ГИАБ. Горный информационно-аналитический бюллетень /
GIAB. Mining Informational and Analytical Bulletin, 2019;3:134-141

УДК 550.832.2 DOI: 10.25018/0236-1493-2019-03-0-134-141

ПРИМЕНЕНИЕ БЕСКЕРНОВОГО БУРЕНИЯ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ РАЗВЕДКИ И ОЦЕНКИ ЗОЛЬНОСТИ УГЛЯ НА ОЛОНЬ-ШИБИРСКОМ КАМЕННОУГОЛЬНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

Н.Н. Игнатьев

[1] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия,
e-mail: nikolai-ignatev@lenta.ru

Аннотация: Для получения дополнительной информации о строении угленосной толщи и качестве угля необходимо проведение эксплуатационной геологической разведки. Она проводится с использованием кернового бурения, которое хоть и дает максимально полное представление о строении разреза за счет извлеченного из скважины керна, однако является достаточно дорогостоящим и трудоемким процессом. При этом бескерновое бурение выгодно отличается от кернового за счет дешевизны и скорости и может быть использовано для получения основной необходимой информации. Метод, позволяющий получать информацию о строении угленосной толщи при бурении скважин без отбора керна, называется механический каротаж. Вследствие различных физико-механических свойств угля и породы также будут отличаться и параметры бурения скважины. По графику записи параметров бурения скважины, например, скорости проходки скважины, можно отделить вмещающие породы от угля, а также оценить его зольность. С помощью механического каротажа можно также оценить и физико-механические свойства угленосной толщи, что поможет при более точном прогнозировании горно-геологических условий отработки месторождения, однако данное направление требует более детального изучения.

Ключевые слова: бескерновое бурение, механический каротаж, уголь, определение зольности, эксплуатационная разведка, добыча угля.

Для цитирования: *Игнатьев Н. Н.* Применение бескернового бурения для целей эксплуатационной разведки и оценки зольности угля на Олонь-Шибирском каменноугольном месторождении // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2019. – № 3. – С. 134–141. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-03-0-134-141.

Implementation of non-core drilling for operational exploration in the Olon-Shibirskoe coalfield and evaluation of coal ash content

N.N. Ignatiev

[1] Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia,
e-mail: nikolai-ignatev@lenta.ru

Abstract: Subsoil structure and quality of mineral reserves are the basic information for effective mining. However, geological exploration data are of insufficient precision for high quality medium- and short-term planning of mining. Additional information on the structure and quality of coal seams

© Н.Н. Игнатьев. 2019.

is provided by operational exploration. As a rule, operational exploration involves core drilling which, though to the maximum extent informative about the structure of geological section, is yet a labor consuming and expensive process. Non-core drilling is advantageous for lower cost and higher time rate. The method of obtaining information on structural of coal seams in core-core drilling is named mechanical logging. Due to certain differences between physical properties of coal and dirt, Based on the drilling log data, e.g. drilling rate, it is possible to differentiate coal and host rocks, as well as to estimate coal ash content. Moreover, mechanical logging potentially could provide information about physical and mechanical properties of coal formation, geological setting of the coalfield and tectonic dislocations that will help to predict mining conditions more accurate. However, mechanical logging needs to be studied in more details in order to reach greater accuracy and evaluate other quality parameters.

Key words: non-core drilling, mechanical logging, coal, ash content estimation, operational exploration, coal mining.

For citation: Ignatiev N. N. Implementation of non-core drilling for operational exploration in the Olon-Shibirskoe coalfield and evaluation of coal ash content. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2019;3:134-141. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-03-0-134-141.

Введение

В настоящее время на геолого-экономическую оценку запасов значительно влияют ценовые и нормативные показатели, действующие на момент оценки [1], а показатели качества углей и горно-геологические условия разработки месторождений в значительной мере формируют их промышленно-экономическую ценность [2]. Поэтому своевременное получение достоверной информации исключительно важно для целей планирования горных работ и работы всего горнодобывающего предприятия. Так как детальная разведка месторождения выявляет лишь некоторую часть интрузивных и дизъюнктивных нарушений [3], а также не дает полного представления об участках пластов со сложным строением. При этом снижение инвестиций на геологоразведочные работы не способствует улучшению качества получаемых данных, что в том числе сказывается и на эффективности проектных решений [4]. Восполнить недостаток такой информации призвана эксплуатационная разведка.

