

ISSN 1995-2732 (Print), 2412-9003 (Online)  
УДК 622.271  
DOI: 10.18503/1995-2732-2021-19-3-37-43



## УМЕНЬШЕНИЕ ПЫЛЕНИЯ ПРИ ДОБЫЧЕ И ПЕРЕВАЛКЕ УГЛЯ ПУТЕМ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ВЫЕМОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Чебан А.Ю.

Институт горного дела Хабаровского Федерального исследовательского центра Дальневосточного отделения Российской академии наук, Хабаровск, Россия

**Аннотация. Актуальность и цель исследования.** Россия является одним из крупнейших производителей и экспортеров угля. На экспорт отправляется около половины добываемой продукции, при этом большая часть вывозимого из страны угля отгружается через морские порты. Вместе с увеличением объемов добычи и транспортировки угля растет отрицательная нагрузка на окружающую среду, важной экологической проблемой является загрязнение атмосферного воздуха угольной пылью, которая может находиться в воздухе долгое время и перемещаться на значительные расстояния. Угольная мелочь интенсивно выдувается при транспортировке и хранении угля, что приводит к потерям полезного ископаемого, а также загрязнению территорий, кроме того, наличие мелких фракций в угле снижает его качество и рыночную стоимость. **Цель работы.** Обоснование технико-технологического решения, обеспечивающего снижение пыления при добыче и перегрузках угля за счет удаления мелких фракций непосредственно во время выемочно-погрузочного процесса с применением модернизированного стрелового комбайна, а также сокращение количества специальных транспортных средств, осуществляющих аккумуляцию и перевозку просеянной угольной мелочи. **Результаты.** В статье предлагается конструкция модернизированного стрелового комбайна, обеспечивающего отделение угольной мелочи в процессе добычи, и технология его применения. Стреловой комбайн снабжен скребковым конвейером с классификационной решеткой и аспирационным устройством. Отбитый фрезерным рабочим органом уголь попадает на погрузочный стол, откуда нагребавшими лапами подается на скребковый конвейер, который перемещает уголь над классификационной решеткой, мелкие фракции угля просеиваются сквозь щели решетки и собираются в накопителе, для интенсификации процесса на классификационной решетке установлен вибратор. Из накопителя угольная мелочь перемещается системой пневмотранспортирования в контейнер, установленный на поверхности рабочей площадки, специальным транспортным средством производится обмен контейнеров и их доставка к месту переработки. Крупные фракции угля разгрузочным конвейером перемещаются в автосамосвал. **Выводы.** Предлагаемое решение позволит обеспечить удаление угольной мелочи в процессе добычи, что повысит качество угля и снизит отрицательное влияние горных работ на окружающую среду. Существенно уменьшится пыление при загрузке автосамосвала, ведении транспортных и перегрузочных операций, снизятся потери от выдувания и просыпания угля. Использование сменных контейнеров для аккумуляции угольной мелочи позволит сократить количество специальных транспортных средств, осуществляющих перевозку мелких фракций, и повысит их производительность.

**Ключевые слова:** стреловой комбайн, скребковый транспортер, классификационная решетка, угольная мелочь, система пневмотранспортирования, контейнер, автосамосвал.

© Чебан А.Ю., 2021

### Для цитирования

Чебан А.Ю. Уменьшение пыления при добыче и перевалке угля путем совершенствования выемочного оборудования // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2021. Т.19. №3. С. 37–43. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2021-19-3-37-43>



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.  
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

## REDUCING DUST IN MINING AND TRANSFERRING COAL BY IMPROVING MINING EQUIPMENT

Cheban A.Yu.

Mining Institute of the Khabarovsk Federal Research Center of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Khabarovsk, Russia

