

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА МНОГОМЕРНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ПО ЭТАЛОННЫМ ТОЧКАМ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕПЕНИ САМОВОЗГОРАЕМОСТИ БУРЫХ УГЛЕЙ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА «МОЩНЫЙ» ТАЙНИНСКОГО УЧАСТКА КАНСКО-АЧИНСКОГО БАСЕЙНА

Ф.А. ГОЛЫНСКАЯ¹, Р.А. НИКОНОВ²

¹Национальный исследовательский технический университет «МИСиС»
6, Ленинский проспект, г. Москва 119049, Россия
e-mail: golynskaya@yandex.ru

²Институт проблем нефти и газа РАН
3, Губкина ул., г. Москва 119333, Россия
e-mail: nikonovroman@gmail.com

Представлены результаты исследований самовозгорания углей и прогноза Тайнинского участка Канско-Ачинского бассейна. С этой целью была применена новая оригинальная методика, в основе которой лежит ранговая модель данных и идея, состоящая в классификации этих данных по «близости» к эталонным группам наблюдений. В результате изучения геологического строения исследуемого пласта, физико-химических исследований и анализа статистических данных о самовозгорании углей установлены геологические факторы самовозгорания углей и граничные значения их параметров разной степени опасности самовозгорания. Переход от исходных данных угольного пласта к ранговой шкале осуществлялся с использованием нормативов (граничных значений) уровней опасности самовозгорания углей. Полученные данные были использованы при построении карты прогноза самовозгорания углей пласта «Мощный» с помощью программы ArcMap 10.2 из семейства геоинформационных программ ArcGIS.

Ключевые слова: самовозгорание углей; геологические факторы; пласт «Мощный»; ранговая модель; эталонные группы; нормативы; степень опасности самовозгорания; карта прогноза самовозгорания углей; ArcGIS.

DOI:10.32454/0016-7762-2018-5-44-48

METHODOLOGY OF MULTI-DIMENSIONAL CLASSIFICATION ACCORDING TO THE REFERENCE POINTS FOR THE DETERMINATION OF THE DEGREE OF COAL SPONTANEOUS COMBUSTION AT THE TAININ SECTION OF KANSK DEPOSIT OF KANSKOY BASIN

F.A. GOLYNSKAYA¹, R.A. NIKONOV²

¹National University of Science and Technology «MISIS»
6, Leninsky Prospekt, Moscow 119049, Russia
e-mail: golynskaya@yandex.ru

²Oil and Gas Research Institute RAS
3, Gubkin street, Moscow 119333, Russia
e-mail: nikonovroman@gmail.com

The paper presents the results of studies of coal spontaneous combustion and forecast of Tainin section of Kansk Deposit of Kansk-Achinsky basin. To this end, a new original methodology has been applied, based on the rank data model and the idea of classifying these data by «proximity» to reference groups of observations. As a result of studying of a geological structure of the investigated layer, physical and chemical researches and the analysis of statistical data on self-ignition of coals, the geological factors of self-ignition of coals and boundary values of their parameters of different degree of danger of self-ignition have been established. Transition from the initial data of a coal bed to a rank scale has been carried out with the use of standards (boundary values) of levels of danger of spontaneous combustion of coals. The obtained data were used in the construction of the self-ignition prediction map of coal bed «Powerful» (Moschnyi) using the program ArcMap 10.2 from the family of geographic information programs ArcGIS.

Keywords: spontaneous combustion of coals; geological factors; the formation of a «Powerful» bed; the rank of the model; the reference group; the standards; the degree of danger of spontaneous self-combustion; map of forecast of spontaneous combustion of coal; ArcGIS.

Задача проводимых авторами исследований — составить прогноз самовозгорания углей исследуемых месторождений, используя данные об угольном месторождении, полученные на стадии геолого-разведочных работ. Предварительный анализ собранных данных о месторождениях угольных бассейнов и угленосных площадях был произведен с помощью статистического пакета STATISTICA 6.1. Результатом анализа статистических данных стала разработанная новая оригинальная методика, в основе которой лежат *ранговая модель* данных и идея, состоящая в классификации этих данных по «близости» к *эталонным группам наблюдений* [4, 5].