Как правило, эксплуатационная разведка проводится с использованием кернового бурения и отбора пластовых проб. Однако существует несколько проблем, связанных с этими методами.

Во-первых, при пологонаклонном или горизонтальном залегании мощных угольных пластов в условиях открытых горных работ отбор пластовых проб превращается в достаточно трудоемкое и не всегда безопасное занятие, требующее привлечение спецтехники и нахождения людей в непосредственной близости от борта разреза или забоя. Во-вторых, существует острый дефицит квалифицированных кадров, в основном это касается бурения с отбором керна, в результате этого на многих угледобывающих предприятиях России сложилась ситуация, когда керновое бурение фактически не проводится. В-третьих, сокращение затрат на геологоразведку касается, в том числе и эксплуатационной разведки, так, бурение с отбором керна требует достаточно существенных материальных и трудовых затрат, в то время как руководители предприятий стремятся к сокращению издержек при добыче полезных ископаемых, не только путем совершенствования технологии бурения скважин для повышения производительности [5], но зачастую и путем отказа от бурения с извлечением керна.

Еще во второй половине XX в. известный советский геофизик Владимир Васильевич Гречухин активно занимался вопросом бескернового бурения для разведки месторождений угля, так как, во-первых, бескерновое бурение углеразведочных скважин обеспечивает резкое повышение качества и достоверности углеразведочных работ, а во-вторых, повышает производительность труда и экономическую эффективность [6].

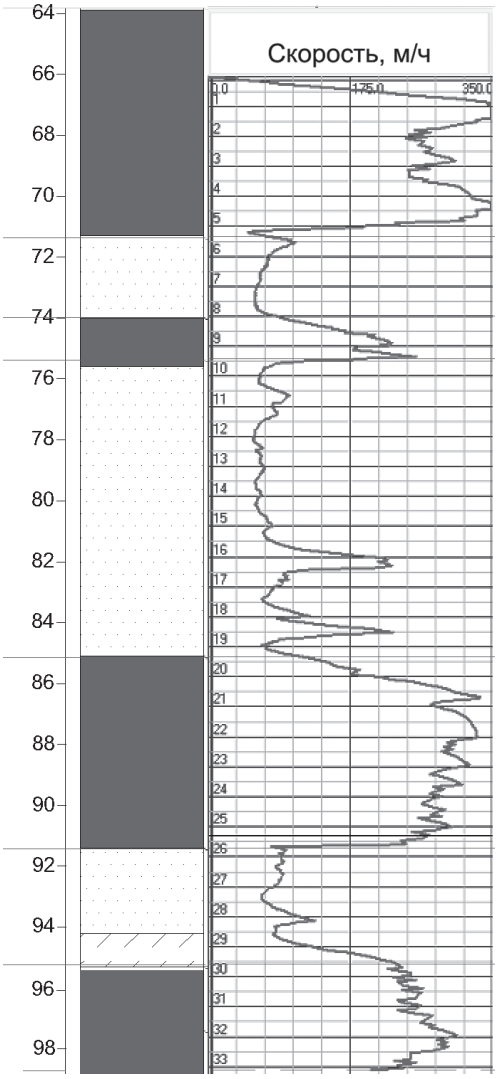

Рис. 1. Сопоставление графика скорости бурения скважины и разреза угленосной толщи. Серым изображен уголь, белым — вмещающие породы. По вертикали — глубина разведочной скважины

Fig. 1. The comparison of drilling velocity graph and stratigraphic section of exploratory well. Grey — coal, white — overburden rocks, vertical — depth of exploratory well

Учитывая вышесказанное, существует потребность в быстром и недорогом способе получать сведения о строении угленосной толщи и качестве угля. Подобным методом, применяемым в процессе эксплуатационной разведки, может стать механический каротаж в процессе бескернового бурения, использующий данные о параметрах бурения, в особенности о скорости бурения скважины.

Бескерновое бурение с использованием механического каротажа успешно применяется с 2006 г. на разрезе Билина в Чехии для поиска небольших тел крепких песчаников (несколько сот квадратных метров в плане), находящихся в толще седиментационно-деформированных песков и мешающих вскрышным работам с использованием роторных экскаваторов [7, 8].