**Abstract. Relevance and purpose of the study.** Russia is one of the largest coal producers and exporters; about half of the production is exported, while most of the exported coal is shipped through the seaports. With the increase in the coal production and transportation, the negative load on the environment is growing. An important environmental problem is air pollution with coal dust, which can be in the air for a long time and move over considerable distances. Coal fines are intensively blown out during the coal transportation and storage, leading to losses of the mineral, as well as contamination of territories; in addition, fine fractions in coal reduce its quality and market value. **Objective.** The research is aimed at offering rationale for a technical and technological solution providing a reduction in dusting during coal mining and handling by removing fine fractions directly during a mining and loading process using a modernized roadheader, as well as reducing the number of special vehicles that accumulate and transport screened fine coal. **Results.** The paper proposes the design of a modernized roadheader, which ensures the separation of fine coal in the mining process, and the technology of its application. The roadheader is equipped with a scraper conveyor with a classification grid and a dust collection device. The coal chipped off by the milling working tool enters the loading table, from where it is fed to the scraper conveyor by gathering arms, which moves the coal over the classification screen. Fine coal fractions are screened through the screen slots and collected in an accumulator. A vibrator is installed on the classification screen to intensify the process. Coal fines are transported from the accumulator by a pneumatic conveying system to a container installed on the surface of the working platform; containers are exchanged with a special vehicle and delivered to the processing site. Coarse coal fractions are transported by a discharge conveyor to a dump truck. **Conclusions.** The proposed solution will ensure the removal of fine coal during the mining process, which will improve the quality of coal and reduce the negative impact of mining on the environment. Dusting will be significantly reduced, when loading a dump truck, transporting and reloading coal, entailing decreased losses from blowing and spilling coal. The use of removable containers for accumulating fine coal will reduce the number of special vehicles transporting screened fine coal and increase their productivity.

**Keywords:** roadheader, scraper conveyor, classification screen, coal fines, pneumatic conveying system, container, dump truck.

### For citation

Cheban A.Yu. Reducing Dust in Mining and Transferring Coal by Improving Mining Equipment. *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2021, vol. 19, no. 3, pp. 37–43. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2021-19-3-37-43>

### Введение

Российская Федерация является одним из мировых лидеров по добыче и экспорту угля, при этом доля открытой добычи продолжает увеличиваться. Так, если в 2000 году на разрезах было получено около 65% угля, то в настоящее время открытым способом добывается более 75% всего угля [1]. По состоянию на начало 2021 года в угольной отрасли России действовали 121 разрез, 58 шахт, 64 обогатительных фабрики и установки, на которых велось обогащение практически всего коксующегося угля и около 30% энергетических углей [2]. На экспорт отправляется около половины добываемого угля, причем около 90% экспортных поставок приходится на энергетические угли, примерно 65% вывозимого из страны угля отгружается через морские порты страны. С точки зрения наращивания производственного потенциала угольной отрасли наибо-

лее перспективными являются районы Дальнего Востока и Восточной Сибири. Крупнейшими импортерами российского угля являются Китай, Южная Корея и Япония, куда в 2020 году было экспортировано соответственно 37,6, 26,6 и 21,6 млн т угля [2]. В 2020 году через дальневосточные морские порты было отгружено угля на 5,8% больше, чем в 2019 году, при этом в порту Находка рост составил 9,1%, в порту Ванино – 8,5%. Однако вместе с увеличением объемов добычи и экспорта угля растет отрицательная нагрузка на окружающую среду.

### Состояние вопроса и постановка проблемы

Техногенное воздействие при разработке месторождений, перемещении, складировании и переработке горных пород многообразно, значительно и охватывает большие территории [3–6]. Важной экологической проблемой, сопровожда-

юшей процессы рыхления, выемки и погрузки (перегрузки) угля, является загрязнение атмосферного воздуха угольной пылью, которая может находиться в воздухе долгое время и перемещаться на значительные расстояния, угольная пыль образуется из тонких классов угля размером 0–2 мм [7, 8]. Наиболее опасными являются тонкодисперсные частицы, которые при дыхании попадают в легкие, поражают дыхательную систему, вызывают острые и хронические респираторные заболевания, болезни сердца и других органов, пыление снижает видимость, губительно действует на окружающую флору и фауну, кроме того, частицы пыли способны переносить токсичные вещества (тяжелые металлы) и ядовитые органические соединения [9, 10]. В настоящее время большинство угольных терминалов в дальневосточных портах относятся к открытому типу, вследствие чего пыль рассеивается не только по территории промышленной площадки, но и распространяется на жилые массивы, находящиеся вблизи терминалов. Особенно значительно ухудшается ситуация в зимний период, когда применение имеющихся в портах водных систем пылеподавления невозможно [11]. Угольная мелочь интенсивно выдувается при транспортировке и хранении угля, что приводит к потерям полезного ископаемого, а также загрязнению территорий и дополнительной экологической нагрузке на окружающую среду, кроме того, наличие мелких фракций в угле снижает его качество и рыночную стоимость [12].

