

ISSN 1999-4125 (Print)

Научная статья

УДК 622.275

DOI: 10.26730/1999-4125-2023-1-95-101

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ, СКЛОННЫХ К САМОВОЗГОРАНИЮ****Анферов Борис Алексеевич,  
Кузнецова Людмила Васильевна**Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения  
Российской академии наук

\*для корреспонденции: b.a.anferov@mail.ru

**Информация о статье**

Поступила:

24 октября 2022 г.

Одобрена после  
рецензирования:

15 декабря 2022 г.

Принята к публикации:

28 февраля 2023 г.

Опубликована:

30 марта 2023 г.

**Ключевые слова:**

добыча угля, эндогенная пожароопасность, вскрытие и подготовка угольных пластов, нисходящий порядок отработки выемочного поля.

**Аннотация.**

**Актуальность работы.** Наиболее распространенным видом аварий в шахтах являются пожары, доля которых составляет более 50% от всех регистрируемых инцидентов (0,083 на 1 млн т добытого угля); эндогенная пожароопасность составляет 0,031. При разработке угольных пластов, склонных к самовозгоранию, допускается вскрытие и подготовку угольного пласта осуществлять пластовыми горными выработками с применением специальных мер, обеспечивающих безопасное ведение горных работ. Правила Безопасности не регламентируют порядок отработки выемочных столбов в выемочной панели отдельного угольного пласта, однако восходящий порядок отработки выемочных столбов обуславливает начало ведения очистных работ только после полной подготовки выемочной панели; при этом верхняя часть панели будет оставаться вскрытой в течение длительного периода времени, достаточного для начала самовозгорания угля.

**Цель работы.** Повышение эффективности и безопасности подземной разработки угольных пластов, склонных к самовозгоранию, за счет рациональной схемы вскрытия и подготовки запасов выемочного поля.

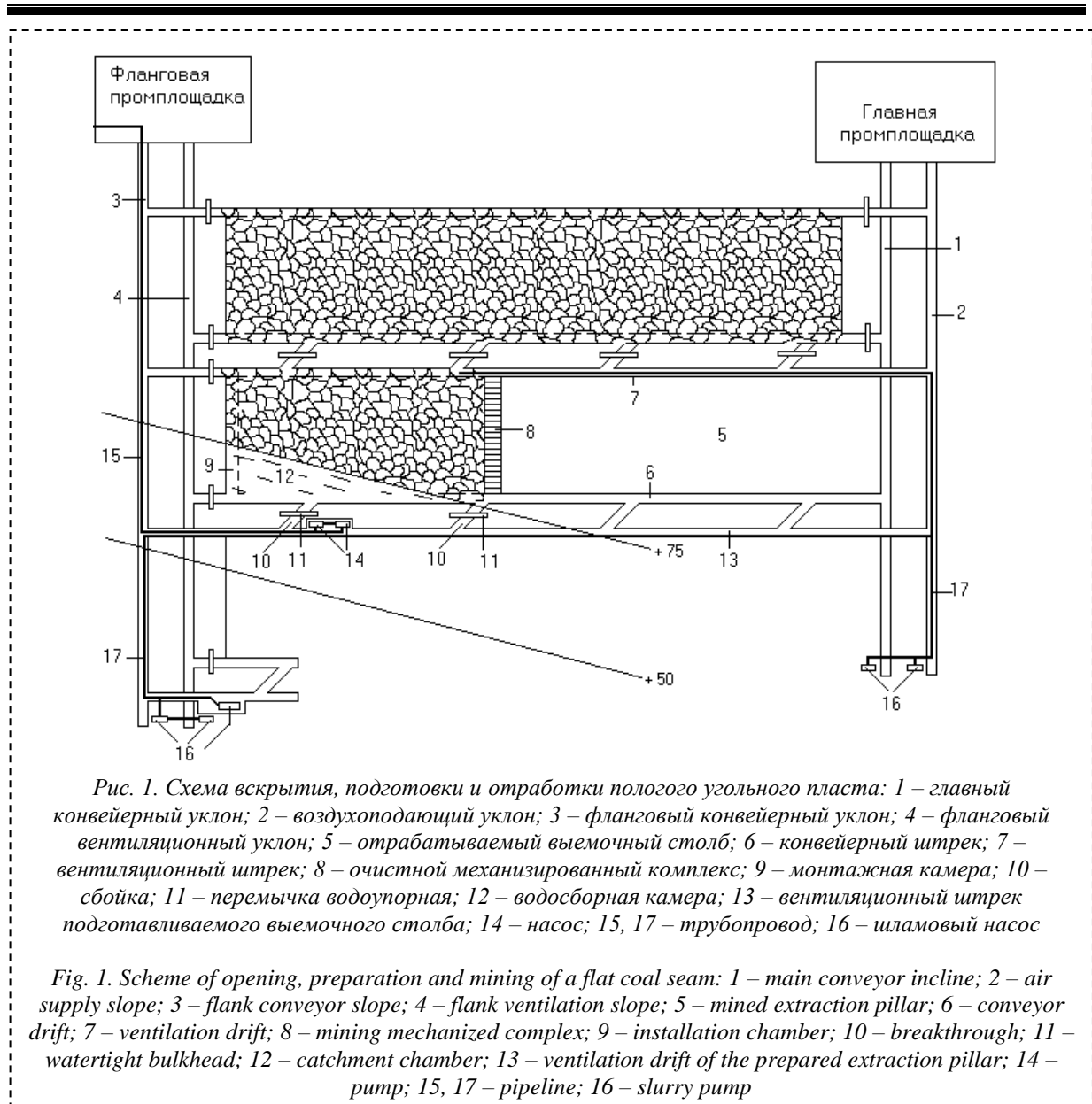
**Методы исследования.** Анализ существующих схем вскрытия и подготовки угольных пластов, склонных к самовозгоранию, и метод аналогии.

