угольных шахтах Кузбасса // Маркшейдерия и недропользование. 2011. № 3 (53). С. 59–64.
8. Захаров В.Н., Кубрин С.С., Фейт Г.Н., Блохин Д.И. Определение напряженно-деформированного состояния горных пород при разработке угольных пластов, опасных по гео- и газодинамическим явлениям // Уголь. 2012. № 10 (1039). С. 34–36.

DOI: 10.25558/VOSTNII.2022.65.58.008

UDC 622.831.322

© O.V. Taylakov, E.A. Saltymakov, S.V. Sokolov, S.E. Kolesnichenko, 2022

O.V. TAILAKOV

Doctor of Engineering Sciences, Professor,

General Director

JSC «NC VostNII», Kemerovo

Chief Researcher

Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry, Kemerovo

e-mail: tailakov@nc-vostnii.ru

E.A. SALTMAKOV

Lead Engineer

Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry, Kemerovo

e-mail: saltymakov@uglemetan.ru

S.V. SOKOLOV

Research Associate

Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry, Kemerovo

e-mail: sokolov@uglemetan.ru

S.E. KOLESNICHENKO

Engineer

Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry, Kemerovo

e-mail: kolesnichenko@uglemetan.ru

MONITORING OF BACKGROUND PHYSICAL FIELDS OF COAL MINE

Geophysical support of coal mine treatment was considered. The results of field observations of electromagnetic fields formed as a result of natural geological and man-made processes during coal mining are presented. Polynomial approximation is used for analytical description of change of background physical fields observed in mine conditions in conveyor and ventilation strokes. The possibility of practical use of the obtained data arrays to predict possible dynamic phenomena on the basis of their comparative analysis with the results of subsequent observations of changes in electromagnetic radiation of the coal-bearing massif during development of the coal seam is noted.

Keywords: COAL SEAM, CONTAINING ROCKS, ELECTROMAGNETIC RADIATION, GEOPHYSICAL PROFILE, MONITORING, BOTTOM HOLE, MINE, ROCK MASSIF, MICROCRACKS.

REFERENCES

1. Tailakov O.V., Makeev M.P., Utkayev E.A. Determination of reservoir properties of coal based on numerical modeling and in laboratory studies // Mining Information and Analytical Bulletin (scientific and technical journal) [Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten (nauchno-tehnicheskij zhurnal)]. 2022. No. 9. P. 99–108. [In Russ.].
2. Plaksin M.S., Kozyreva E.N. Modern problems of determining the gas content of coal seams // Coke and chemistry [Koks i himiya]. 2021. No. 4. P. 8–12. [In Russ.].
3. Oparin V.N., Kireeva T.A., Potapov V.P., Yushkin V.F. New methods and information technologies in experimental geomechanics. Novosibirsk: Federal State Budgetary Institution «Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences», 2021. 292 p. [In Russ.].
4. Pisarenko M.V., Tailakov O.V., Sokolov S.V., Kolmakova A.A. On the prediction of low-amplitude disturbance of coal seams // Proceedings of Tula State University. Earth Sciences [Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle]. 2022. No. 2. P. 356–366. [In Russ.].
5. Yakovlev D.V., Mulev S.N. The experience of using multifunctional geophysical equipment ANGEL-M in the coal and ore industry // Coal [Ugol]. 2014. No. 10 (1063). P. 14–19. [In Russ.].
6. Mulev S.N., Starikov V.N., Romanovich O.A. The modern stage of development of the geophysical method of registration of natural electromagnetic radiation (EMI) // Coal [Ugol]. 2019. No. 10 (1123). P. 6–14. [In Russ.].
7. Zykov V.S. Scientific problems of combating gas-dynamic manifestations in coal mines of Kuzbass // Surveying and subsoil use [Markshejderiya i nedropolzovanie]. 2011. No. 3 (53). P. 59–64. [In Russ.].
8. Zakharov V.N., Kubrin S.S., Feit G.N., Blokhin D.I. Determination of the stress-strain state of rocks during the development of coal seams dangerous for geo- and gas-dynamic phenomena // Coal [Ugol]. 2012. No. 10 (1039). P. 34–36. [In Russ.].