Объект и методы исследования

Механический каротаж с 2010 г. используется на Олонь-Шибирском каменноугольном месторождении для определения кровли угольного пласта при бурении скважин под взрыв. Все буровые станки оснащены системой КОБУС (контроллер буровой установки), разработанной компанией ООО Blast Maker, которая в реальном времени собирает данные о бурении скважины и выводит их в виде каротажных кривых: координаты скважины по данным GPS, скорость проходки скважины, скорость вращения бурового снаряда, давление на забой, вращательный момент и давление воздуха в системе воздушной промывки [9]. Месторождение располагается на границе Республики Бурятия и Забайкальского края. Угленосной является среднеюрская

Тугнуйская свита (J2tg), представленная выше ритмично перемежающимися пачками средне-крупнозернистых кварц-полевошпатовых песчаников, алевролитов, реже аргиллитов и пластов каменных углей марки Д.

Как известно, угли отличаются от вмещающих пород по своим физико-механическим параметрам, данные угли не являются исключением [10]. Благодаря этому отличаются и параметры бурения при бурении по вмещающим породам и углю. Например, скорость бурения скважины отличается весьма значительно: при бурении по вмещающим породам скорость проходки скважины в 2—4 раза меньше, чем при бурении по углю (рис. 1).

Для выяснения возможностей использования механического каротажа автором исследования была пробурена скважина без отбора керна с записью параметров механического каротажа. Скважина была пробурена в ближайшей окрестности (менее 5 м) от скважины разведочного бурения, по которой производится отбор керна, а также был проведен комплекс стандартного набора геофизических исследований скважин (ГИС). Привязка скважины в плане и по высотным отметкам выполнялась с помощью GPS-приемника, установленного на буровой установке.

При сопоставлении данных, полученных на этапе разведки и при бурении скважины с использованием механического каротажа, было установлено, что график скорости бурения скважины хорошо коррелирует с данными стандартного

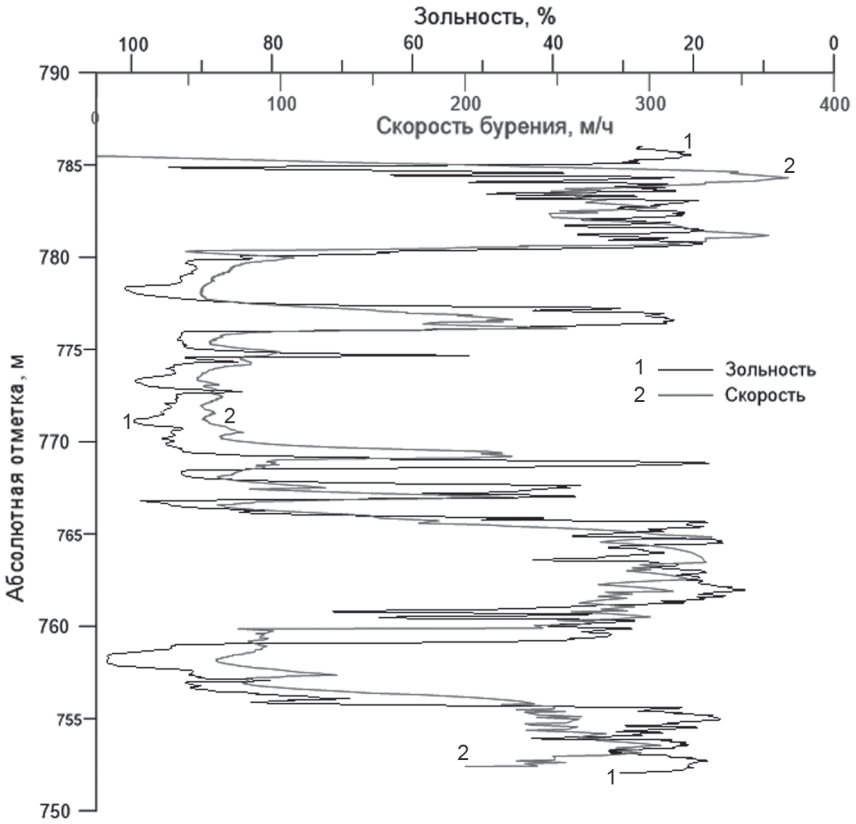

Рис. 2. Сопоставление графиков зольности и скорости бурения
Fig. 2. The comparison of drilling velocity and ash content graphs

набора ГИС. Сопоставление проводилось в графическом виде, путем сравнения каротажных кривых ГИС с каротажными кривыми МК (рис. 2). Подобное сопоставление было проведено в последующем по 6 скважинам [11]. Однако, так как зольность является одним из наиболее значимых показателей качества угля [12], с точки зрения эксплуатационной разведки, наиболее интересна корреляция графика скорости бурения с графиком зольности, построенным по данным ГГК-С (рис. 2).