**Результаты.** Нисходящий порядок отработки выемочного поля не требует проведения всего объема вскрывающих выработок, что снижает капитальные затраты, приходящиеся на начало очистных работ, кроме того, запасы будут вскрываться по мере необходимости углубления очистных работ, что обеспечит более надежную профилактику возникновения эндогенных пожаров при разработке пластов, склонных к самовозгоранию угля.

**Для цитирования:** Анферов Б.А., Кузнецова Л.В. Технологические схемы подземной разработки угольных пластов, склонных к самовозгоранию // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2023. № 1 (155). С. 95-101. doi: 10.26730/1999-4125-2023-1-95-101

**Введение.**

Склонность к самовозгоранию – одно из важнейших свойств угля, вызывающих эндогенные пожары в угольных пластах в естественных условиях недр Земли, в подземных горных выработках, при длительном хранении больших количеств добытого угля [1-3].



Наиболее распространенным видом аварий в шахтах являются пожары, доля которых составляет более 50% от всех регистрируемых инцидентов (0,083 на 1 млн т добытого угля); эндогенная пожароопасность составляет 0,031 [4, 5].

Категория склонности угольных пластов к самовозгоранию устанавливается по продолжительности инкубационного периода самовозгорания. К категории склонных к самовозгоранию угля относятся пласты с продолжительностью инкубационного периода более 80 суток [6-8].

#### **Методы исследования.**

**Анализ существующих схем вскрытия и подготовки угольных пластов, склонных к самовозгоранию, и метод аналогии.**

При разработке угольных пластов, склонных к самовозгоранию, допускается вскрытие и подготовку угольного пласта осуществлять пластовыми горными выработками с применением специальных мер, обеспечивающих безопасное ведение горных работ [5-8]. Эти меры включают: применение схем проветривания выемочных участков с изолированным отводом метана из выработанного пространства, обработку части выработок герметизирующим инертным материалом, исключающим проникновение воздуха к угольному массиву, оставление целиков угля регламентированных размеров, возведение воздухонепроницаемых изолирующих полос; запрещается оставлять в выработанном пространстве целики и пачки угля, а также отбитый и измельченный уголь [6, 9]. При ведении очистных работ всегда имеют место эксплуатационные

потери, фактически это раздробленный уголь, оставшийся после прохода секций механизированной крепи в выработанном пространстве. При подвигании очистного забоя необходимо применять меры по недопущению самовозгорания угля, оставленного в выработанном пространстве [6, 10].

