

Пирогенез угленосных отложений терриконов Кузнецкого бассейна*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-S12-60-66>

АКУЛОВА В.В.

Канд. геол.-мин. наук,
старший научный сотрудник ФГБУН
«Институт земной коры СО РАН»,
664033, г. Иркутск, Россия,
e-mail: akulova@crust.irk.ru

ПРОКОПЬЕВ Е.С.

Ведущий инженер отдела
комплексного использования
минерального сырья ФГБУН
«Институт земной коры СО РАН»,
664033, г. Иркутск, Россия,
e-mail: prokopyeves@mail.ru

АЛЕКСЕЕВА О.Л.

Ведущий инженер отдела
комплексного использования
минерального сырья ФГБУН
«Институт земной коры СО РАН»,
664033, г. Иркутск, Россия,
e-mail: RSSm38@yandex.ru

В статье приведены результаты исследования процессов горения техногенно-переотложенных угленосных отложений на юге Кузнецкого бассейна (Осинниковское месторождение каменных углей). На основе литолого-геохимических данных пирогенно измененных угленосных отложений терриконов выявлено несколько закономерностей. Горение террикона представляет собой медленно развивающийся поступательный процесс, который определяет формирование трех зон: красноцветных горелых пород; активного горения (пирогенеза) и черноцветных продуктов пиролиза. Терриколиты – особый новообразованный продукт, сформированный в процессе пирогенеза угленосных отложений в приповерхностной части террикона, в котором содержание кремнезема достигает 95%.

Ключевые слова: угленосные отложения, террикон, Кузнецкий бассейн, пирогенез, терриколиты.

Для цитирования: Акулова В.В., Прокопьев Е.С., Алексеева О.Л. Пирогенез угленосных отложений терриконов Кузнецкого бассейна // Уголь. 2022. № S12. С. 60-66. DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-S12-60-66>.

ВВЕДЕНИЕ

Добыча каменного угля на многих угольных месторождениях мира сопровождается формированием техногенно-переотложенных угленосных пород в виде отвалов или терриконов. Примером могут служить Карагандинский, Донецкий, Кузнецкий, Иркутский, Иллинойский, Рурский и многие другие угольные бассейны. Десятки терриконов, возникшие на их площадях, нанесли и до сих пор продолжают наносить значительный вред экологии, загрязняя окружающую среду (атмосфера, литосфера и гидросфера) опасными продуктами, формирующимися в процессе эпигенеза угленосных отложений. Пиролиз и следующий

* Исследование проведено при финансовой поддержке комплексной научно-технической программы «Разработка и внедрение Комплекса технологий в области разведки и добычи твердых 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 мая 2022 г., № 1144-р, г. Москва.

за ним пирогенез полностью преобразуют угленосную массу терриконов, создавая новые типы пород и соединений как неорганической, так и органической природы.

Как управлять эпигенетическими процессами, протекающими в техногенно-переотложенных угленосных породах, и каким образом поставить их на службу человечеству? Это один из важнейших вопросов современной геологии. Разрабатываемые вопросы сложны, но их решение имеет основополагающее значение для познания закономерностей эпигенетических процессов. Основные достижения в этой области изложены в монографии, написанной совместно с американскими и китайскими исследователями и опубликованной в Нью-Йорке под редакцией известного специалиста в области горения угля К.Т. Грейса [1].

В настоящее время во многих развитых странах мира активно ведутся разработки технологии новых видов промышленного пиролиза, являющихся эффективным методом термохимической переработки органических соединений как природного происхождения, так и результатов человеческой деятельности (отходы угольной и лесоперерабатывающей промышленности, твердые бытовые отходы и т.д.). Исследования в этом направлении имеют большое практическое (горелые породы используются для отсыпки дорог, в цементной промышленности и т.д.) и экологическое значение (самовозгорание горных отвалов, взрывы на терриконах и т.д.) [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8].

Важно отметить, что с геологической точки зрения процессы пиролиза и пирогенеза исследованы довольно слабо. Отсутствие геологических знаний о закономерностях эпигенеза техногенных отложений не позволяет пока создать экономически выгодных пиролизных установок даже в лабораторных условиях. Все действующие в настоящее время промышленные установки по пиролизу углеродосодержащих полезных ископаемых (уголь, торф и т.д.) являются эндотермическими и без принудительного нагревания не работают. Пиролиз, происходящий в терриконах, обусловлен экзотермическими биохимическими реакциями, протекающими в их глубинах. Вероятно, они контролируют начальную стадию природного пиролиза, пока не происходит самовозгорание продуктов пиролиза. В последние годы многие исследователи посвятили свои работы их изучению и открыли совершенно новую страницу в познании минералогии техногенеза и пирометаморфизма [9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16].