Изучение геологического строения, физико-химические исследования углей и анализ статистических данных об эндогенных пожарах угольных месторождений Канско-Ачинского бассейна [2] позволило установить геологические факторы самовозгорания углей, ранжировать их по степени опасности возникновения самовозгорания и определить граничные значения параметров (табл. 1).

Участок Тайнинский расположен в пределах Канского месторождения Канско-Ачинского бассейна и приурочен к юрским угленосным отложениям Тайнинской мульды. Преимущество канско-ачинских углей состоит в значительных запасах разведанных площадей, возможности добычи угля открытым способом, в их низкой зольности (8–12 %) и низкой сернистости (0,3–0,6 %). Осложняющими факторами являются высокая влажность углей (до 33 %) и *склонность к самовозгоранию*. Угольные пласты имеют выдержанную мощность, но сложное строение. Данные объекта исследований пласта «Мощный», характеризующие геологическое строение и качество углей, приведены в табл. 2 [3].

Анализ данных геологоразведки (параметров угольного пласта и качества углей) исследуемого пласта позволил установить факторы, оказывающие наибольшее влияние на самовозгорание тайнинских углей. По данным исследования очагов самовозгорания в них отмечалась повышенная мощность угольного пласта, близкое расположение угольного пласта к поверхности, интенсивная тектоническая нарушенность, повышенное содержание микрокомпонентов группы инертинита. По другим параметрам (строение угольного пласта, влажность, содержание общей серы и др.) исследуемые угли относятся к среднему и низкому уровню опасности.

Исследования пласта «Мощный» показали, что лишь в одной скважине, угли которой отнесены к опасным по самовозгоранию, мощность пласта 3,0 м (скв. 795), в остальных превышает 7 м, в основном составляет 17–18 м (скв. 708, 711, 774 и др.). Параметры глубины залегания пласта «Мощный» в опасных по самовозгоранию скважинах в целом коррелируются с параметрами средних значений

Таблица 1

Геологические факторы самовозгорания бурых углей пласта «Мощного» Канско-Ачинского бассейна

Уровень опасности самовозгорания углей	Мощность, м	Глубина залегания, м	Строение (число угольных пачек)	Угол наклона, град	Степень тектонической нарушенности, км/км ²	Карстовая нарушенность, d_f	Влажность, W_h , %	Зольность, A_d , %	Метанодность, м ³ /т	Сернистость, S_f , %	Выход летучих веществ V_{lat} , %	Содержание микрокомпонентов группы фюзинита, F , %	
												инертинита, I_t , %	фюзинита, F , %
Низкий	<3,0	>40,0	0	—	<2	—	<5,0	>20,0	—	<1,5	>30,0	>70,0	<5,0
Средний	3,0–15,0	20,0–40,0	1–2	—	2–4	—	10,0–20,0	10,0–20,0	—	1,5–2,5	8,0–30,0	50,0–70,0	5,0–15,0
Высокий	>15,0	<20,0	Более 3	—	>4	—	5,0–10,0	<10,0	—	>2,5	<8,0	<50,0	>15,0

Таблица 2

Параметры угольных пластов и качества углей пластов Мощный Тайнинского участка Канско-Ачинского бассейна

Разрез	Наименование пласта	Мощность угольного пласта, м	Глубина залегания угольного пласта, м	Строение угольного пласта (число угольных пачек)	Вмещающие породы (породы кровли)	Угол наклона, град.	Тектоническая нарушенность*, км/км ²	Показатель карстонарушенности, d_f^{**}	Влажность, W_h , %	Зольность, A_d , %	Сера общая, S_t , %	Выход летучих веществ, V_{lat} , %	Микрокомпоненты	
													группы витринита, V_t , %	группы инертинита, I , %
Тайнинский участок	Мощный	2,2–20,0 14,0	3,8–46,8 22,9	2–4	Песчано-алевроитовые породы, аргиллиты	—	0,0–8,9 0,70	—	31,3–37,7 32,7	5,2–11,8 8,1	0,2–0,9 0,5	44,1–46,1 45,1	85–99 95–96	0,0–14,0 4,0

Примечания. *Тектоническая нарушенность оценивалась определением степени тектонической нарушенности — отношения суммарной длины (протяженности) тектонических нарушений к общей площади месторождения или шахтного поля, измеряемого в км/км². **Карстонарушенность оценивалась определением показателя *карстонарушенности* d_f — отношения суммарной площади карстонарушенных участков к общей площади месторождения или шахтного поля (Ю.А. Севостьянов, 1970). ***над чертой — максимальное и минимальное, под чертой — среднее значения.

