УДК 622.82:552.57

Ф.А. Голынская, О.С. Смирнова, Р.А. Никонов

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА МНОГОМЕРНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ПО ЭТАЛОННЫМ ТОЧКАМ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕПЕНИ САМОВОЗГОРАЕМОСТИ БУРЫХ УГЛЕЙ НА ПРИМЕРЕ ХАРАНОРСКОГО БУРОУГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЗАБАЙКАЛЬЕ)

Настоящая статья продолжает серию публикаций, посвященных применению разработанной авторами метода многомерной классификации по эталонным точкам для определения степени самовозгораемости углей. Наиболее опасны по самовозгоранию — бурые угли. Мощные пласты Харанорского буроугольного месторождения отличаются высоким уровнем «эндогенной пожаропасности». Объект исследований — основной рабочий пласт II слитный северо-западного участка этого месторождения. Исследования показали, что высокую опасность самовозгорания создает близкое расположение пласта к поверхности (от 8 до 54 м), повышенная мощность (от 2,0 до 8,2 м) и значительная тектоническая нарушенность, которая приводит к повышенной трещиноватости и разрушению угля. По другим параметрам (строение угольного пласта, влажность, содержание общей серы и др.) исследуемые угли относятся к среднему и низкому уровню опасности. По имеющимся значениям была построена карта прогноза самовозгорания харанорских углей. На карте прогноза высокой степенью опасности самовозгорания обладают угли в юго-восточной части участка, что составляет 11 % от этой залежи. Остальная часть залежи (89 %) — это угли среднего уровня опасности самовозгорания.

Ключевые слова: самовозгорание углей; геологические факторы; ранговая модель; эталонные группы; нормативы; эталонные точки-концентраторы; степень опасности самовозгорания; карта прогноза самовозгорания углей.

DOI: 10.25018/0236-1493-2017-9-0-5-11

Длительные и разносторонние исследования процесса самовозгорания углей привели ученых к выводу, что наиболее опасны по самовозгоранию бурые угли, «сорбционная способность которых по отношению к кислороду падает с увеличением содержания углерода, уменьшением содержания кислорода и уменьшением выхода летучих веществ. В этом же направлении растет температура воспламенения углей при их искусственном окислении» [2, 5].

Задачей настоящей работы является установить причины, вызывающие актив-

ISSN 0236-1493. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2017. № 9. С. 5–11.
© Ф.А. Голынская, О.С. Смирнова, Р.А. Никонов. 2017.

ное окисление и самовоспламенение бурых углей, и ранжировать эти угли по степени опасности самовозгорания на примере исследования угольного пласта II слитного северо-западного участка Харанорского месторождения (Забайкалье).

В мощных пластах Харанорского месторождения по данным, полученным в процессе его разработки, отмечен высокий уровень эндогенной пожаропасности. Однако зоны выгорания не обнаружены. В тектоническом отношении месторождение приурочено к Харанорской депрессии, в пределах которой развиты пликативные структуры 3 порядка — мульды и, незначительно, сбросы. Углы крыльев мульд весьма пологие — 5—7°. Пласт II слитный — это основной рабочий пласт, принадлежащий кутинской свите нижнего отдела меловой системы (K_2kt). Угли относятся к технологическим группам Б1 и Б2 [1]. Данные, характеризующие геологическое строение и качество харанорских углей, представлены в табл. 1.

Анализ данных о геологическом строении исследуемого пласта, качестве углей и данных о самовозгораниях на северо-западном участке Харанорского месторождения позволил установить геологи-