Тем не менее изучение продуктов, возникших в процессе природного пирогенеза, до сих пор остается слабым звеном в познании эпигенетических изменений, происходящих в угленосных отложениях терриконов. Сведения о них имеют большое значение для понимания природы горения горных пород, в том числе и для прогнозной оценки степени экологической опасности терриконов для окружающей среды и населения угледобывающих регионов. Цель настоящей работы – изучить основные продукты пирогенеза угленосных отложений терриконов и выявить особенности их состава и строения.



Рис. 1. Схема района исследований

Fig. 1. A schematic map of the surveyed area

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследований явились техногенно-переотложенные угленосные отложения терриконов Кузнецкого бассейна (рис. 1). Это гетерофазные образования, состоящие из компонентов различной физико-химической природы. Они представлены пирогенными брекчиями и лавами (паралавами), шлаками, шлакозолами и различными силицитами (порцеланитами, яшмоидами) [17, 18].

Изучение процессов пирогенеза угленосных отложений проводилось как в полевых, так и в лабораторных условиях. В полевых условиях удалось собрать обширную коллекцию образцов техногенно-переотложенных угленосных отложений (около 150 штук).

Определение трудно диагностируемых минералов проводилось на дифрактометре ДРОН-3.0 методом съемки в порошковых препаратах. Экспериментальные условия съемки: Ni – фильтр, CuKa – излучение, напряжение – 25 кВ и сила тока – 20 мА. Изучение петрографического состава горелых пород выполнено на микроскопе «Olympus DP-12».

Определение химического (Fe_2O_3 общее, Al_2O_3 , MgO , CaO , SiO_2 , MnO , TiO_2 , Na_2O , K_2O , P_2O_5 , Собщая и микроэлементного (F, Cl, Sc, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Ba, La, Ce, Nd, Pb) состава техногенно-переотложенных угленосных отложений выполнено методом рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) [19].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Горение терриконов или пирогенез техногенно-переотложенных угленосных пород отчетливо делится на два типа: открытый (поверхностный, рис. 2) и скрытый (внутритерриконный, рис. 3). В данной статье подробнее остановимся на скрытом типе пирогенеза.



Рис. 2. Открытый тип пирогенеза на терриконе (а), который способствует пирометаморфизму обломков пород и превращению их в спекшиеся красноцветные пирогенные (керамические) образования (б)

Fig. 2. The open type of pyrogenesis in the waste pile (a), which contributes to pyrometamorphism of the rock fragments and their transformation into sintered red-colored pyrogenic (ceramic) formations (b)

В августе 2010 г. при тушении с помощью воды скрытно горящего террикона, расположенного вблизи одной из школ в г. Осинники, произошел взрыв, в результате которого погибли трое рабочих. Было принято решение разобрать террикон с помощью экскаватора и вывезти отвальную массу на самосвалах за пределы города.

Наше присутствие при разборе террикона позволило детально исследовать строение скрытно горящего террикона и выявить особенности формирования продуктов пиролиза и пирогенеза. В разрезе террикона зафиксированы три зоны (снизу вверх) (см. рис. 3).

Первая зона, находящаяся в основании разреза, представлена красноцветными продуктами пирогенеза. Ее мощность – 14,5 м, а видимая протяженность – около 50 м. Она состоит из пирогенных брекчий с размером сцементированных обломков от 1 до 0,1 м и мелкообломочных пирогенных брекчий, величина обломков которых не превышает 0,1 м. Пирогенные брекчии – это совместный продукт горения, неполного плавления и спекания горелых обломков осадочных пород. В спекших-

ся, термально измененных обломочных породах в качестве спая выступают расплавленные парабазальты, пирогенное стекло (оксиды кремния) и кальцит. В составе кирпично-красного обломка пирогенной брекчии рентгенометрическим методом выявлены: опал, кварц (возможно, кремень), муллит, α -тридимит, α -кristобалит и гематит. Согласно результатам РФА его химический состав следующий (%): Собщая – 3,99; SiO_2 – 58,75; Al_2O_3 – 15,38; Fe_2O_3 _{зобщее} – 5,48; MgO – 3,58; K_2O – 0,95; TiO_2 – 0,26; CaO – 6,7; N_2O – 0,18; P_2O_5 – 0,03; MnO – 0,03. Наряду с этим он содержит (ppm): Ba (300), F (300), Ce (79), Cu (74), Zn (60), Nd (51), La (48), Pb (34), Ga (27), Cr (24), Ni (15), As (11) и V (5).

