

В.М. Логачёва, В.А. Мишанова

АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ ПОДМОСКОВНОГО УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА ДЛЯ ЭЛЕКТРОМЕТРИЧЕСКОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КАРСТОВЫХ ПРОРЫВООПАСНЫХ ЗОН

Проведен анализ истории развития Подмосковского угольного бассейна, указано его нынешнее состояние и продемонстрированы перспективы его развития горнодобывающего комплекса на его территории и спектр востребованных полезных ископаемых с учетом современных реалий требований научно-технического прогресса. Определены основные опасности для проведения горных работ и определен основной источник оных – карстовые нарушения. Дана краткая характеристика карстовых процессов в общем и применимо к Московской синеклизе в частности. Рассмотрен наиболее пригодный для сложных горногеологических и гидрогеологических условий бассейна метод геофизического прогнозирования прорывоопасных зон – электрометрия. Представлены результаты прогнозирования горно-геологических условий надугольных горных пород электрометрическими методами. Что дает возможность получить параметры надежности выявления прорывоопасных зон.

Ключевые слова: Подмосковский угольный бассейн, история, перспективы развития, прорывоопасные зоны, карст, прогнозирование, электрометрия.

Подмосковский угольный бассейн является одним из старейших угольных бассейнов в стране, как по геологическому возрасту, так и по началу разработки его месторождений [1]. Самое первое месторождение угля было открыто в 1722 г., начало же систематической разработки подмосковных углей отталкивается от даты 1843 г. Однако, не смотря на разведанные большие запасы угля, и их крайне удобное поверхностное залегание и географическое расположение, развитие угледобычи в бассейне шло чрезвычайно медленно. После революции 1917 г. промышленное развитие Подмосковского бассейна при-

обрело совершенно другой прогрессивный характер: опыт комплексной утилизации угля, серного колчедана и огнеупоров на Щёкинском руднике выявил второе основное направление использования недр Подмоскovie – создание энергохимических комбинатов.

В 1939 г. уголь добывали на 60 шахтах, причем 43 из них были открыты в первые две пятилетки, и были заложены еще 35 новых шахт производственной мощностью свыше 9 млн тонн угля в год. В октябре–ноябре 1941 г. Подмоскovie угольный бассейн был оккупирован фашистами, и всего за один месяц важная топливная база страны была полностью выведена из строя. Сразу после освобождения бассейна в декабре 1941 г. руководитель СССР И.В. Сталин принял постановление о немедленном начале восстановительных работ. Восстановление шахт велось в условиях суровых зим 1941–42 гг. Недоставало материалов, транспорта, рабочих рук. Несмотря на это 11 января 1942 г. были добыты первые 22 т угля, а среднесуточная добыча за месяц составила 592 т.

Начиная с 1946 г. добыча угля в Мосбассе ежегодно возрастала и в 1958 г. достигла своего наивысшего уровня — 47,3 млн т. В конце 1955 г. в бассейне было 155 действующих шахт. В последующие годы добыча угля в бассейне систематически снижалась и составила на 1964 г. 39,7 млн т. Однако, в результате газификации городов и поселков, перевода энергетических установок промышленных предприятий на газ и мазут, использование подмоскovie угля всеми группами потребителей, кроме электростанций только с 1960 по 1963 гг. уменьшилось на 40%.

Шахты бассейна вырабатывались, строительство новых не велось, шахтный фонд сокращался, добыча неуклонно снижалась. В 1973 г. Правительство постановило построить в Подмоскovie бассейне шесть крупных шахт, общей производственной мощностью 14,3 млн т в год. Несмотря на ввод в эксплуатацию новых шахт, объем добычи угля в Мосбассе продолжил снижаться. Это было связано как с сокращением шахтного фонда, так и с уменьшением планового объема добычи из-за перевода электростанций и жилья на газ. Динамика добычи угля и развития шахтного фонда в бассейне в указанный период продемонстрировано на рис. 1.