Таблица 3

Таблица рангов самовозгорания углей угольного пласта «Мощного» Тайнинского участка Канского месторождения (КАТЭК)

Веса	6	5	4	6	6	6	6	4	5	6	5	4	5	4	5	Уровень опасности самовозгорания углей
высокий	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
средний	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
низкий	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
нижняя граница	2	20	2	20	2	2	0,01	25	5	1,5	8	50	15	25	15	15
верхняя граница	3	60	3	30	4	4	0,03	35	8	2,5	30	70	25	70	25	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_f^{**}	Влажность, W_h , %	Зольность, A_d , %	Метан, CH_4 , %	Сера, S_t^d , %	Выход летучих веществ, V_{lat} , %	Витринит, V_t , %	Инертинит, I , %			
757	20,0	31,0	3	0,0	7,5	0,0	6,0	7,9	0,0	0,8	47,1	95	3	Высокий	3	3
758	12,6	25,4	1	0,0	8,9	0,0	8,0	9,0	0,0	0,4	46,5	81	11	Высокий	11	11
759	13,3	18,6	1	0,0	6,4	0,0	5,0	7,7	0,0	0,8	46,3	88	7	Высокий	7	7
764	8,0	15,4	0	0,0	8,6	0,0	5,3	10,5	0,0	0,4	44,3	88	7	Высокий	7	7
766	18,4	23,8	2	0,0	0,0	0,0	13,4	6,7	0,0	0,3	44,0	92	3	Средний	3	3
767	18,2	24,8	2	0,0	0,0	0,0	13,1	6,8	0,0	0,7	46,1	95	5	Средний	5	5
772	16,2	31,4	1	0,0	0,0	0,0	13,2	7,1	0,0	1,0	46,0	92	6	Средний	6	6
773	16,4	25,4	1	0,0	0,0	0,0	8,0	8,7	0,0	0,3	45,4	84	9	Средний	9	9
774	17,4	17,6	1	0,0	0,0	0,0	8,0	10,2	0,0	0,9	45,0	96	4	Высокий	4	4
775	17,6	37,7	1	0,0	0,0	0,0	10,2	8,6	0,0	0,1	44,9	99	0	Средний	0	0

всего пласта — от 8,1 (скв. 760) до 37,0 м (скв. 813). Особенно повышается опасность самовозгорания тайнинских углей вблизи дизъюнктивных нарушений: степень тектонической нарушенности d_j здесь достигает 8,6 (скв. 764) — 8,9 (скв. 758) км/км². Повышенное содержание инертинита отмечено во всех скважинах с высокой степенью опасности самовозгорания углей, наибольшие значения — в скв. 708 и 828 — 10,0 %, 758 — 11,0 %. По другим параметрам (строение угольного пласта, влажность, содержание общей серы и др.) тайнинские угли относятся к среднему и низкому уровням опасности.