В настоящее время открытая разработка угольных месторождений в основном ведется с применением традиционных технологий с использованием взрывного рыхления и погрузкой горной массы одноковшовыми экскаваторами. Известны различные технико-технологические решения по отделению из угля мелких фракций непосредственно на рабочей площадке разреза в процессе ведения выемочно-погрузочных работ. Так, технология получения сортового угля в забое, представленная в работе [13], заключается в выемке угля одноковшовым экскаватором с подачей его на мобильный дробильно-сортировочный комплекс, где производится сортировка с выделением угольной мелочи, сыпавшей конвейером в штабель на площадке уступа, одновременно сортовой уголь грузится в контейнеры специального транспортного средства. В дальнейшем полученный штабель с угольной мелочью обрабатывается вместе с рядовым углем другим экскаватором. Недостатком технологии является необходимость переэкскавации

угольной мелочи. Известна технологическая схема с применением одноковшового экскаватора и дробильно-сортировочного комплекса. Полученный на сортировочной установке сортовой уголь последовательно грузится в специализированные контейнеры, выделенная угольная мелочь конвейером перемещается в автосамосвал [14]. Общими недостатками технологических решений [13, 14] являются относительно небольшая производительность выемочных машин циклического действия, большое количество оборудования и производственного персонала в забое, а также значительное пыление при перемещении угольной мелочи ленточными конвейерами и ее транспортировке в автосамосвалах.

Известен способ отделения угольной мелочи в процессе перегрузочных работ на скребковом транспортере, снабженном классификационной решеткой. Скребки перемещают угольную массу вдоль решетки, встроенной в днище транспортера, при этом мелкие частицы отделяются от крупных кусков и проваливаются сквозь щели классификационной решетки [15]. Крупные фракции угля направляются в транспортное средство, а угольная мелочь ленточным конвейером складывается в штабель. Недостатком способа является пыление отделенной угольной мелочи при ее перемещении в открытый штабель.

В работе [16] представлена конструкция добычного комплекса, позволяющего обеспечить снижение пыления и удаление угольной мелочи непосредственно при ведении выемочно-погрузочного процесса. Рабочее оборудование добычного комплекса позволяет преобразовывать циклический процесс черпания угля из навала в непрерывный процесс его погрузки в автосамосвалы. Уголь, разгруженный из ковша в приемный бункер с пылезащитным ограждением, просеивается через колосники, при этом крупные куски направляются на дробление, после чего уголь подается на вибропитатель, где из него выделяются тонкие фракции. Пылезащитное ограждение и вибропитатель снабжены аспирационными устройствами для удаления образующейся пыли. Основная масса угля разгрузочным конвейером направляется в автосамосвал, а отделенная и собранная в накопителе тонкая фракция угля системой пневмотранспортирования подается в контейнер специального транспортного средства. Недостатком добычного комплекса является сложность конструкции, что затрудняет его внедрение в производство. Кроме того, необходимо иметь в наличии два специальных транспортных средства, одно из которых простаивает под погрузкой. Также необходимо отметить, что техно-

логии и оборудование, представленное в работах [13, 14, 16], подразумевают применение предварительного взрывного рыхления массива, недостатки которого общеизвестны.

Обеспечить безвзрывную высокопроизводительную выемку каменного угля позволяют технологии с применением горных комбайнов различных конструкций [17–19]. Для уступной отработки угольных массивов используются стреловые карьерные комбайны. Так, стреловые комбайны серии VASM фирмы Alpine Westfalia имеют фрезерный рабочий орган, который поднимается и опускается на стреле при одновременном поступательном и вибрационном движении [17]. Фрезерный рабочий орган рыхлит угольный массив на куски, не требующие дополнительного дробления. Отбитый рабочим органом уголь осыпается на погрузочный стол, находящийся на уровне подошвы забоя, после чего нагребные лапы подают уголь на конвейер в центральной части комбайна. Далее через разгрузочный конвейер уголь подается в транспортное средство. К недостаткам технологии с применением горных комбайнов можно отнести пыление при ведении выемочно-

погрузочных работ, отсутствие функции отделения угольной мелочи.

Целью исследования является разработка технико-технологического решения, обеспечивающего снижение пыления при добыче и перегрузках угля за счет удаления мелких фракций угля непосредственно во время выемочно-погрузочного процесса с применением модернизированного стрелового комбайна, а также сокращение количества специальных транспортных средств, осуществляющих аккумуляцию и перевозку просеянной угольной мелочи.