Вторая зона – зона горения. Она охватывает часть пространства террикона, в которой протекают процессы термического разложения и испарения горючих углеродосодержащих веществ и пустых пород. Это целый комплекс гетерогенно горящих слоев, ранее обогащенных продуктами пиролиза. Границей зоны горения является раскаленная поверхность всей горящей совокупности слоев. При дневном освещении в летнее время горение пород в разрезе террикона определяется лишь по едва заметному выделению угарных и удушливых газов, а также по сухому трудно переносимому жару, идущему от раскаленных горящих слоев и остывающей прогоревшей красноцветной массы. В ночное время – это красивое голубовато-синее свечение, которое в виде протяженных огненных лент полностью повторяло траекторию горящих слоев разреза. Их количество со временем горения террикона изменялось от двух до четырех. В основном мы видели четыре параллельные огненные ленты протяженностью до 50 м. Горящие «ленты» располагались на расстоянии 0,3-0,4 м одна от другой, а их ширина достигала 0,1 м. Горение напоминало тление раскаленных углей в прогорающем костре. Оно сопровождалось постоянным шипящим шумом, резким потрескиванием и приглушенными выстрелами, идущими из глубины горящих слоев. Иногда весь разрез озарялся яркой вспышкой, при этом раздавался резкий хлопок, и вверх поднимался густой дым. Средняя мощность горящей зоны составляла около 1,6 м. Местами она резко увеличивалась книзу, образуя провалообразное расширение до 3 м и протяженностью до 7 м.

По данным РФА, состав пробы из выгорающего слоя следующий (%): SiO_2 (71,53), Al_2O_3 (15,75), K_2O (1,04), CaO (2,53), MgO (2,6), Na_2O (0,17), Fe_2O_3 _{общее} (5,04); MnO (0,03), TiO_2 (0,23), P_2O_5 (0,037); $S_{\text{общая}}$ (0,15). Содержание редких элементов (ppm) составило: F (300), Ba (190), Co (6), Cr (23), Pb (4), La (50), As (3), V(3), Ce (83), Nd (49), Ni (12), Zn (43), Cu (13) и Sc (4).

Третья зона охватывала почти всю кровлю террикона и сложена черноцветным комплексом пиролизно измененных пород. Мощность зоны – около 2 м. Это зона интенсивного приповерхностного пиролиза. Почти вся раскаленная газовая компонента, шедшая от горящих слоев вверх, последовательно концентрировалась в ней, вызывая различные метасоматические превращения. Избытки перегретых газов по трещинам