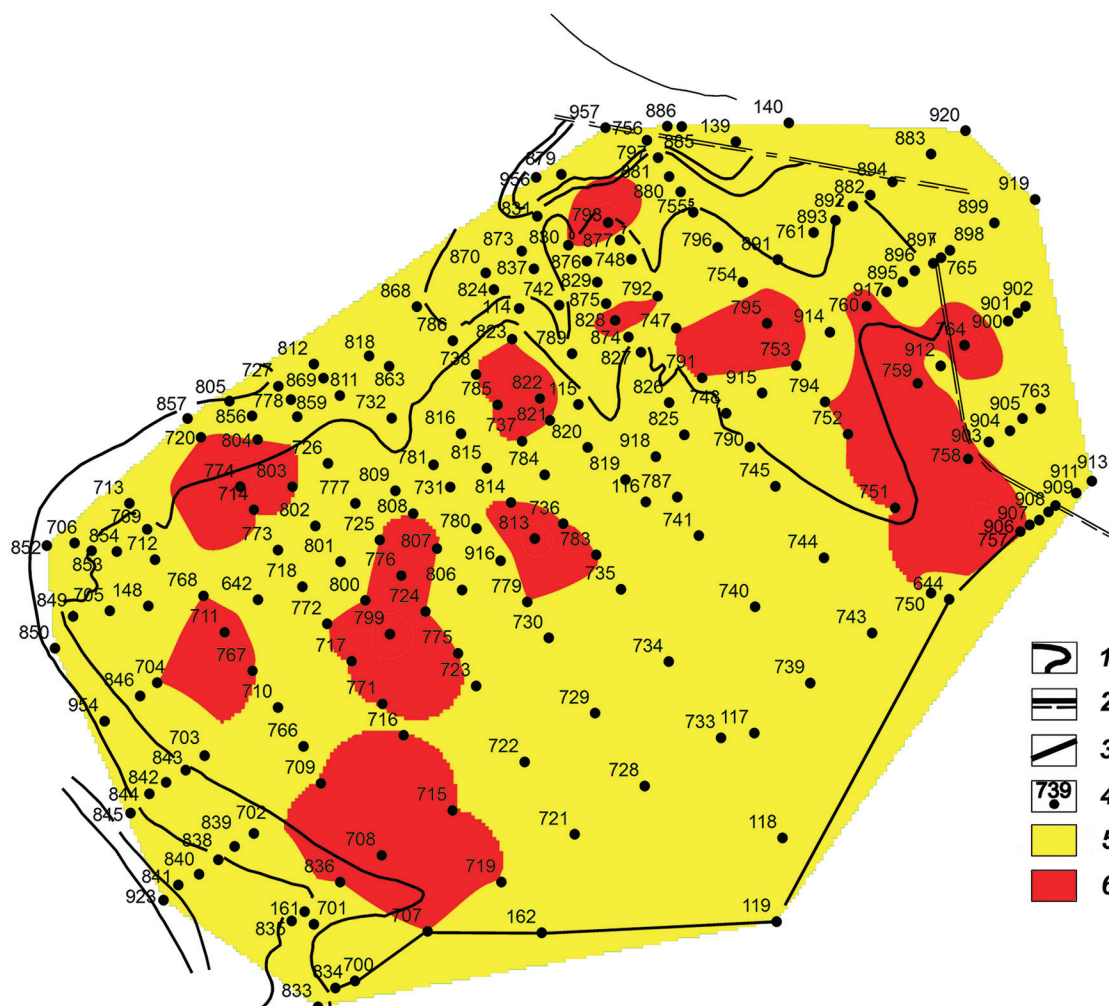
Переход от исходных данных угольного пласта «Мощный», полученных в результате геолого-разведочных работ, к ранговой шкале показан в табл. 3.

Данные о степени опасности самовозгорания углей в каждой точке наблюдений (скважине), полученные в результате проведённых расчётов, были использованы при построении карт прогноза самовозгорания углей исследуемых объектов (рисунок). С этой целью была применена программа ArcMap

10.2 из семейства геоинформационных программ ArcGIS. 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 [1].

Анализ карты прогноза самовозгорания углей пласта «Мощного» Тайнинского участка показал, что преобладающее распространение имеют угли средней степени опасности самовозгорания (85 %). Опасные по степени опасности угли представляют собой 10 изолированных участков разной величины (15 %), преимущественно в западной и восточной частях участка.