### Результаты исследования

Институтом горного дела ДВО РАН предлагается конструкция модернизированного стрелового комбайна, обеспечивающего отделение угольной мелочи в процессе добычи, и технология его применения. Модернизированный стреловой комбайн 1 включает гусеничное ходовое оборудование 2, телескопическую стрелу 3 с фрезерным рабочим органом 4, погрузочный стол 5 с нагребными лапами 6, скребковый транспортер 7, разгрузочный конвейер 8 и другое оборудование (см. рисунок).

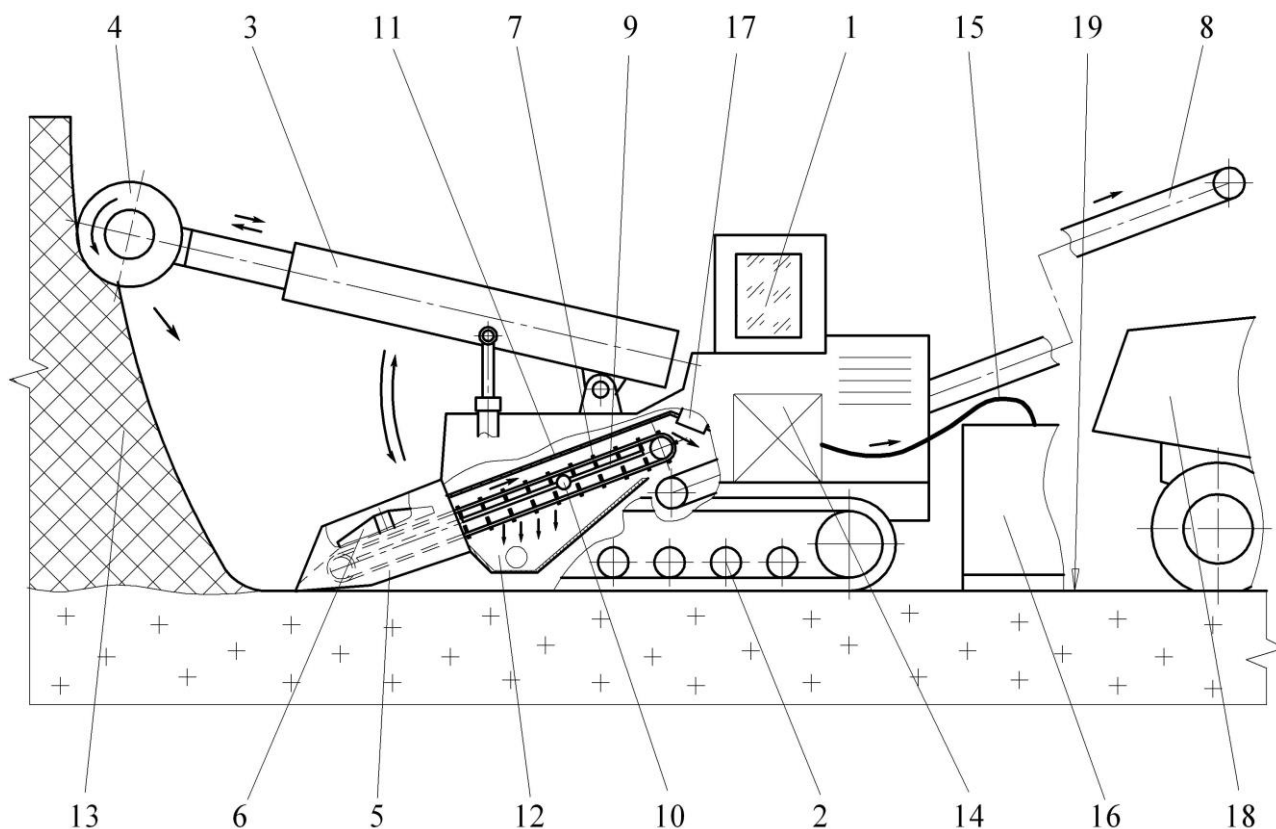


Рис. Модернизированный стреловой комбайн в комплекте с транспортными средствами  
 Fig. The modernized roadheader and transportation facilities