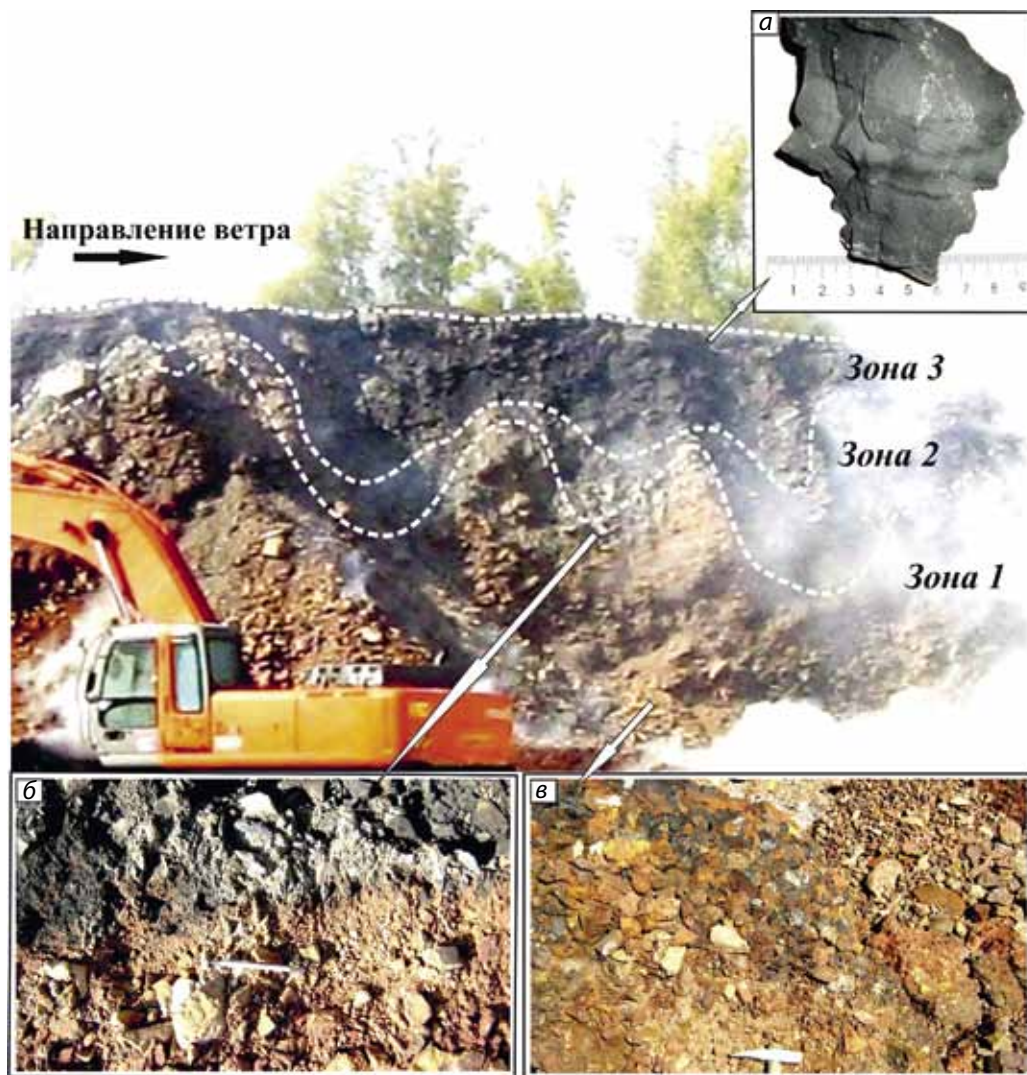


Рис. 3. Зональность скрытого типа пироге́неза в разрезе террикона. В основании разреза расположена первая зона, которая сложена красноцветными пирогенными породами, прошедшими термальную обработку (фрагмент в), вторая зона – зона горения (фрагмент б – контакт между первой и второй зонами), третья зона представлена черноцветным, термально прогретым (пиролизным) комплексом пород (фрагмент а)

Fig. 3. Zonal distribution of the hidden type of pyrogenesis within the cross section of the waste pile. At the base of the cross section is the first zone, which is made up of red-colored, thermally treated pyrogenic rocks (fragment в), the second zone is the combustion zone (fragment б is the contact zone between the first and second zones), and the third zone is represented by the black-colored, thermally heated (pyrolysis) rock complex (fragment а)

и порам поднимались к кровле террикона. Об этом свидетельствовали интенсивно дымящиеся вновь образованные фумаролы. Обогащенные продуктами пиролиза слои террикона вскоре возгорались, и появлялась новая огненная «лента», а нижележащая раскаленная и оплавленная породная масса вновь получала тепловую энергию. Данная зона служит основой для развития процессов открытого пироге́неза.

Согласно РФА, химический состав пород из этой зоны представлен (%): С (20,66), $S_{\text{общая}}$ (3,51), SiO_2 (51,87), Al_2O_3 (18,15), K_2O (0,63), CaO (0,68), MgO (1,05), Na_2O (0,03), $Fe_2O_{3\text{общее}}$ (1,96), MnO (0,01), TiO_2 (0,39), P_2O_5 (0,031). Они со-

держат большое количество F (3000 ppm), Ba (140 ppm), Ce (122 ppm), La (76 ppm), Nd (64 ppm), V (47 ppm), Cr (39 ppm), Pb (35 ppm), Ni (23 ppm), Zn (21 ppm). Рентгенометрические определения этой же пробы, выполненные на дифрактометре, показали, что она состоит из кварца и рентгеноаморфной фазы с примесью муллита, силлиманита, калиевого полевого шпата и неопределенной фазы. Следует подчеркнуть, что горение различных терриконов с вышеописанной зональностью обычно завершается формированием только нижней части третьей зоны, которая всегда приурочена к их поверхности. Так, на давно прогоревшей юго-западной окраине террико-

на мощность третьей зоны изменяется от 0,05 до 0,4 м. У его подножия ее мощность значительно возрастает (до 2,5 м). Это связано с активностью последовавших после горения террикона экзогенных процессов.

Сравнительный анализ химического и микроэлементного состава пирогенетических новообразований выделенных зон позволяет охарактеризовать их особенности. Так, породы первой зоны отличаются максимальным содержанием CaO , Fe_2O_3 (общ.), $S_{\text{общая}}$ и MgO , средним – SiO_2 и минимальным – Al_2O_3 и C ; второй – максимальным количеством SiO_2 , средним – Al_2O_3 , Fe_2O_3 общее, MgO , CaO и минимальным – C и $S_{\text{общая}}$; третьей – максимальным содержанием C и Al_2O_3 , средним – $S_{\text{общая}}$ и минимальным – SiO_2 , Fe_2O_3 общее, MgO и CaO .

Оценивая микроэлементный состав исследуемых пирогенетических новообразований, выявлено: среди токсичных компонентов (V , Cr , Co , Ni , Cu , Zn , Pb , As и F) в первой зоне по содержанию преобладают мышьяк, свинец и медь, во второй – только мышьяк, а в третьей – фтор и свинец; из числа других микроэлементов ведущее место занимают барий и церий (300–100 ppm), неодим и лантан (48–76 ppm); породы первой зоны характеризуются максимальным содержанием бария, средним – неодима и минимальным – церия, породы второй зоны – средним количеством – бария и церия, породы третьей зоны отличаются максимальным содержанием церия, неодима, лантана и минимальным – бария [20].