Сейчас Мосбасс переживает худшие свои времена — в 2009 г. Закрылась последняя шахта центрального района бассейна — Подмоскovie, однако, говорить о полной неперспективности бассейна крайне некомпетентно. Дело в том, что углесодержа-

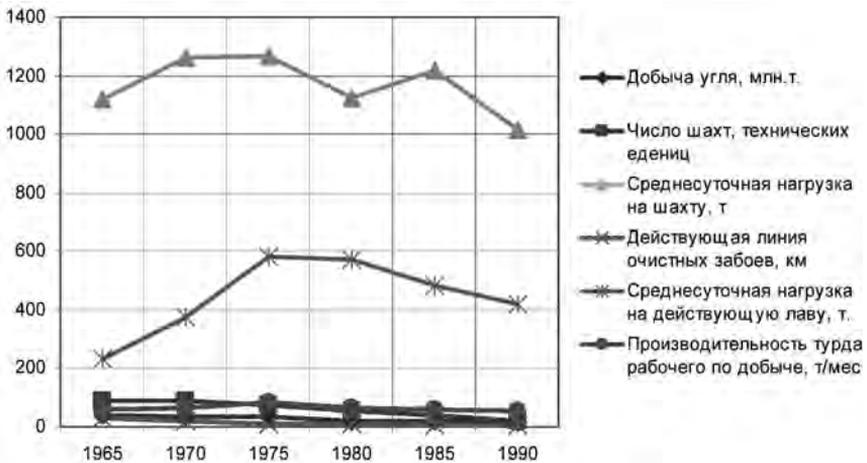


Рис. 1. Динамика добычи угля и развития шахтного фонда в бассейне на 1965–1990 гг.

шая толща Московской синеклизы богата другими перспективными полезными ископаемыми и минералами, такими как каменная соль, целестин, известняк, качественные глины и суглинки, строительные пески, гипсы [2] и т.д., к тому же низкоэнергетичный бурый уголь может в перспективе перерабатываться химической промышленностью в высокоэффективные гуминовые удобрения [3]. А, значит, геологическое изучение толщи бассейна по-прежнему востребовано, равно как и определение возможных прорывоопасных зон, которые наиболее несут в себе целый диапазон опасностей. Локальные прорывы в шахтные выработки воды и пльвунов затрудняют горные работы, а масштабные выбросы, вызывают полную остановку работ, а иногда и полное их прекращение в отдельно взятой лаве, выход из строя дорогостоящего горного оборудования, людские жертвы. Наиболее весомыми из них являются карсты, мульды, трещины в кровельных породах и эрозии. И, как показывает литературный анализ, наиболее значимыми из них являются карсты.

Как известно, термин «карст» происходит от австрийского названия плато Карст (Karst) в Югославии (Словении), где соответствующие явления типично выражены и где их давно начали изучать европейские исследователи [4].

К карстовым следует относить явления, развивающиеся во всех растворимых природными водами горных породах: в из-

вестняке, доломитах и переходных между ними разновидностях карбонатных пород, мелу, и иногда в мелкоподобном мергеле, мраморе, а так же в гипсе, ангидриде, каменной соли, калийных, калийно-магниевого и других соляных породах [5]. В основе их возникновения лежит геохимический процесс выщелачивания, т.е. растворения горной породы с последующим удалением (выносом) растворенного вещества. Применимо к Подмосковному бассейну следует сказать, что основной его карстующей породой являются известняки, которые в изобилии имеются на территории Московской синеклизы. По форме карсты весьма разнообразны: к ним относятся: кары, желоба и рвы, воронки, блюдца и западины, котловины, поля, останцы [6], [7].

Из вышесказанного следует сделать вывод о высокой степени сложности геологических, гидрогеологических, геофизических и геотехнологических характеристик разрезов, являющихся потенциальными носителями прорывоопасных зон. И, как следствие, в настоящее время в шахтах применяется наиболее оперативный и представительный метод прогнозирования нарушенных и обводненных зон в надугольных породах выемочного столба – электроразведка.

Методы кажущихся сопротивлений основаны на пропускании в земле с помощью пары электродов известного постоянного тока и измерении напряжения, вызванного этим током, с помощью другой пары электродов [8], [9]. Зная ток и напряжение, можно вычислить сопротивление, а с учетом конфигурации электродов можно установить, к какой части подповерхностного пространства это сопротивление относится [10]. Увеличение разности токовых электродов влечет увеличение глубинности исследования и является зондирующим фактором для вертикального электрического зондирования (ВЭЗ). При электропрофилеировании (ЭП), разносы не меняются, а вся установка перемещается по профилю или площади (в случае геофизических исследований на шахтах Подмосковного угольного бассейна). В последние десятилетия метод сопротивлений применяется в модификации двух- и трехмерной томографии на постоянном токе (Electric Resistivity Tomography) [11]. Электротомография применяется для задач рудной разведки, экологических и инженерно-геологических задач, что является перспективным направлением для Мосбасса.