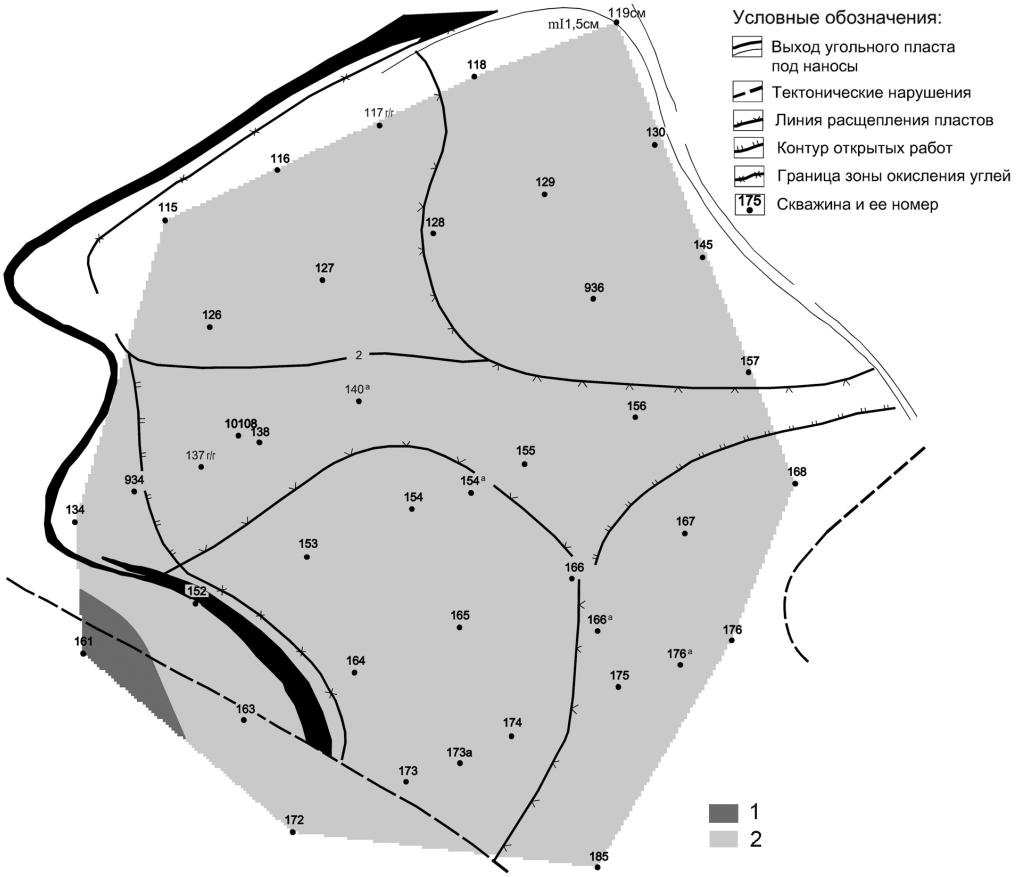


Рис. 1. Карта прогноза самовозгораемости углей рабочего основного пласта II слитного северо-западного участка Харанорского месторождения (Забайкалье): 1 — угли высокого уровня опасности самовозгорания; 2 — угли среднего уровня опасности самовозгорания

Таблица 1

Параметры рабочего основного пласта II слитного и качества углей северо-западного участка Харанорского месторождения (Забайкалье) [1]

Месторождение, разрез	Мощность угольного пласта, м	Глубина залегания угольного пласта, м	Строение угольного пласта (количество угольных пачек)	Вмещающие породы (породы кровли)	Угол наклона, град.	Тектоническая нарушенность*, км/км^2	Показатель карстонарушенности, d_j**	Влажность, W_h, %	Метаноносность, м^3/т	Зольность, A^d, %	Сера общая, S^d_t, %	Выход летучих веществ, V^{daf}, %	Микрокомпоненты группы	
													витринита, Vt,%	инертинита, I, %
Харанорское	2,0–8,2 5,2	8,0–54,0	2–3, редко 4–6	углистые породы, алевролиты, песчаники	5–7°	0,0–11,3 3,3	–	4,2–20,3 8,5	–	20,0–1,6 21,4	0,26–,35 0,31	28,7–9,1 34,5	42,1–81,2 61,9	15,2–40,9 19,4

Примечания

* Тектоническая нарушенность оценивалась определением степени тектонической нарушенности — отношения суммарной длины (протяженности) тектонических нарушений к общей площади месторождения или шахтного поля, измеряемого в км/км^2.

** Карстонарушенность оценивалась определением показателя закарстованности d_j — отношения суммарной площади карстонарушенных участков к общей площади месторождения или шахтного поля (Ю.А. Севостьянов, 1970) [8].