В Кузбассе в настоящее время на шахтах ОАО «СУЭК-Кузбасс» разрабатываются пологие угольные пласты средней мощности и мощные, склонные к самовозгоранию. Выемочный столб длиной 1000...4500 м подготавливают спаренными или тремя горизонтальными пластовыми выработками, обеспечивая длину очистного забоя 150...350 м. Размеры охранных целиков принимают: у монтажной и демонтажной камер – от 15 до 80 м (Инструкция требует не менее 20 м [6]), между выработками смежных столбов – 15-30 м (не менее 20 [6]); расстояние между сбойками спаренных выработок – 60-200 м. Отработку выемочного столба ведут прямым или обратным ходом по простиранию пласта или под небольшим углом к линии простирания. При этом порядок отработки выемочных участков (выемочных столбов) принимают восходящим [11, 12].

Правила Безопасности не регламентируют порядок отработки выемочных столбов в выемочной панели отдельного угольного пласта, однако восходящий порядок отработки выемочных столбов обуславливает начало ведения очистных работ только после полной подготовки выемочной панели; при этом верхняя часть панели будет оставаться вскрытой в течение длительного периода времени, достаточного для начала самовозгорания угля [7].

#### **Результаты и обсуждение.**

В Институте угля Федерального исследовательского центра угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук разработана другая технологическая схема разработки пологих угольных пластов, склонных к самовозгоранию [13], в которой выработанное пространство выемочного столба подтапливают по мере подвигания очистного забоя, а выемочные столбы отрабатывают в нисходящем порядке (Рис. 1).

Длинный выемочный столб подготовлен вдоль линии простирания пласта проведением подготавливающих выработок – конвейерного и вентиляционных штреков между главными и фланговыми вскрывающими выработками – уклонами. Подготавливающие выработки ориентируют под небольшим углом к горизонту для организации самотечного отвода шахтной воды в сторону фланга столба. Выемку угля в столбе осуществляют длинным очистным забоем, оборудованным механизированным комплексом с использованием противоточной схемы проветривания. При этом отработку выемочного столба ведут в направлении его подъема, т.е. от фланговых вскрывающих выработок к главным.

В конвейерном штреке отрабатываемого столба на участке между фланговым вентиляционным уклоном, монтажной камерой и в сбойках возводят водоупорные перемычки, организуя тем самым водосборную камеру в выработанном пространстве отрабатываемого выемочного столба. В вентиляционном штреке подготавливаемого ниже отрабатываемого выемочного столба устанавливают насосы участкового водоотлива, которые трубопроводом связывают с отстойником на поверхности. В нижних точках шахты (забои главных и фланговых уклонов) устанавливают шламовые насосы, которые трубопроводом связывают с выработанным пространством отрабатываемого выемочного столба.

Шламовые насосы откачивают загрязненную воду из призабойных пространств главных и фланговых уклонов и по трубопроводу подают ее в выработанное пространство отрабатываемого столба со стороны вентиляционного штрека по мере подвигания очистного забоя. Вода, пройдя самотеком через выработанное пространство, смачивает не только обрушенные породы кровли, но и уголь, оставшийся на почве прохода секций механизированной крепи, затем поступает в водосборную камеру, откуда насосами по трубопроводу будет выдана на дневную поверхность.

Проведение подготавливающих выработок от фланговых уклонов к главным вверх под небольшим углом к горизонту обеспечивает подготовку выемочного столба под тем же углом; при последующей отработке выемочного столба на подъем шахтные воды всегда будут стремиться в выработанное пространство и не будут мешать ведению очистных работ, а это позволяет организовать нисходящий порядок отработки выемочных столбов.

**Выводы.** В период отработки выемочного столба аналогичным образом будет подготовлен следующий выемочный столб, расположенный ниже по линии падения пласта и т.д. Нисходящий порядок отработки выемочного поля не требует проведения всего объема вскрывающих

выработок, что снижает капитальные затраты, приходящиеся на начало очистных работ, кроме того, запасы будут вскрываться по мере необходимости углубления очистных работ, что обеспечит более надежную профилактику возникновения эндогенных пожаров при разработке пластов, склонных к самовозгоранию угля [14, 15].