На шахтах Подмосковного бассейна были проведены электрометрические исследования методом наземно-скаженной

Результаты прогнозирования горно-геологических условий

№ п/п	Шахты	Выемочные столбы		Количество физических точек	Количество аномальных зон			
		название	количество		выявленных	подтвержденных	ложных	пропущенных
1.	Бельковская	108 вост. 17 сев. 18 юго-вост.	3	3852	5	4	—	1
2.	Прогресс	20 вост. 15 вост. 3–5 сев.	4	4555	9	7	1	1
3.	Подмосковная	99–101 зап. 2–1 вост.	3	1710	4	3	—	1
4.	Грицовская	2 сев.	1	193	6	6	—	—
5.	Никулинская	5, 7, 9, 11 южн.	4	580	12	9	2	1
6.	Владимировская	29 сев. 34 южн.	2	2765	11	9	1	1
7.	Комсомольская	50–60 зап.	5	3725	7	7	—	—
		Итого:	22	17 380	54	45	4	5

электрметрии (НСЭМ) и подземно-скважинной электрметрии (ПСЭМ) на 22 выемочных столбах шахт бассейна с общим числом физических точек измерений 17 380 [12]. Согласно данным по результатам опытно-промышленного внедрения методики интерпретации электрметрических данных, были выявлены 54 прогнозные аномальные зоны; из них 28 нарушений типа карстовых и эрозионных, 9 – трещиноватых зон и 17 – мульдообразных понижений и литифицированных пород, также способствующих прорывам воды в горные выработки. Однако подтверждение бурением и проходкой получили толь-



Рис. 2. Распределение прогнозных аномальных зон по типам нарушений

ко 45 аномальных зон. Из девяти неподтвержденных ложными аномалиями оказались 4 и пропущенными 5.

Распределение прогнозных аномальных зон представлено на рис. 2, из которого видно, что карстовые нарушения занимают наибольший процент от обнаруженных прорывоопасных зон.

Перечисленные данные внедрения дают возможность [13] получить параметры надежности метода электротометрии, степень его безотказности в решении задачи исследований: выявления прорывоопасных карстовых зон в надугольном комплексе пород.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Коллектив авторов*. Подмосковский угольный бассейн / Под общ. ред. В. А. Потапенко. — Тула: Гриф и К°, 2000. — 276 с.

2. *Логачева В. М., Мишанова В. А.* Анализ современных перспектив добычи полезных ископаемых на территории Подмосковского угольного бассейна // Известия ТулГУ. Технические науки. — 2014. — № 2. — С. 284–291.

3. *Ковшик П. И., Носкова Л. П., Савченко И. Ф.* Патент РФ № 2304161 10.08.2007. Способ переработки бурого угля. 2007. Бюлл. №22.

4. *Svijic J.* La geographie des terrains calcaires // Beograd. — 1960. — P. 458.

5. *Sweeting M. M.* Karst landforms // London and Basingstoke. — 1972. — P. 247.

6. *Casteret N.* Au pays des eaux folles // Paris, 1958, p. 354.

7. *Гвоздецкий Н. А.* Карст. — М.: Мысль, 1981. — 214 с.

8. *Справочник геофизика*. Электроразведка. — М.: Недра, 1989.

9. *Якубовский Ю. В., Ляхов Л. Л.* Электроразведка. — М.: Недра, 1982. — 257 с.

10. *Геофизические методы изучения геологии угольных месторождений* / Под ред. В. В. Гречухина. — М.: Недра, 1995.

11. *Loke M. H., Baker R. D.*, Practical techniques for 3D resistivity surveys and data inversion // Geophysical prospecting, 1996, no 44, pp. 499–523.

12. *Логачева В. М.* Разработка подземно-полевого электротометрического метода прогнозирования состояния обводненных угленосных массивов подмосковского бассейна: Дис. докт. техн. наук. — М.: МГУ, 2010. — 258 с.