*** в числителе — от — до, в знаменателе — среднее значение.

Таблица 2

Таблица рангов по степени опасности самовозгорания углей рабочего основного пласта II слитного северо-западного участка Харанорского месторождения (Забайкалье)

веса	6	5	4	6	6	6	6	4	5	6	5	4	5	Уровень опасности самовозгорания углей
меньше	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	
между	2	2	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2	
больше	3	3	3	3	3	3	2	2	1	3	3	3	3	
нижн гран	2	20	2	20	2	0,01	10	25	5	1,5	8	50	15	
верх гран	3	60	3	30	4	0,03	15	35	8	2,5	30	70	25	
Номер скважины	Мощность, м	Глубина залегания угольного пласта, м	Строение (количество угольных пачек)	Угол наклона, град	Тектоническая нарушенность*, км/км^2	Карстовая нарушенность, d_j^{**}	Влажность, W_h, %	Зольность, A^d, %	Метан, CH_4, %	Сера, S^d_t, %	Выход летучих веществ, V^{daf}, %	Витринит, Vt, %	Инертинит, I, %	
153	3,8	36,6	3	0	2,2	0	8,6	20,6	0	0,29	28,5	67,1	23	средний
154	3,7	31,4	2	0	0,3	0	8,1	20,4	0	0,31	36,9	79,1	18,3	средний
155	3,2	27,2	6	0	0,3	0	7,5	20,5	0	0,26	32,1	66,7	21,3	средний
156	2	8	3	0	0,3	0	4,2	20	0	0,31	28,7	64,9	24,6	средний
157	8,2	54	2	0	0	0	20,3	21,6	0	0,25	39,1	78,8	20,5	средний
161	5,2	24,8	2	0	8,3	0	8,5	21,4	0	0,37	34,5	70,3	25,6	высокий
163	3,4	17,7	3	0	11,3	0	5,5	20,6	0	0,27	30,8	55,5	33,1	средний
164	7	28,1	2	0	3,8	0	8,7	20,1	0	0,28	38,9	56,2	26,8	средний
165	4,6	46,6	2	0	1	0	9,9	21,3	0	0,35	31,1	61,7	29,6	средний
166	4,1	38,1	3	0	0,8	0	7,3	21,6	0	0,26	32,9	81,2	15,2	средний
167	5,8	30,4	2	0	1,2	0	4,6	21	0	0,26	38,7	52,4	33,8	средний

ческие факторы самовозгорания углей и ранжировать их по степени опасности возникновения самовозгорания [3].

Исследования показали, что высокую опасность самовозгорания создает близкое расположение пласта II к поверхности (от 8 до 54 м, в среднем — 29,7 м, что дает возможность разрабатывать уголь открытым способом). Так в скв. 161, которая находится в пределах участка опасного по самовозгоранию угольного пласта (рис. 1), глубина кровли угольного пласта от поверхности составляет всего 5,2 м.

Пласт II отличается повышенной мощностью — от 2,0 до 8,2 м, в среднем — 5,2 м, что характеризует его как весьма склонного к самовозгоранию.

Фактором, усиливающим опасность самовозгорания, является значительная тектоническая нарушенность угольного пласта, которая приводит к повышенной трещиноватости, разрушению угля. Угли в скважинах 161, 163, 173 вскрывших тектонические нарушения, показали высокий уровень опасности самовозгорания.

По другим параметрам (строение угольного пласта, влажность, содержание общей серы и др.) харанорские угли относятся к среднему уровню опасности.

Практическая задача данной работы — ранжирование углей исследуемого пласта II по степени самовозгораемости. Для решения этой задачи была разработана и применена «разработанная авторами новая оригинальная методика, в основе которой лежит ранговая модель данных и идея, состоящая в классификации этих данных по «близости» к эталонным группам наблюдений» [6].