Скребковый транспортер 7 снабжен классификационной решеткой 9 на упругих опорах с вибратором 10 и установлен в специальном кожухе 11 с накопителем 12 для угольной мелочи. Стреловой комбайн 1 ведет обработку уступа 13 фрезерным рабочим органом 4. Отбитый уголь осыпается на уровень подошвы забоя на погрузочный стол 5, нагребавшие лапы 6 перемещают уголь в среднюю часть погрузочного стола 6 к скребковому транспортеру 7. Уголь подхватывается верхней ветвью скребкового транспортера 7 и перемещается вдоль щелей классификационной решетки 9, на которую воздействует вибратор 10. Угольная мелочь просеивается сквозь щели классификационной решетки 9 и собирается в накопителе 12, откуда системой пневмотранспортирования 14 по гибкому трубопроводу 15 подается в контейнер 16. Надрешетные фракции угля подаются на разгрузочный конвейер 8, при этом для повышения эффективности удаления тонких фракций и снижения пыления в месте пересыпания угля со скребкового транспортера 7 на разгрузочный конвейер 8 установлено аспирационное устройство 17. Разгрузочным конвейером уголь перемещается в автосамосвал 18. Специальное транспортное средство (на рисунке не показано) оборудованное подъемным механизмом производит обмен контейнеров с установкой контейнера, предназначенного под загрузку (на рисунке не показан), на поверхность 19 рабочей площадки, и подъемом заполненного угольной мелочью контейнера 16 с его последующей транспортировкой к месту разгрузки. Таким образом, появляется возможность обходиться в комплексе транспортного оборудования одним специальным транспортным средством, без ожидания загрузки контейнера. Собранная в контейнере угольная мелочь может быть использована для изготовления топливных брикетов [20], при этом себестоимость их изготовления ниже, чем в традиционной технологии, поскольку предварительная сортировка по крупности угля уже проведена во время добычных работ.

Количество пыли выделяющейся в атмосферу при ведении погрузочно-разгрузочных работ прямо пропорционально количеству пыли, содержащейся в полученной в процессе добычи угольной массе [21]. Применение средств пылеподавления или сухого обеспыливания позволяет существенно уменьшить пыление при ведении открытых горных работ. Согласно [22] масса пыли, выделяемой оборудованием или процессом, с учетом эффективности средств пылеподавления (обеспыливания) определяется по формуле

$$m' = m(1 - \eta), \quad (1)$$

где  $m$  – масса пыли, выделяемой оборудованием или процессом;  $\eta = 0,75-0,80$  – эффективность системы сухого обеспыливания [22].

Таким образом, наличие оборудования для отделения угольной мелочи, а также аспирационного устройства позволит в 4–5 раз сократить пыление при загрузке автосамосвалов и последующих операциях при транспортировке и перегрузках угля.

### Выводы

Предлагаемое в статье технико-технологическое решение позволит обеспечить удаление угольной мелочи посредством скребкового транспортера с классификационной решеткой и вибратором непосредственно в процессе добычи угля, что повысит качество угля и снизит отрицательное влияние горных работ на окружающую среду. Отсутствие в угле мелких и тонких фракций позволит существенно сократить пыление при загрузке автосамосвала, ведении транспортных и перегрузочных операций, а также снизить потери угля от выдувания и просыпания. Снижение пыления позволит улучшить условия труда производственного персонала угольного разреза, грузового порта, а также повысит качество жизни граждан, проживающих на прилегающих территориях. Использование сменных контейнеров для аккумуляции угольной мелочи позволит сократить количество специальных транспортных средств, осуществляющих перевозку мелких фракций угля, и повысит их производительность. Полученная угольная мелочь может быть использована для изготовления топливных брикетов.

### Список литературы

1. Таразанов И.Г. Итоги работы угольной промышленности России за январь-декабрь 2018 года // Уголь. 2019. № 3. С. 64–79.
2. Таразанов И.Г., Губанов Д.А. Итоги работы угольной промышленности России за январь-декабрь 2020 года // Уголь. 2021. № 3. С. 27–43.
3. Jain R.K., Cui Z., Domen J.K. Environmental impact of mining and mineral processing, Butterworth-Heinemann. 2016. 307 p.
4. Jiuping Xu. Ecological coal mining based dynamic equilibrium strategy to reduce pollution emissions and energy consumption // Journal of Cleaner Production. 2017, no. 11, pp. 514–529.
5. Чеван А.Ю. Способ и оборудование для открытой разработки маломасштабных крутопадающих месторождений // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2017. Т. 15. № 3. С. 18–23.