В приповерхностной части терриконов скрытый тип пирогенеза переходит в открытый, который характеризуется резкой сменой термобарического состояния среды горения. В результате формируется особый тип породных новообразований – сероцветные чешуйчатые и листоватые, подобные природной керамической плитке (рис. 4). Мы называем их терриколитами. Рентгенофлуоресцентным методом анализа установлено, что терриколитами состоят из (%): SiO_2 (94,77), Al_2O_3 (0,8), K_2O (0,03), CaO (0,09), MgO (0,01), Na_2O (0,03), Fe_2O_3 общее (0,03); MnO (0,01), TiO_2 (0,01), P_2O_5 (0,01); $S_{\text{общая}}$ (0,05). Среди микроэлементов обнаружены (ppm): Ba (16), Cu (9), Ni (5) и Cr (8).

Согласно рентгенометрическим определениям терриколитами представлены кварцем с примесью гипса, кальцита, ларнита или муллита. Иногда в их состав входит рентгеноаморфное вещество, представленное углеродосодержащими соединениями. В тех местах, где количество углеродосодержащего вещества повышено, листоватые новообразования терриколитами имеют черный цвет. В то же время в наиболее термально прокаленной нижней части пиролизной зоны они обладают серовато-розовым цветом.

В завершение статьи важно подчеркнуть, что процесс природного пирогенеза всегда сопровождается жестким пиролизом – одной из разновидностей эпигенеза осадочных пород, в результате которого происходят процессы сублимации и формируются новые типы минеральных агрегатов и пород.

Скрытый тип горения терриконов, в отличие от открытого, более опасен, так как вода, попадая в раскаленный

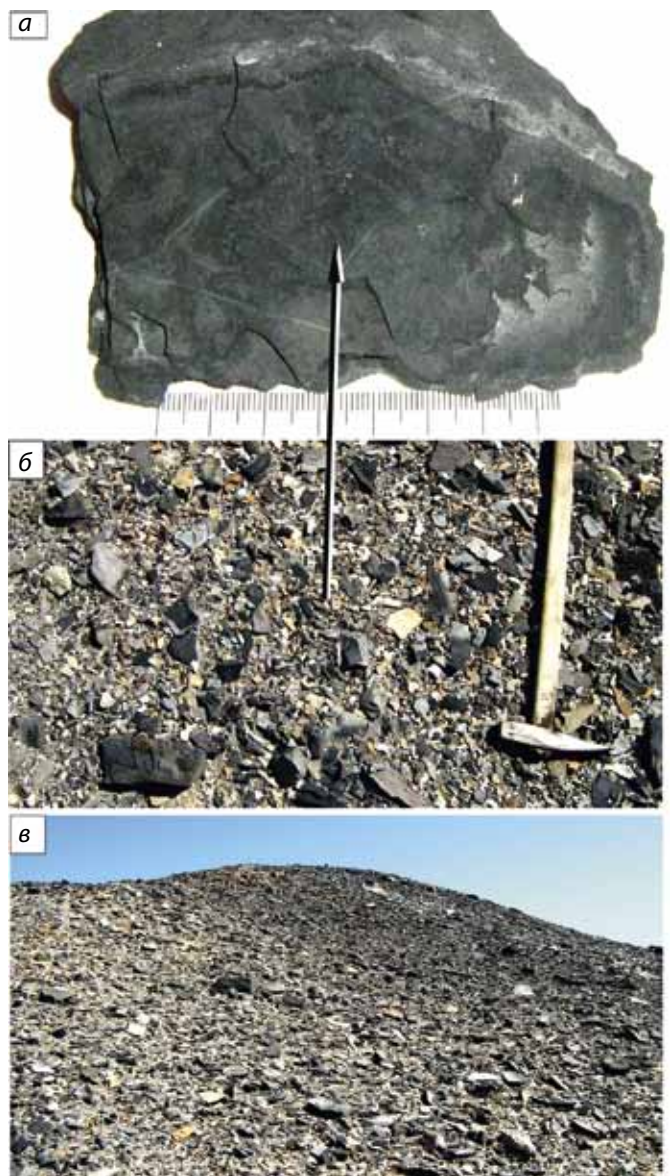


Рис. 4. Терриколитами (а) – продукты скрытого типа пирогенеза, представлены рыхлыми черно-серыми пластинчатыми обломками (б), которые покрывают поверхность терриконов (в)

Fig. 4. Terricolites (a), i.e. products of the latent type of pyrogenesis, represented by loose black-gray lamellar debris (b), which cover the surface of the waste piles (в)

очаг, разлагается на водород и кислород. Воспламенение скоплений водорода приводит к взрыву. При открытом горении террикона метеорные воды, попадая в очаг горения, испаряются в атмосферу.