Переход от исходных данных угольного пласта, полученных в результате геолого-разведочных работ к ранговой шкале (табл. 2) осуществлялся с использованием нормативов (граничных значений) уровней опасности самовозгорания углей, установленных на Харанорском месторождении, «в которой выделены: 1) неопасные; 2) малоопасные; 3) опасные по самовозгоранию параметры углей. При этом исходные данные по конкретному шахтному полю могут содержать не все факторы. В этом случае в ранговой шкале данные заменяются нулями. Параметрам в преобразованной ранговой таблице присваиваются веса (коэффициенты) тем более высокие, чем больше их значимость для повышения степени опасности самовозгорания углей. Точки многомерного пространства рангов классифицируются по близости (минимуму расстояния) к трем эталонным точкам-концентраторам, являющихся центрами тяжести эталонных групп, составленных из неопасных, малоопасных и опасных наборов рангов. Все необходимые преобразования исходных данных и вычисления производились автоматически программой (макросом) на языке Visual Basic для Excel» [4, с. 20].

В результате проведенных расчетов в каждой точке наблюдений (скважине) в пределах месторождений установлена степень опасности самовозгорания углей. Полученные данные были использованы при построении карты прогноза самовозгорания углей исследуемого объекта (рис. 1). С этой целью была применена программа ArcMap 10.2 из семейства геоинформационных программ ArcGIS. В программе были размещены данные о расположение скважин и степени опасности самовозгорания углей в формате AutoCad (dxf). Далее по имеющимся значениям методом интерполяции была построена непрерывная поверхность, отражающая степень опасности самовозгорания углей в каждой точке месторождения, которая была преобразована в карту прогноза самовозгорания углей [4, с. 21].

На карте прогноза высокой степенью опасности самовозгорания обладают угли в юго-восточной части участка, что составляет 11% от этой залежи. Так

в скв. 161, расположенной в пределах залежи, мощность пласта (5,2 м), тектоническая нарушенность (8,3 км/км^2), выход летучих веществ V^{daf} (34,5%), содержание микрокомпонентов групп витринита Vt (70,3%) и инертинита I (25,6%) имеют опасные по самовозгоранию параметры; глубина залегания (24,8 м), строение угольного пласта (сложное, 2 угольные пачки) — средние; влажность W_h (8,5%), зольность A^d (21,4%) и сера общая S^d_t (0,37% — низкие значения опасности самовозгорания углей. В результате расчетов с учетом весов параметров автоматической программой данных в соответствии с изложенной методикой угли этой скважины определены как опасные по самовозгоранию. В скв. 153 опасных значений достигает мощность (3,8%) и строение пласта (3 угольных пачки); S^d_t (0,29%), A^d (20,6%) и W_h (8,6%) — низких; другие параметры — средних значений. Расчеты степени опасности самовозгораемости в этой скважине показали средний уровень. К таковым отнесены угли 89% залежи.

Как видно из расчетов, самовозгорание харанорских бурых углей в значительной степени связано с мощностью пласта, тектонической нарушенностью и петрографическим составом. Отнесение большей части углей залежи к среднеопасным по самовозгоранию объясняется неопасными значениями параметров или их отсутствие (угол наклона, W_h, S^d_t), имеющих высокий вес, а опасных значений достигают параметры (строение, A^d, Vt) с низким весом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бойтман Ф. Ф., Сухинина В. Ф., Сальников Д. В. и др.* Геологический отчет по детальной разведке участка «Северо-Западный» Харанорского буроугольного месторождения с подсчетом запасов на 1 января 1985 г. Востсибуглеразведка, Читинская область мФ 028731, 301 л. — Иркутск, 1985. — С. 64, 77, 78.

2. *Веселовский В. С., Виноградова Л. П., Орлеанская Г. Л., Терпогосова Е. А.* Физические основы самовозгорания угля и руд. — М.: Недра, 1972. — С. 12.

3. *Голынская Ф. А.* Характеристика наиболее действенных факторов самовозгорания углей в пластах // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2011. — № 2. — С. 19—23.

4. *Голынская Ф. А., Смирнова О. С., Никонов Р. А.* Применение метода многомерной классификации по эталонным точкам для определения степени самовозгораемости углей на примере шахты «Распадская» Кузнецкого бассейна // Известия вузов. Геология и разведка. — 2015. — № 4. — С. 15—21.

5. *Еремин И. В., Лебедев В. В., Цикарев Д. А.* Петрографические и физические свойства углей. — М.: Недра, 1980. — С. 79, 193.