Для выявления зависимости между скоростью бурения и зольностью были сопоставлены данные по трем парам скважин. В результате была выявлена сильная корреляционная зависимость между этими переменными (коэффициент корреляции равен –0,85). По этим данным была построена линейная зависимость, описывающая отношение зольности и скорости бурения (рис. 3). Также был проведен анализ корреляции других параметров механического каротажа (скорости вращения бурового снаряда, момента вращения, давления на забой, давления воздуха в системе воздушной промывки) с зольностью, для этого была построена корреляционная матрица, которая показала отсутствие зависимости между рассматриваемыми величинами.

После получения уравнения, описывающего зависимость скорости бурения от зольности, была проведена его практическая проверка. Для этой цели были выбраны несколько буровзрывных скважин, имеющих не менее двух пластопересечений. При этом мощность верхнего пласта составляет от 1,0 до 2,5 м, а мощность нижнего пласта составляет более 7 м. Кроме того, встречаются более тонкие, некондиционные прослои угля в породе, мощностью менее 0,5 м, а также маломощные линзы породы в углях (<0,5 м). Пример графика и столбчатой диаграммы зольности (*A*, %) по скважине изображен на рис. 4.

При оценке зольности по полученным данным оказалось, что часть скважин дает достаточно близкие показатели при сопоставлении с данными разведочного бурения (в пределах 6%). Кроме того, наиболее корректные результаты были

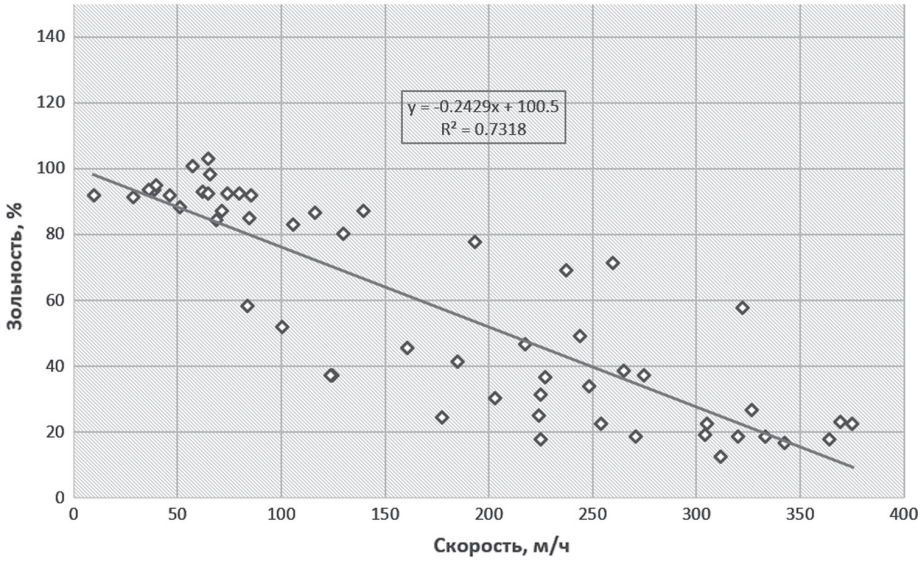

Рис. 3. График зависимости скорости бурения от зольности
Fig. 3. The drilling velocity dependance on the ash content

получены по пластам в верхней части скважины, в то время как в более глубоком и мощном пласте данные по зольности, как правило, были завышены. В результате анализа данных по выбранным буровзрывным скважинам были сделаны следующие выводы:

1. На показания механического каротажа влияет режим бурения скважины. Так, при вмешательстве оператора буровой установки для более эффективного удаления шлама из скважины, при осыпании ее стенок закономерно изменяется скорость бурения и, как следствие, искажается значение зольности на данном интервале.

2. Результаты интерпретации могут быть искажены при бурении глубоких скважин по углю или с большим числом пластопересечений, в особенности пластов угля более двух метров, либо склонных к образованию каверн вследствие трещиноватости и тектонической нарушенности.

3. Также при бурении наклонных скважин вероятность осыпания ее стенок повышается, что тоже способно повлиять на итоговый результат.