6. Coal Production and Processing Technology / Ed. by M. R. Riazi, R. Gupta. Taylor & Francis Group, LLC. 2016. 535 p.
7. Чебан А.Ю. Технология разработки угольного месторождения с применением выемочно-погрузочного комплекса // Маркшейдерский вестник. 2019. № 4. С. 55–59.
8. Rong Zh. New insights into the permeability-increasing area of over-lying coal seams disturbed by the mining of coal // Journal of Natural Gas Science and Engineering. 2018. no. 1, pp. 352–364.
9. Ворошилов Я.С., Фомин А.И. Влияние угольной пыли на профессиональную заболеваемость работников угольной отрасли // Уголь. 2019. № 4. С. 20–25.
10. Трипати Д.П., Даш Т.Р. Оценка загрязнения воздуха микроэлементами и частицами взвешенной пыли на высокомеханизированном угольном карьере // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2018. № 4. С. 188–200.
11. Перспективы экспорта российского угля и экологические проблемы строительства и эксплуатации угольных терминалов Дальнего Востока / Агошков А.И., Блиновская Я.Ю., Голохваст К.С., Куксин Д.В. // Горный журнал. 2015. № 3. С. 56–60.
12. Чебан А.Ю. Способ добычных работ для малых угольных разрезов с применением усовершенствованного карьерного комбайна // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2019. № 2. С. 36–42.
13. Демченко И.И., Муленкова А.О. Технико-экономическое обоснование получения сортового угля в забое Балахтинского разреза Красноярского края // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2019. № 1. С. 36–47.
14. Демченко И.И., Муленкова А.О. О возможности размещения перерабатывающего оборудования в забое разреза для получения сортового угля // Известия вузов. Горный журнал. 2017. № 8. С. 26–32.
15. Пат. 2363551 Российская Федерация, МПК В07В1/00. Способ классификации угля / А.А. Артушкевич О.А. Артушкевич В.А. Артушкевич; заявитель и патентообладатель Артушкевич А.А. №2006132967/03; заявл. 13.09.2006; опубл. 10.08.2009.
16. Чебан А.Ю., Хрунина Н.П. Снижение запыленности при добыче и перевалке угля на основе модернизации горного оборудования // Уголь. 2020. № 1. С. 65–67.
17. Пехам Х. Новая технология выемки пород на карьерах // Горная промышленность. 1995. № 4. С. 44–47.
18. Горев Д.Е. Совершенствование технологии разработки многопластовых крупных буроугольных месторождений // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2016. № 7. С. 175–185.
19. Чебан А.Ю. Классификация конструкций карьерных комбайнов // Недропользование XXI век. 2015. № 5. С. 64–69.
20. Шувалов Ю.В., Тарасов Ю.Д., Никулин А.Н. Обоснование рациональных технологий получения топливно-энергетического сырья на основе твердых горючих углесодержащих отходов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2011. № 8. С. 243–247.
21. Адамков А.В. Состояние запыленности воздуха в забоях подготовительных выработок при работе проходческих комбайнов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2004. №1. С. 56–59.
22. Методика расчета вредных выбросов (сбросов) для комплекса оборудования открытых горных работ (на основе удельных показателей) / Министерство топлива и энергетики РФ - ИГД им. А.А. Скоринского. Люберцы, 1999. 68 с.

### References

1. Tarazanov I.G. Russia's coal industry performance for January – December of 2018. *Ugol [Coal]*, 2019, no. 3, pp. 64–79. (In Russ.)
2. Tarazanov I.G., Gubanov D.A. Russia's coal industry performance for January – December of 2020. *Ugol [Coal]*, 2021, no. 3, pp. 27–43. (In Russ.)
3. Jain R.K., Cui Z., Domen J.K. Environmental impact of mining and mineral processing, Butterworth-Heinemann, 2016, 307 p.
4. Jiuping Xu. Ecological coal mining based dynamic equilibrium strategy to reduce pollution emissions and energy consumption. *Journal of Cleaner Production*, 2017, no. 11, pp. 514–529.
5. Cheban A.Yu. Method and equipment for opencast mining of small steeply dipping deposits. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]*, 2017, vol. 15, no. 3, pp. 18–23. (In Russ.)
6. Riazi M.R., Gupta R. Coal production and processing technology. Taylor & Francis Group, LLC, 2016, 535 p.
7. Cheban A.Yu. Technology of development of a coal deposit with the use of extremely-loading complex. *Marksheiderskii vestnik [Mine Surveying Bulletin]*, 2019, no. 4, pp. 55–59. (In Russ.)
8. Rong Zh. New insights into the permeability-increasing area of overlying coal seams disturbed by the mining of coal. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 2018, no. 1, pp. 352–364.
9. Voroshilov Ya.S., Fomin A.I. The influence of coal dust on the occupational morbidity of workers in the coal industry. *Ugol [Coal]*, 2019, no. 4, pp. 20–25. (In Russ.)
10. Tripathy D.P., Dash T.R. Assessment of particulate and trace element pollution in airborne dust around a highly mechanized opencast coal mine in Talcher, Odisha. *Fiziko-tekhnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh [Journal of Mining Science]*, 2018, no. 4, pp. 188–200. (In Russ.)
11. Agoshkov A.I., Blinovskaya Ya.Yu., Golokhvast K.S., Kuksin D.V. Prospects for Russian coal export and environment issues of construction and operation of coal terminals in the Far East. *Gornyi zhurnal [Mining Journal]*, 2015, no. 3, pp. 56–60. (In Russ.)
12. Cheban A.Yu. Method of exercise work for small coal cuts with the application of an advanced mine operating combine. *Gornyi informatsionno-analiticheskii*