6. *Смирнова О. С., Голынская Ф. А.* Статистические методы в прогнозировании самовозгорания углей // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2016. — № 1. — С. 281—288. ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Голынская Фарида Асхатовна — кандидат геолого-минералогических наук, доцент, e-mail: golynskaya@yandex.ru,
НИТУ «МИСиС»,
Смирнова Ольга Сергеевна — кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник,
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
Никонов Роман Александрович — младший научный сотрудник,
Институт проблем нефти и газа РАН.

ISSN 0236-1493. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2017. No. 9, pp. 5–11.

UDC 622.82:552.57

F.A. Golynskaya, O.S. Smirnova, R.A. Nikonov

FEATURES OF APPLICATION OF METHOD OF MULTI-DIMENSIONAL CLASSIFICATION BY REFERENCE POINTS TO DETERMINE LIGNITE IGNITABILITY IN TERMS OF KHARANOR LIGNITE FIELD IN TRANSBAIKALIA

This article continues the series of publications on the use of the method developed by the authors of the multidimensional classification reference points for determining the degree Self ignition of coal. Most dangerous for spontaneous combustion — brown coal. Powerful layers Kharanor lignite deposits have a high level of «endogenous pozharopasnosti». The object of research — basic working layer II fused the north-western section of the field. Studies have shown that a high risk of spontaneous combustion creates a location close to the surface layer (8 to 54 m), high power (from 2.0 to 8.2 m) and a significant tectonic disturbances, which leads to increased fracture and fracture of coal. In other parameters (structure of the coal seam, moisture, total sulfur content, etc.) Investigated coals are medium and low risk. According to the forecast values map Kharanorskaya spontaneous combustion of coal was built. On the forecast map high danger of spontaneous combustion of coal have in the south-eastern part of the site, which is 11% of that deposit. The rest of the deposit (89%) — it embers average level of danger of spontaneous combustion.

Key words: spontaneous combustion of coals; geological factors; ranking model; the reference group; the standards; the reference point of the hub; the degree of danger of spontaneous combustion; map of forecast of spontaneous combustion of coal.

DOI: 10.25018/0236-1493-2017-9-0-5-11

AUTHORS

Golynskaya F.A., Candidate of Geological and Mineralogical Sciences,
Assistant Professor, e-mail: golynskaya@yandex.ru,
National University of Science and Technology «MISiS», 119049, Moscow, Russia,
Smirnova O.S., Candidate of Physical and Mathematical Sciences,
Senior Researcher,
Lomonosov Moscow State University, 119991, Moscow, Russia,
Nikonov R.A., Junior Researcher,
Institute of Oil and Gas Problems of Russian Academy of Sciences,
119333, Moscow, Russia.

REFERENCES

1. Boytman F. F., Sukhinina V. F., Sal'nikov D. V. *Geologicheskiy otchet po detal'noy razvedke uchastka «Severo-Zapadnyy» Kharanorskogo burougol'nogo mestorozhdeniya s podschetom zapasov na 1 yanvarya 1985 g.* (The geological report on the detailed exploration area «North-West» Kharanor brown coal deposit with estimated reserves at January 1, 1985), Irkutsk, 1985, pp. 64, 77, 78.

2. Veselovskiy V. S., Vinogradova L. P., Orleanskaya G. L., Terpogosova E. A. *Fizicheskie osnovy samovozgoraniya uglya i rud* (Physical basis of spontaneous combustion of coal and ores), Moscow, Nedra, 1972, p. 12.

3. Golynskaya F. A. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2011, no 2, pp. 19—23.

4. Golynskaya F. A., Smirnova O. S., Nikonov R. A. *Izvestiya vuzov. Geologiya i razvedka*. 2015, no 4, pp. 15—21.

5. Eremin I. V., Lebedev V. V., Tsikarev D. A. *Petrograficheskie i fizicheskie svoystva ugley* (Petrographic and physical properties of coal), Moscow, Nedra, 1980, pp. 79, 193.

6. Smirnova O. S., Golynskaya F. A. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2016, no 1, pp. 281—288.