Следует заметить, что метод механического каротажа требует значительно большего объема данных для анализа, чтобы можно было правомерно утверждать о возможности его использования для корректного подсчета зольности пластов угля. Однако данные, полученные на текущем этапе, позволяют сделать вывод о его перспективности как минимум для целей эксплуатационной разведки на месторождениях каменного угля. Кроме того, очевидно, что полученная зависимость не носит универсального характера для всех марок углей и месторождений. Для каждого месторождения необходимо полностью проводить цикл работ по установлению зависимости между зольностью и скоростью бурения скважин.

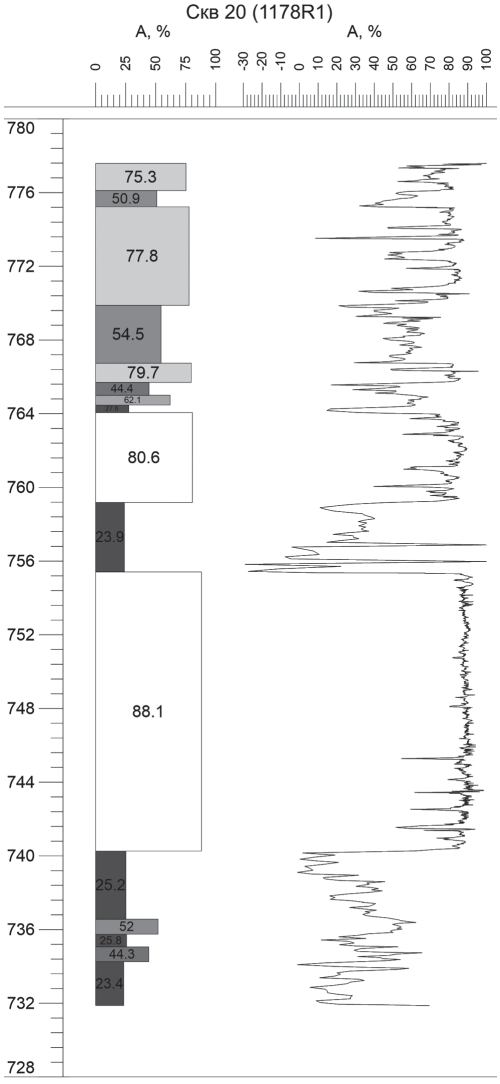

Рис. 4. Данные по зольности в скважине бескернового бурения, полученные с использованием механического каротажа. По вертикали располагается шкала абсолютных отметок над уровнем моря

Fig. 4. Ash content graphs obtained with the help of mechanical logging in the process of non-core drilling. Vertical — altitude

Заключение

В дополнение к необходимости получения более внушительного количества данных, в дальнейшей работе планируется исследовать и другие направления использования механического каротажа:

• возможность определения других параметров углей, таких как влажность, выход летучих веществ, трещиноватость;

• разделение вмещающих пород на литотипы по данным механического каротажа;

• определение физико-механических свойств пород, слагающих угленосную толщу, и определение зон тектонической нарушенности для уточнения горно-геологических условий.

Таким образом, можно сделать вывод о перспективности бескернового бурения с использованием механического каротажа для целей эксплуатационной разведки при разработке угольных месторождений. Применение данного метода позволит сократить издержки на эксплуатационную разведку, по сравнению с бурением с отбором керна, повысить производительность и безопасность труда за счет использования станков для бурения скважин под взрыв, а также получать данные, необходимые и достаточные для планирования эффективных и безопасных горных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Сидоренко П. Ф.* Проблемы повышения достоверности прогноза горно-геологических факторов, осложняющих отработку угольных пластов // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2011. — № 2. — С. 55—59.

2. *Гриб Н. Н., Никитин В. М.* Изучение показателей качества углей и горно-геологических условий разработки угольных месторождений по результатам геофизических исследований скважин // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. — 2015. — № 4. — С. 34—40.

3. *Миронкин В. А., Торсукова К. С., Синьчковский В. Н.* Проблемы нормирования потерь и разубоживания при открытых разработках в зонах нарушений // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2002. — № 11. — С. 180—181.

4. *Кулак В. Ю., Волошин В. А., Фрянов В. Н.* Оценка влияния качества разведанности угольных месторождений на эффективность проектных решений // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2015. — № 5. — С. 13—22.

5. *Рябчиков С. Я., Важанин Р. Е.* Совершенствование технологии бурения скважин при разведке угольных месторождений Кузбасса // Известия Томского политехнического университета. — 2010. — Т. 317. — № 1. — С. 169—172.

6. *Гречухин В. В.* Петрофизика угленосных формаций. — М.: Недра, 1990. — 471 с.