**Благодарности.** Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук» проект FWEZ-2021-0002 «Разработка эффективных технологий добычи угля роботизированными горнодобывающими комплексами без постоянного присутствия людей в зонах ведения горных работ, систем управления и методов оценки технического состояния и диагностики их ресурса и обоснование обеспечения воспроизводства минерально-сырьевой базы» (рег. № АААА-А21-121012290021-1).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ren Wan-xing [at al.] Causes of Spontaneous Combustion of Coal and Its Prevention Technology in The Tunnel Fall of Ground of Extra-thick Coal Seam. First International Symposium on Mine Safety Science and Engineering. 2011. P. 717-724. DOI: 10.1016/j.proeng.2011.11.222
2. Hadi Ozdeniz [at al.] Investigation of Spontaneous Combustion of Coal in Underground Coal Mining, Mine Planning and Equipment Selection, 637, 2014. P. 637-644. DOI: 10.1007/978-3-319-02678-7\_61
3. Sloss L. L. Assessing and managing spontaneous combustion of coal. IEA Clean Coal Centre. 14 Northfields London SW18 1DD United Kingdom 2015.
4. Портола В. А. [и др.] Анализ аварийности и пожароопасности угольных шахт // Вестник НЦ ВостНИИ. 2018. № 4. С. 36-41.
5. Портола В. А. [и др.] Оценка мер по предупреждению эндогенных пожаров в угольных шахтах. // Горный информационно аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2019. № 12. С. 205-214.
6. Приказ № Пр 469 от 27.11.2020 г. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Инструкция по предупреждению экзогенной и эндогенной пожароопасности на объектах ведения горных работ угольной промышленности». Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору. URL: <https://rulings.ru/acts/Prikaz-Rostehnadzora-ot-27.11.2020-N-Pr-469/> (дата обращения 27.09.2022)
7. Приказ № 507 от 08.12.2020 г. Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах». Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору.
8. Onifade M., Genc B. See discussions, stats, and author profiles for this publication at: Spontaneous combustion liability of coal and coal-shale: a review of prediction methods // International Journal of Coal Science & Technology. March 2019. DOI: 10.1007/s40789-019-0242-9. URL: <https://www.researchgate.net/publication/331539153>
9. Филатов Ю. М. [и др.] О новой нормативной базе проблем борьбы с эндогенными пожарами в шахтах. // Уголь. 2018. № 2. С. 67-69.
10. Новосельцев С. А. Профилактика эндогенной пожароопасности при использовании технологий отработки мощных пластов с выпуском подкровельной угольной пачки в условиях шахты «Ольжерасская-Новая» // Вестник НЦ ВостНИИ. 2019. № 2. С. 12-22.
11. Демура В. Н. [и др.]. Технологические схемы подготовки и отработки выемочных участков на шахтах ОАО «СУЭК-Кузбасс»: альбом. М. : Горное дело, ООО «Киммерийский центр», 2014. 256 с.
12. Черданцев А. М. Обоснование технологических схем интенсивной отработки пологих газоносных угольных пластов, склонных к самовозгоранию. Автореф. дис. канд. техн. наук. Санкт-Петербург : ФГБОУВО «Санкт-Петербургский горный университет», 2020. 23 с.
13. Пат. 2284414 RU, МПК E21C 41/18. Способ разработки пологого угольного пласта / ИУУ СО РАН; Ялевский В. Д., Федорин В. А., Анферов Б. А., Варфоломеев Е. Л. – Оpubл. Бюл. № 27 от 27.09.2006.
14. Кузнецова Л. В., Анферов Б. А. Информационно-логическая систематизация и совершенствований технологий разработки угольных пластов. Кемерово : Кузбассвуиздат, 2001 . 151 с.
15. Нифантов Б. Ф. [и др.] Угли Кузбасса: химические элементы-примеси и технологии их извлечения при комплексном освоении месторождений. Кемерово : ИУ СО РАН, 2011. 310 с.

© 2022 Авторы. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Об авторах:

**Анферов Борис Алексеевич**, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный

исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения (Российской академии наук. 650065, г. Кемерово, пр. Ленинградский, 10), e-mail: b.a.anferov@mail.ru.

**Кузнецова Людмила Васильевна**, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения (Российской академии наук. 650065, г. Кемерово, пр. Ленинградский, 10)

*Заявленный вклад авторов:*

Анферов Борис Алексеевич – постановка исследовательской задачи, научный менеджмент, концептуализация исследования, сбор и анализ данных, обзор соответствующей литературы, выводы, написание текста.