Основное направление дальнейших исследований – разработка и построение литолого-геохимической модели эпигенеза техногенно-переотложенных пород с целью познания процессов, вызывающих горение угольных отвалов. Решение проблемы предусматривает анализ многофакторных изменений (физических, химических, механических, биологических, пиролизных и пирогенных) осадочных комплексов отвалов горных пород.

ВЫВОДЫ

Пирогенез техногенно-переотложенных пород терриконов характерен только для терригенных пород, прошедших процесс пиролиза, и делится на два типа: открытый (поверхностный) и скрытный (внутритерриконный).

Скрытный пирогенез пород в терриконах – это медленно развивающийся поступательный процесс, который определяет формирование трех зон: 1 – красноцветных горелых пород; 2 – активного горения (пирогенеза); 3 – черноцветных продуктов жесткого пиролиза.

Пирогенные новообразования выделенных зон существенно отличаются по химическому и микроэлементному составу. Породы первой зоны обогащены оксидами кремния, кальция, железа и магния, а также серой, второй зоны – оксидом кремния, третьей зоны – оксидом кремния и алюминия, а также углеродом. Среди токсичных компонентов в новообразованиях первой зоны преобладают мышьяк, свинец и медь, во второй – только мышьяк, а в третьей – фтор и свинец.

Терриколиты представляют собой особый новообразованный продукт, сформированный в процессе пирогенеза в приповерхностной части террикона, в котором содержание кремнезема достигает 95%.

Рентгенометрические и химические анализы выполнены с использованием оборудования и инфраструктуры Центра коллективного пользования «Геодинамика и геохронология» Института земной коры Сибирского отделения Российской академии наук. Авторы статьи выражают благодарность ведущим инженерам З.Ф. Ущуповской и Е.В. Худоноговой за рентгеноструктурные и рентгенофлуоресцентные исследования пирогенетических новообразований.

Список литературы

- Grace C.T. Coal Combustion Research. New York: Nova Science Pub. Inc, 2010. 256 p.
- Меркулов В.А. Охрана природы на угольных шахтах. М.: Недра, 1981. 184 с.
- Зборщик М.П., Осокин В.В. Горение пород угольных месторождений и их тушение. Донецк: Изд-во ДонНТУ, 2000. 180 с.
- Зборщик М.П., Осокин В.В. Вещества новообразования в углях и углестоглинистых породах, предопределяющие опасные и вредные проявления в них / Эпигенетические изменения водовмещающих пород под действием техногенных факторов. Донецк: Изд-во ДонНТУ, 2004. С. 8-11.
- Чесноков Б.В. Фундаментальные характеристики минерализации горелых отвалов Челябинского угольного бассейна / Минералогия техногенеза – 2001. Миасс: Изд-во УрО РАН, 2001. С. 9-15.
- Парабазальты из горелых отвалов Челябинского угольного бассейна – аналоги лунных низкомагнезиальных базальтов: парадокс или реальность? / Э.В. Сокол, А.Э. Френкель, В.В. Шарыгин и др. // Уральский геологический журнал. 2000. № 6. С. 165-168.
- Пирогенный метаморфизм / Э.В. Сокол, Н.В. Максимова, Е.Н. Нигматулина и др. Новосибирск: Изд. СО РАН, 2005. 284 с.
- Акулова В.В., Худоногова Е.В. Терриконы как объект исследования современных эпигенетических изменений техногенных отложений / Геология, поиск и разведка ископаемых и методы геологических исследований. 2010. С. 109-111.
- CFD simulations of the effect of wind on the spontaneous heating of coal stockpiles / B. Taraba, Z. Michalec, V. Michalcova et al. // Fuel. 2014. No 118. P. 107-112. URL: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2013.10.064> (дата обращения: 15.11.2022).
- Genc B., Cook A. Spontaneous combustion risk in South African coalfields // Journal of the Southern African Institute of mining and metallurgy. 2015. Vol. 115. No 7. P. 563-568.
- Onifade M. & Genc B. Comparative analysis of coal and coal-shale intrinsic factors affecting spontaneous combustion // Int. J. Coal Sci. Technol. 2018. Vol. 5. No 3. P. 282-294. URL: <https://doi.org/10.1007/s40789-018-0222-5> (дата обращения: 15.11.2022).
- Application of unmanned aerial vehicle (UAV) thermal infrared remote sensing to identify coal fires in the Huojitu coal mine in Shenmu city, China / X. He, X. Yang, Z. Luo et al. // Scientific reports. 2020. 10. P. 13895.
- The Method of Combating Coal Spontaneous Combustion Hazard in Goafs – A Case Study / D. Szurgacz, M. Tutak, J. Brodny et al. // Energies. 2020. No 13. P. 4538.
- Underground Coal Fire Detection and Monitoring Based on Landsat-8 and Sentinel-1 Data Sets in Miqan Fire Area, Xin Jiang / J.L. Liu, Y.J. Wang, S.Y. Yan et al. // Remote Sens. 2021. No 13. P. 1141.
- Three-dimensional-imaging thermal surfaces of coal fires based on UAV thermal infrared data / Z. Shao, Y. Li, R. Deng et al. // IJRS. 2021. No 42. P. 672-692.
- Akulov N.I., Akulova V.V., Khudonogova E.V. Pyrogenic metamorphism of the carbonaceous rocks in the south of the Siberian platform. New York: Nova Science Pub. Inc., 2010. P. 219-234.
- Панов Б.С. Техногенные месторождения Донбасса и Украины. Эпигенетические изменения водовмещающих пород под действием техногенных факторов. Донецк: ДонНТУ, 2004. С. 3-7.
- Потапов С.С., Максимович Н.Г. К минералогии горелых отвалов Кизеловского угольного бассейна (Пермский край) / Седьмые Всероссийские научные чтения памяти ильменского минералога В.О. Полякова. Миасс: Изд-во УрО РАН, 2006. С. 56-67.
- Ревенко А.Г., Худоногова Е.В. Рентгенофлуоресцентное определение содержания неосновных и следовых элементов в различных типах горных пород, почв и отложений с использованием спектрометра S4 PIONEER // Украинский химический журнал. 2005. Т. 71. № 9-10. С. 39-45.
- Ковальчук Л.А., Сатонкина О.А., Тарханова А.Э. Тяжелые металлы в окружающей среде Среднего Урала и их влияние на организмы // Экология. 2002. № 5. С. 358-361.