7. *Мах Карел* Использование записи механических параметров бескернового бурения (механический каротаж) в процессе геологической разведки буроугольного месторождения Билина (Чешская Республика) // Известия вузов. Геология и разведка. — 2012. — № 4. — С. 80—84.

8. *Mach K.* Application of logging of drilling technical parameters (mechanical logging) during geological exploration of lignite opencast mine / Schriftenreihe der Deutschen Gesellshcaft für Geowisenschaften. GeoDarmstadt2010. Geosciences Secure the Future. Abstracts of Lectures & Posters. Heft 68. 369 p.

9. *Киселев А. О.* Использование программно-технического комплекса blast maker на пластовых месторождениях / Передовые технологии на карьерах. — Бишкек, 2010. — С. 24—32.

10. *Гречухин В. В.* Геофизические методы исследования угольных скважин. — М.: Недра, 1965. — 468 с.

11. *Ignatiev N. N., Lapteva M. I.* Estimation of coalbed parameters using mechanical logging / SGEM2018 Conference Proceedings. Vol. 18. Issue 1.1, pp. 83—90.

12. *Голицын М. В., Голицын А. М., Пронина М. В., Макарова Е. Ю., Богомолов А. Х.* Геология и геохимия горючих ископаемых. Ч. 2. Твердые горючие ископаемые: учебник. — М.: КДУ, 2014. — 236 с. ГИАБ

REFERENCES

1. Sidorenko P.F. Prediction accuracy improvement of mining conditions at coal deposits. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2011, no 2, pp. 55—59. [In Russ].

2. Grib N.N., Nikitin V.M. The research of coal quality and mining-geological conditions of coal deposits development on the results of borehole survey. *Prirodnye resursy Arktiki i Subarktiki*. 2015, no 4, pp. 34—40. [In Russ].

3. Mironkin V.A., Torsukova K.S., Sin'chkovskiy V.N. Regulation of loses and diluting due to open-cast mining. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2002, no 11, pp. 180—181. [In Russ].

4. Kulak V.Yu., Voloshin V.A., Fryanov V.N. Evaluation of influence exerted by coal exploration quality on mine planning efficiency. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2015, no 5, pp. 13—22. [In Russ].

5. Ryabchikov S.Ya., Vazhanin R.E. Improvement of drilling technology for geological exploration at coalfields in Kuzbass. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta*. 2010. Vol. 317, no 1, pp. 169—172. [In Russ].

6. Grechukhin V.V. *Petrofizika uglenosnykh formatsiy* [Petrophysics of coalbearing formations], Moscow, Nedra, 1990, 471 p.

7. Makh Karel Use of recording of full-hole drilling parameters in geological exploration of Bilina brown coal deposit (Czech Republic). *Izvestiya vuzov. Geologiya i razvedka*. 2012, no 4, pp. 80—84. [In Russ].

8. Mach K. Application of logging of drilling technical parameters (mechanical logging) during geological exploration of lignite opencast mine. *Schriftenreihe der Deutschen Gesellshcaft für Geowisenschaften. GeoDarmstadt2010*. Geosciences Secure the Future. Abstracts of Lectures & Posters. Heft 68. 369 p.

9. Kiselev A.O. Implementation of the blast maker CAD at stratified deposits. *Peredovye tekhnologii na kar'erakh*. Bishkek, 2010, pp. 24—32. [In Russ].

10. Grechukhin V.V. *Geofizicheskie metody issledovaniya ugol'nykh skvazhin* [Geophysical methods of wells research], Moscow, Nedra, 1965, 468 p.

11. Ignatiev N.N., Lapteva M.I. Estimation of coalbed parameters using mechanical logging. *SGEM2018 Conference Proceedings*. Vol. 18. Issue 1.1, pp. 83—90.

12. Golitsyn M.V., Golitsyn A.M., Pronina M.V., Makarova E.Yu., Bogomolov A.Kh. *Geologiya i geokhimiya goryuchikh iskopaemykh*. Ch. 2. Tverdye goryuchie iskopaemye: uchebnik [Geology and geochemistry fossil fuels. Part 2. Solid fossil fuels: textbook], Moscow, KDU, 2014, 236 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Игнатьев Николай Николаевич — аспирант,
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
Геологический факультет,
e-mail: nikolai-ignatev@lenta.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

N.N. Ignatiev, Graduate Student,
Lomonosov Moscow State University,
Faculty of Geology, 119234, Russia, Moscow,
e-mail: nikolai-ignatev@lenta.ru.