13. *Захаров В. Н.* Разработка методологии и обоснование критериев прогнозирования состояния горного массива сейсмоакустическими методами при подземной угледобычи; Автореф. дис. докт. техн. наук. — М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 2003. — 37 с. **ПИАЭ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

*Логачева Валентина Михайловна*¹ — доктор технических наук, профессор, e-mail: vlogacheva@dialog.nirhtu.ru,

*Мишанова Валерия Александровна*¹ — аспирант, e-mail: eodriel@mail.ru,

¹ Новомосковский институт (филиал) Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева.

V.M. Logacheva, V.A. Mishanova

ANALYSIS OF THE DEVELOPMENT MOSCOW REGION COAL BASIN FOR THE ELECTROMETRICALLY PROGNOSTICATION KARST BREAKTHROUGH DANGEROUS ZONES

Analyzed the history of development Moscow Region Coal Basin given it's condition and demonstration development prospects mining complex in the territory of the basin and range of sought-after minerals considering the modern realities requirements science and technological progress. Identified the main dangers of mining operations and defined the main source of their – karst infringements. Summarizes the karst process in total and useful us to Moscow sineklize in particular. Analyzed the most fit for the anfractuouss mining 4 geological and hydrological forecast breakthrough dangerous zones – electrometry. Demonstrated forecasting results of geological conditions percarbonic rocks by electrothermal methods. What makes it possible to get reliability parameters breakthrough dangerous zones

Key words: Moscow Region Coal Basin, history, development prospects, breakthrough dangerous zones, karst, forecasting, electrometry.

AUTHORS

*Logacheva V.M.*¹, Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: vlogacheva@dialog.nirhtu.ru, *Mishanova V.A.*¹, Graduate Student, e-mail: eodriel@mail.ru,

¹ Novomoskovsk Institute (branch) of D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, 301650, Novomoskovsk, Russia.

REFERENCES

1. Kollektiv avtorov. *Podmoskovnyy ugol'nyy basseyn*. Pod red. V.A. Potapenko (The authors. Moscow coal basin. Potapenko V.A. (Ed.)), Tula, Grif i K^o, 2000, 276 p.
2. Logacheva V.M., Mishanova V.A. *Izvestiya TulGU. Tekhnicheskije nauki*. 2014, no 2, pp. 284–291.
3. Kovshik P.I., Noskova L.P., Savchenko I.F. *Patent RU № 2304161* 10.08.2007.
4. Cvijic J. *La geographie des terrains calcaires*. Beograd. 1960. P. 458.
5. Sweeting M.M. *Karst landforms*. London and Basingstoke. 1972. P. 247.
6. Casteret N. *Au pays des eaux folles*. Paris, 1958, p. 354.
7. Gvozdetskiy N.A. *Karst* (Каpст), Moscow, Mysl', 1981, 214 p.
8. *Spravochnik geofizika. Elektrorazvedka* (CGeophysicist's manual. Electrical exploration), Moscow, Nedra, 1989.
9. Yakubovskiy Yu.V., Lyakhov L.L. *Elektrorazvedka* (Электроразведка), Moscow, Nedra, 1982, 257 p.
10. *Geofizicheskie metody izucheniya geologii ugol'nykh mestorozhdeniy*. Pod red. V.V. Grechukhina (Geophysical methods of studying geology and coal deposits. Grechukhin V.V.), Moscow, Nedra, 1995.
11. Loke M.H., Baker R.D., Practical techniques for 3D resistivity surveys and data inversion. *Geophysical prospecting*, 1996, no 44, pp. 499–523.
12. Logacheva V.M. *Razrabotka podzemno-polevogo elektrometricheskogo metoda prognozirovaniya sostoyaniya obvodnennykh ugleporodnykh massivov Podmoskovnogo basseyna* (Development of underground field electrical method to forecast condition of waterflooded Moscow basic coal), Doctor's thesis, Moscow, MGGU, 2010, 258 p.
13. Zakharov V.N. *Razrabotka metodologii i obosnovanie kriteriev prognozirovaniya sostoyaniya gornogo massiva seysmoakusticheskimi metodami pri podzemnoy ugledobychi* (Development of methodology and substantiation of criteria for rock mass condition forecasting using seismic–acoustic methods in underground coal mining), Doctor's thesis, Moscow, IGD im. A.A. Skochinskogo, 2003, 37 p.