Original Paper

UDC 551.1/4 (571 + 574) © V.V. Akulova, E.S. Prokopiev, O.L. Alekseeva, 2022
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2022, № S12, pp. 60-66
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-S12-60-66>

Title PYROGENESIS OF COAL-BEARING DEPOSITS OF WASTE HEAPS IN THE KUZNETSK BASIN

Authors

Akulova V.V.¹, Prokopiev E.S.¹, Alekseeva O.L.¹

¹ FGBUN "Institute of the Earth's Crust SB RAS", Irkutsk, 664033, Russian Federation

Authors Information

Akulova V.V., PhD (Geol.-min.), Senior Researcher,
 e-mail: akulova@crust.irk.ru

Prokopiev E.S., Lead Engineer of Department of integrated use
 of mineral raw materials, e-mail: prokopyeves@mail.ru

Alekseeva O.L., Lead Engineer of Department of integrated use
 of mineral raw materials, e-mail: RSSm38@yandex.ru

Abstract

The article presents the results of a study of the combustion processes of technogenically redeposited coal-bearing deposits in the south of the Kuznetsk Basin (Osinnikovskoye coal deposit). Based on lithological and geochemical data of pyrogenically altered coal-bearing deposits of waste heaps, several regularities were revealed. Waste heap burning is a slowly developing progressive process that determines the formation of three zones: red-colored burnt rocks; active combustion (pyrogenesis) and black pyrolysis products. Terricolites are a special newly formed product formed during the pyrogenesis of coal-bearing deposits in the near-surface part of the waste heap, in which the silica content reaches 95%.

Keywords

Coal-bearing deposits, Waste heaps, Kuznetsk Basin, Pyrogenesis, Terricolites.