Таким образом, было показано, что на стадии геолого-разведочных работ предоставляется возможным осуществить прогноз самовозгораемости углей: определить степень опасности самовозгорания углей, используя метод многомерной классификации по эталонным точкам, и на его основе показать пространственное распределение разных по



Карта прогноза самовозгорания углей угольного пласта «Мощный» Тайнинского участка Канско-Ачинского бассейна:
1 — выходы угольных пластов под четвертичные отложения; 2 — разрывные нарушения; 3 — граница подсчёта запасов пласта «Мощного»; 4 — разведочная скважина и её номер; 5, 6 — степень опасности самовозгорания углей:
5 — средняя; 6 — высокая

степени опасности самовозгорания углей в границах шахтного поля или месторождения путём при-

менения геоинформационных программных продуктов, например, семейства ArcGIS.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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.
2. Быкадоров В.С., Гаврилин К.В., Озерский А.Ю. Канско-Ачинский угольный бассейн // Угольная база России. Т. III. М.: ООО «Геоинформ-центр», 2002. С. 32–173.
3. Рубанов Н.И., Кавицкий С.Л. Результаты детальной разведки Тайнинского участка Канского бурого угольного месторождения для местных топливных нужд. Абакан: КГУ (Красноярскгеология), ТКЗ № 445, 1994. 641 с.
4. Смирнова О.С., Голынская Ф.А. Статистические методы в прогнозировании самовозгорания углей // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2016. № 1. С. 281–288.
5. Liu Lang, Zhou Fu-bao. A comprehensive hazard evaluation system for spontaneous combustion of coal in underground mining // International Journal of Coal Geology 2010. N 82. P. 27–36.

REFERENCES

1. Golynskaya F.A., Smirnova O.S., Nikonov R.A. Application of method of multidimensional classification reference points for determining the degree of smoochiest coals on the example of the Raspadskaya mine in the Kuzbass region. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Geologiya i razvedka* — [Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration], 2015, no. 4, pp. 15–21. (In Russian).
2. Bykadorov V.S., Gavrilin K.V., Ozerskaya A.Yu. Kansk-Achinsk coal. *Coal base of Russia. Vol. III*. M., LLC «Geoinform-center» Publ., 2002, pp. 32–173. (In Russian).
3. Rubanov N.I., Kavitsky S.L. *The Results of detailed exploration Tirenkogo plot Kan lignite Deposit for local fuelwood needs*. Abakan: Krasnoyarsk region, KSU (Krasnoyarskgeologiya), TKZ Publ., 1994, no. 445, 641 p. (In Russian).
4. Smirnova O.S., Golynskaya F.A. Statistical methods in prediction of coal spontaneous combustion. *Mining Informational and Analytical Bulletin*, 2016, no. 1, pp. 281–288 (In Russian).
5. Liu Lang, Zhou Fu-bao A comprehensive hazard evaluation system for spontaneous combustion of coal in underground mining. *International Journal of Coal Geology*, 2010, no 82, pp. 27–36. (In Russian).

УДК 553.4 (571.55)

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В РУДАХ НЕКОТОРЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

Б.Н. АБРАМОВ

ФБГУН «Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН»
16 а, Недорезова ул., г. Чита 672014, Забайкальский край, Россия
e-mail: b_abramov@mail.ru

Распределение редкоземельных элементов в рудах месторождений золота Восточного Забайкалья показало, что рудоносные магматические очаги залегали на разных глубинах. Наибольшей степенью дифференциации характеризовались рудоносные флюиды (Eu/Eu* 0,29–0,32; Rb/Sr 0,98–1,40), являющиеся источниками золотокварц-арсенопиритовых руд, в меньшей степени золотосульфидно-кварцевых руд (Eu/Eu* 0,53–0,72; Rb/Sr 0,10–0,54). Рудоносные флюиды, являющиеся источниками золотокварц-арсенопиритовых руд (Eu/Sm 0,08–0,14), функционировали на меньших глубинах, чем золотокварцевых и золотосульфидно-кварцевых руд (Eu/Sm 0,11–0,19). Образование золотокварц-арсенопиритовых руд происходило из рудоносных флюидов, в значительной степени обогащенных летучими компонентами, на что указывает наличие значимых тетрад-эффектов в распределении лантаноидов (T_{1-4} 0,80; 1,15; 1,16).

Ключевые слова: распределение лантаноидов; золоторудные месторождения; рудоносные флюиды; золотокварц-арсенопиритовые руды.

DOI:10.32454/0016-7762-2018-5-48-58