Кузнецова Людмила Васильевна – постановка исследовательской задачи, научный менеджмент, концептуализация исследования, сбор и анализ данных, обзор соответствующей литературы, выводы, написание текста

*Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*

## Original article

### TECHNOLOGICAL SCHEMES OF UNDERGROUND MINING OF COAL SEAMS PRONE TO SPONTANEOUS COMBUSTION

**Boris A. Anferov,  
Lyudmila V. Kuznetsova**

The Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

\*for correspondence: b.a.anferov@mail.ru



#### Article info

Received:

24 October 2022

Accepted for publication:

15 December 2022

Accepted:

28 February 2023

Published:

30 March 2023

**Keywords:** coal mining, endogenous fire hazard, opening and preparation of coal seams, top-down order of extraction area mining.

#### Abstract.

**The urgency of the discussed issue.** The most common type of accidents in mines are fires which account for more than 50% of all recorded incidents (0.083 per 1 million tons of coal mined); endogenous fire hazard is 0.031. When developing coal seams prone to spontaneous combustion, opening and preparation of a coal seam is allowed by in-seam workings with special measures to ensure safe mining operations. The Safety Rules do not regulate the procedure for mining the extraction pillars in the mining panel of a separate coal seam, however, the ascending order of mining the extraction pillars makes it possible to start mining operations only after the mining panel has been fully prepared; while the top of the panel will remain open for a long period sufficient for spontaneous ignition of coal.

**The main aim of the study:** Improving the efficiency and safety of underground mining of coal seams that are prone to spontaneous combustion by application of a rational scheme for opening and preparing the reserves of the extraction area.

**The methods used in the study.** Analysis of existing schemes for opening and preparing coal seams prone to spontaneous combustion and the analogy method.

**The results.** The descending order of working out the extraction area does not require mining of the entire scope of opening workings, which reduces the capital costs attributable to the start of mining operations. The reserves will be opened up as necessary to deepen the coal extraction operations. This will provide more reliable prevention of the occurrence of endogenous fires in the development of seams prone to spontaneous combustion of coal.

---

**For citation:** Anferov B.A., Kuznetsova L.V. Technological schemes of underground mining of coal seams prone to spontaneous combustion *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*=Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2023; 1(155):95-101. (In Russ., abstract in Eng.). doi: 10.26730/1999-4125-2023-1-95-101