References

1. Christopher T. Grace. Coal Combustion Research. New York: Nova Science Publ. Inc, 2010, 256 p.
2. Merkulov V.A. Conservation of nature in coal mines. Moscow, Nedra Publ., 1981, 184 p. (In Russ.).
3. Zborshchik M.P. & Osokin V.V. Combustion of rocks of coal deposits and their quenching. Donetsk, Izd-vo DonNTU, 2000, 180 p.
4. Zborshchik M.P. & Osokin V.V. Neof ormation substances in coals and coal-clay rocks, predetermining dangerous and harmful manifestations in them. Epigenetic changes in water-bearing rocks under the influence of technogenic factors. Donetsk, Izd-vo DonNTU, 2004, pp. 8-11.
5. Chesnokov B.V. Fundamental characteristics of the mineralization of the burning dumps of the Chelyabinsk coal basin. Mineralogy of technogenesis – 2001. Miass, Izd-vo UrO RAN, 2001, pp. 9-15. (In Russ.).
6. Sokol E.V., Frenkel' A.E., Sharygin V.V., Kuz'min D.V., Nigmatulina E.N. & Lepezin G.G. Parabasalts from the burnt dumps of the Chelyabinsk coal basin – analogues of lunar low-magnesian basalts: paradox or reality? *Ural'skij geologicheskij zhurnal*, 2000, (6), pp. 165-168. (In Russ.).
7. Sokol E.V., Maksimova N.V., Nigmatulina E.N., Sharygin V.V. & Kalugin V.M. Pyrogenic metamorphism. Novosibirsk, Izd. SO RAN, 2005, 284 p. (In Russ.).
8. Akulova V.V. & Khudonogova E.V. Waste heaps as an object of study of modern epigenetic changes in technogenic deposits. Geology, prospecting and exploration of fossils and methods of geological research. Irkutsk, Izd-vo IrGTU, 2010, pp. 109-111.
9. Taraba B., Michalec Z., Michalcova V., Blejchar T., Bojko M., Kozubkova M. CFD simulations of the effect of wind on the spontaneous heating of coal stockpiles. *Fuel*, 2014, (118), pp. 107-112. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2013.10.064> (accessed 15.11.2022).
10. Genc B. & Cook A. Spontaneous combustion risk in South African coal-fields. *Journal of the Southern African Institute of mining and metallurgy*, 2015, 115 (7), pp. 563-568.

11. Onifade M., Genc B. Comparative analysis of coal and coal-shale intrinsic factors affecting spontaneous combustion. *Int. J. Coal Sci. Technol.*, 2018, 5 (3), pp. 282-294. Available at: <https://doi.org/10.1007/s40789-018-0222-5> (accessed 15.11.2022).

12. He X., Yang X., Luo Z. & Guan T. Application of unmanned aerial vehicle (UAV) thermal infrared remote sensing to identify coal fires in the Huojitu coal mine in Shenmu city, China. *Sci. Rep.*, 2020, (10), pp. 13895.

13. Szurgacz D., Tutak M., Brodny J., Sobik L. & Zhironkina O. The Method of Combating Coal Spontaneous Combustion Hazard in Goafs – A Case Study. *Energies*, 2020, (13), pp. 4538.

14. Liu J.L., Wang Y.J., Yan S.Y., Zhao F., Li Y., Dang L.B., Liu X.X., Shao Y.Q. & Peng B. Underground Coal Fire Detection and Monitoring Based on Landsat-8 and Sentinel-1 Data Sets in Miqian Fire Area, Xin Jiang. *Remote Sens.*, 2021, (13), pp. 1141.

15. Shao Z., Li Y., Deng R., Wang D. & Zhong X. Three-dimensional-imaging thermal surfaces of coal fires based on UAV thermal infrared data. *IJRS*, 2021, (42), pp. 672-692.

16. Akulov N.I., Akulova V.V. & Khudonogova E.V. Pyrogenic metamorphism of the carbonaceous rocks in the south of the Siberian platform. Coal Combustion Research, Editors: Christopher T. Grace. New York, Nova Science Pub. Inc., 2010, pp. 219-234.

17. Panov B.S. Technogenic deposits of Donbass and Ukraine. Epigenetic changes in water-bearing rocks under the influence of technogenic factors. Donetsk, Izd-vo DonNTU, 2004, pp. 3-7. (In Russ.).

18. Potapov S.S. & Maksimovich N.G. To the mineralogy of the burnt dumps of the Kizelov coal basin (Perm Territory). Seventh All-Russian scientific readings in memory of the Ilmen mineralogist V.O. Polyakov. Miass, Izd-vo UrO RAN, 2006, pp. 56-67. (In Russ.).

19. Revenko A.G. & Khudonogova E.V. X-ray fluorescence determination of minor and tracer element contents in various types of rocks, soils, and sediments using the S4 PIONEER spectrometer. *Ukr. Him. Zhurn.*, 2008, 71 (9-10), pp. 39-45.

20. Kovalchuk L.A., Satonkina O.A. & Tarkhanova A.E. Heavy metals in the environment of the Middle Urals and their influence on organisms. *Ekologiya*, 2002, (5), pp. 358-361. (In Russ.).

Acknowledgements

The research was carried out with financial support of the 'Development and implementation of complex technologies in the areas of exploration and extraction of minerals, industrial safety, bioremediation, creation of new deep conversion products from coal raw materials while consistently reducing the environmental impact and risks to human life' Integrated Scientific and Technical Programme of the Full Innovation Cycle, approved by Order No. 1144-p of the Government of the Russian Federation as of May 11, 2022.

For citation

Akulova V.V., Prokopiev E.S. & Alekseeva O.L. Pyrogenesis of coal-bearing deposits of waste heaps in the Kuznetsk Basin. *Ugol'*, 2022, (S12), pp. 60-66. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-S12-60-66.

Paper info

Received November 1, 2022

Reviewed November 15, 2022

Accepted November 30, 2022