- byulleten* [Mining Informational and Analytical Bulletin], 2019, no. 2, pp. 36–42. (In Russ.)
13. Demchenko I.I., Mullenkova A.O. Feasibility study for producing sized coal in the face of the Balakhtinsky open pit mine of the Krasnoyarsk Territory. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten* [Mining Informational and Analytical Bulletin], 2019, no. 1, pp. 36–47. (In Russ.)
  14. Demchenko I.I., Mullenkova A.O. On the possibility of placing processing equipment in the face of the open pit to produce sized coal. *Izvestiya vuzov. Gornyi zhurnal* [Universities' Proceedings. Mining Journal], 2017, no. 8, pp. 26–32. (In Russ.)
  15. Artushkevich A.A., Artushkevich O.A., Artushkevich V.A. *Sposob klassifikatsii uglya* [Method of classifying coal]. Patent RF, no. 2363551, 2009.
  16. Cheban A.Yu., Khrunina N.P. Dust reduction during coal mining and transshipment by modernizing mining equipment. *Ugol* [Coal], 2020, no. 1, pp. 65–67. (In Russ.)
  17. Peham H. New technology of rock excavation at quarries. *Gornaya promyshlennost* [Mining Industry], 1995, no. 4, pp. 44–47. (In Russ.)
  18. Gorev D.E. Improving the technology of development of multi-layer large brown coal deposits. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten* [Mining Informational and Analytical Bulletin], 2016, no. 7, pp. 175–185. (In Russ.)
  19. Cheban A.Yu. Classification of structures of surface miners. *Nedropolzovanie XXI vek*. [Subsoil Use in the 21st Century], 2015, no. 5, pp. 64–69. (In Russ.)
  20. Shuvalov Yu.V., Tarasov Yu.D., Nikulin A.N. Providing rationale for feasible technologies used to produce fuel and energy raw materials by applying solid combustible coal-containing wastes. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten* [Mining Informational and Analytical Bulletin], 2011, no. 8, pp. 243–247. (In Russ.)
  21. Adamkov A.V. Dust content of air in the faces of the preliminary development during the operation of roadheaders. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Vestnik of Kuzbass State Technical University], 2004, no. 1, pp. 56–59. (In Russ.)
  22. Metodika rascheta vrednykh vybrosov (sbrossov) dlya kompleksa oborudovaniya otkrytykh gornykh rabot (na osnove udelnykh pokazatelei) [Methodology for calculating hazardous emissions (discharges) for a complex of equipment for open pit mining (based on specific indicators)]. The Ministry of Fuel and Energy of the Russian Federation – Skochinsky Institute of Mining, Lyubertsy, 1999, 68 p. (In Russ.)

Поступила 14.07.2021; принята к публикации 18.08.2021; опубликована 27.09.2021  
Submitted 14/07/2021; revised 18/08/2021; published 27/09/2021

**Чебан Антон Юрьевич** – ведущий научный сотрудник, Институт горного дела Хабаровского Федерального исследовательского центра Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИГД ХФИЦ ДВО РАН), Хабаровск, Россия.  
Email: chebanay@mail.ru

**Anton Yu. Cheban** – Lead Researcher, Mining Institute of the Khabarovsk Federal Research Center of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences (MI KhFRC FEB RAS), Khabarovsk, Russia.  
Email: chebanay@mail.ru