---

## REFERENCES

1. Ren Wan-xing [at al.] Causes of Spontaneous Combustion of Coal and Its Prevention Technology in The Tunnel Fall of Ground of Extra-thick Coal Seam. *First International Symposium on Mine Safety Science and Engineering*. 2011. P. 717-724. DOI: 10.1016/j.proeng.2011.11.222
2. Hadi Ozdeniz [at al.] Investigation of Spontaneous Combustion of Coal in Underground Coal Mining, Mine Planning and Equipment Selection, 637, 2014. P. 637-644. DOI: 10.1007/978-3-319-02678-7\_61
3. Sloss L.L. Assessing and managing spontaneous combustion of coal. IEA Clean Coal Centre. 14 Northfields London SW18 1DD United Kingdom 2015.
4. Portola V.A. [at al.] Analiz avarijnosti i pozharoopasnosti ugol'nyh shaht [Analysis of accidents and fire hazards in coal mines]. *Vestnik NC VostNII [Bulletin of the scientific center VostNII]*. 2018; 4:36-41.
5. Portola V.A. [at al.] Otsenka mer po preduprezhdeniyu endogennykh pozharov v ugol'nykh shakhtakh [Evaluation of measures to prevent endogenous fires in coal mines]. *Gornyy informatsionno analiticheskiy byulleten' (nauchno-tekhnicheskii zhurnal) [Mining Information and Analytical Bulletin (Scientific and Technical Journal)]*. 2019; 12:205-214.
6. Prikaz № Pr 469 ot 27.11.2020 g. Federal'nye normy i pravila v oblasti promyshlennoy bezopasnosti «Instruktsiya po preduprezhdeniyu ekzogennoy i endogennoy pozharoopasnosti na ob'ektakh vedeniya gornykh rabot ugol'noy promyshlennosti». Federal'naya sluzhba po ekologicheskomu, tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru. [Federal norms and rules in the field of industrial safety "Instruction for the prevention of exogenous and endogenous fire hazards at mining facilities in the coal industry." Federal Service for Ecological, Technological and Nuclear Supervision. Order No. Pr 469 dated November 27, 2020]
7. Prikaz № 507 ot 08.12.2020 g. Ob utverzhdenii Federal'nykh norm i pravil v oblasti promyshlennoy bezopasnosti «Pravila bezopasnosti v ugol'nykh shakhtakh». Federal'naya sluzhba po ekologicheskomu, tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru. [On Approval of the Federal Norms and Rules in the Field of Industrial Safety "Safety Rules in Coal Mines". Federal Service for Ecological, Technological and Nuclear Supervision. Order No. 507 dated 08.12.2020]
8. Onifade M., Genc B. See discussions, stats, and author profiles for this publication at: Spontaneous combustion liability of coal and coal-shale: a review of prediction methods. *International Journal of Coal Science & Technology*. March 2019. DOI: 10.1007/s40789-019-0242-9. URL: <https://www.researchgate.net/publication/331539153>
9. Filatov Yu.M. [at al.] O novoy normativnoy baze problem bor'by s endogennymi pozha-rami v shakhtakh [On the new regulatory framework for the problems of combating endogenous fires in mines]. *Ugol' [Coal]*. 2018; 2:67-69.
10. Novosel'tsev S.A. Profilaktika endogennoy pozharoopasnosti pri ispol'zovanii tekhnologiy otrabotki moshchnykh plastov s vypuskom podkrovel'noy ugol'noy pach-ki v usloviyakh shakhty «Ol'zherasskaya-Novaya» [Prevention of endogenous fire hazard when using technologies for mining thick seams with the release of a sub-roofing coal pack in the conditions of the Olzherasskaya-Novaya mine] *Vestnik NTs VostNII [Bulletin of the scientific center VostNII]*. 2019; 2:12-22.
11. Demyra V.N. [at al.] Tekhnologicheskie skhemy podgotovki i otrabotki vyemochnykh uchastkov na shakhtakh OAO «SUEK-Kuzbass»: al'bom [Technological schemes for the preparation and development of excavation areas at the mines of OAO SUEK-Kuzbass: an album]. Moscow: Gornoe delo OOO «Kimmeriyskiy tsentr»; 2014.
12. Cherdantsev A.M. Obosnovanie tekhnologicheskikh skhem intensivnoy otrabotki po-logikh gazonosnykh ugol'nykh plastov, sklonnykh k samovozgoraniyu [Substantiation of technological schemes for intensive mining of flat gas-bearing coal seams prone to spontaneous combustion]. Avtoref.dis.kand.tekhn. nauk. Sankt-Peterburg: FGBOUVO «Sankt-Peterburgskiy gornyy universitet»; 2020. 23 p.
13. Pat. 2284414 RU, MPK E21C 41/18. Sposob razrabotki pologogo ugol'nogo plasta [Method for mining a flat coal seam] IUU SO RAN; Yalovskiy V.D., Fedorin V.A., Anferov B.A., Varfolomeev E. L. Published in the Bulletin No 27, 27.09.2006.
14. Kuznetsova L.V., Anferov B.A. Informatsionno-logicheskaya sistematizatsiya i sovershenstvovaniya tekhnologiy razrabotki ugol'nykh plastov [Information-logical systematization and improvement of technologies for the development of coal seams]. Kemerovo: Kuzbassvuzizdat; 2001.
15. Nifantov B.F. [at al.] Ugli Kuzbassa: khimicheskie elementy-primesi i tekhnologii ikh izvleniya pri kompleksnom osvoenii mestorozhdeniy [Coals of Kuzbass: chemical elements-impurities and technologies for their removal during the integrated development of deposits. Kemerovo: IU SO RAN; 2011. 310 p.

© 2022 The Authors. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

The authors declare no conflict of interest.

*About the authors:*

**Boris A. Anferov**, C. Sc. in Engineering, Leading Researcher, The Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, (10 Leningradsky avenue, Kemerovo, Russia, 650065), b.a.anferov@mail.ru

**Lyudmila V. Kuznetsova**, C. Sc. in Engineering, Leading Researcher, The Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, (10 Leningradsky avenue, Kemerovo, Russia, 650065)

*Contribution of the authors:*

Boris A. Anferov – formulation of a research task, scientific management, conceptualization of research, data collection and analysis, review of relevant literature, conclusions, writing a text.

Lyudmila V. Kuznetsova – formulation of a research task, scientific method, conceptualization of research, data collection and analysis, review of relevant literature, conclusions, writing a text

*All authors have read and approved the final manuscript.*

