

DOI: 10.25558/VOSTNII.2022.33.14.010

УДК 622.861

© Д.Е. Скударнов, В.А. Портола, А.А. Бобровникова, 2022

**Д.Е. СКУДАРНОВ**

аспирант  
КузГТУ, г. Кемерово  
e-mail:



**В.А. ПОРТОЛА**

д-р техн. наук, профессор,  
КузГТУ, г. Кемерово  
e-mail: portola2@yandex.ru



**А.А. БОБРОВНИКОВА**

канд. хим. наук,  
заведующая кафедрой  
КузГТУ, г. Кемерово  
e-mail: bobrownickowa.al@yandex.ru



## ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА ЭКСПЛУАТАЦИИ КАРЬЕРНЫХ САМОСВАЛОВ НА ВЫБРОСЫ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

*Приведены результаты исследований выброса в атмосферу вредных веществ при ведении открытых горных работ. Определено выделение оксидов азота, оксида углерода и сажи при работе автомобильного транспорта. Рассмотрены режимы полной загрузки горной массой, порожнего автомобиля и холостого хода. Повышение производительности используемых самосвалов позволяет снизить выбросы всех опасных выбросов, образующихся при работе двигателя.*

Ключевые слова: ОТКРЫТЫЕ ГОРНЫЕ РАБОТЫ, АВТОТРАНСПОРТ, ВЫБРОС ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ, ЭКОЛОГИЯ, ОКСИДЫ АЗОТА, ОКСИД УГЛЕРОДА, САЖА.

Технологические процессы ведения открытых горных работ сопровождаются образованием побочных продуктов деятельности горнодобывающих предприятий. Пылегазовые выбросы являются одним из негативных проявлений данной деятельности. При до-

быче угля открытым способом в воздушный бассейн поступает большое количество пыли и отработавших газов двигателей внутреннего сгорания [1]. Горнодобывающая техника и карьерные самосвалы являются не единственными источниками выбросов отработавших

газов двигателей и пыли, а процессы насыщения воздушного бассейна такого рода побочными продуктами зависят как от отдельных факторов, так и от суммарного воздействия нескольких факторов. Интенсивность пылегазовых загрязнений атмосферного воздуха определяется используемыми технологическими и техническими процессами, применяемым оборудованием на подготовительных, вскрышных и добычных работах, а также природно-климатическими условиями района ведения открытых горных работ [2].

Пылегазовые выбросы представляют собой совокупность тонко дисперсных частиц ( $\text{SiO}_2$  размером до 100 мкм) и газов: оксида углерода (CO), диоксид азота ( $\text{NO}_2$ ), серы диоксид ( $\text{SO}_2$ ) и др. Источники пылегазовых выбросов могут быть как постоянными участниками технологических процессов, так и временными составляющими. Можно выделить следующие группы источников:

- горнотранспортное оборудование (включая двигатели внутреннего сгорания);
- буровзрывные работы;
- естественное выделение газов из угля и пород;
- эндогенные пожары.

Горнотранспортное оборудование является источником пылегазовых выбросов в случаях использования двигателей внутреннего сгорания. Техногенное воздействие автомобильного транспорта на человека и окружающую среду, в т. ч. карьеров и рудников, преимущественно оценивается по параметру — экологическая безопасность через выброс вредных веществ с отработавшими газами двигателей внутреннего сгорания [3].

Для получения разрешения на эксплуатацию двигателя внутреннего сгорания проходят процесс сертификации на соответствие экологическому классу. В Российской Федерации сертификация производится по экологическому классу Евро. Таким образом, количество выделяемых вредных веществ зависит от конструктивных особенностей двигателей внутреннего сгорания. Для сокращения выбросов вредных веществ конструкции двигателей постоянно совершенствуются. Так,

изменение конструкции двигателей внутреннего сгорания сделало возможным применение комбинированного вида топлива (смесь дизельного топлива и газового), либо переход на газовое топливо (в данном случае отсутствуют выбросы сажи); либо применение других типов двигателей самосвалов, использующих электрическую энергию. В зависимости от выбранного источника энергии достигается сокращение выбросов в различной степени. Также для снижения выбросов вредных веществ применяют нейтрализаторы продуктов горения. Дополнительно сократить выбросы возможно с помощью применения присадок для двигателей, снижающих выбросы сажи в атмосферу.

Эксплуатационные условия автотранспорта влияют на количество выделяемых выбросов вредных веществ и их воздействие на человека. Можно выделить влияние климатических и горно-геологических условий. К климатическим условиям относятся температура окружающего воздуха и скорость ветра, которые влияют на процессы проветривания участков открытых горных работ. В случае если температура окружающего воздуха имеет отрицательные значения, то происходит охлаждение отработавших газов, что затрудняет их подъем в верхние слои атмосферного воздуха.

Замедленный подъем отработавших газов в верхние слои атмосферного воздуха, а иногда и его прекращение в совокупности с отсутствием ветра, приводит к образованию скопления негативной воздушной массы, содержащей вредные вещества. Расширение границ участков ведения открытых горных работ, увеличение глубины карьеров и разрезов может приводить к усложнению проветривания. Глубина карьера является одним из факторов, влияющих на количество вредных веществ в атмосфере рабочих зон. По мере понижения горных работ проветриваемость карьера ухудшается и отработавшие газы дизельных двигателей карьерной техники (главным образом, автотранспорта) накапливаются в карьере, и в определенные моменты не только превышают предельно допустимые

концентрации (ПДК), но и ухудшают видимость [4].

Буровзрывные работы являются источниками пылегазовых выбросов при ведении открытых горных работ. При взрывах основными выбрасываемыми веществами являются оксид и диоксид азота, углерод оксид и пыль. Загрязнение окружающей среды происходит за счет выделения вредных газов и пыли из взрывчатого вещества и из взорванной массы. Взрывы кратковременны, поэтому не являются постоянными источниками [5]. Влияют на состав воздуха и газы, выделяемые из пластов угля и вмещающей породы [6, 7].

Источниками выбросов в атмосферу рабочих зон горнодобывающих предприятий и прилегающих территорий являются эндогенные пожары. Так, скопления угля при определенных условиях могут самовозгораться, выделяя токсичные для человека продукты [8, 9]. Самовозгораются также руды, содержащие серу [10]. Особенно часто горят породные отвалы, содержащие в своем составе включения угля и углесодержащих пород [11]. Опасность самовозгорания увеличивается для скопления угольной пыли [12].

Открытый способ добычи полезных ископаемых преобладает над подземным способом добычи полезных ископаемых. В настоящее время на долю открытого способа разработки полезных ископаемых в мире [13]. Основным видом технологического транспорта в карьерах остается автомобильный, который используется для транспортирования примерно 80 % всей горной массы в мире [14, 15]. Учитывая совокупность данных факторов, поиск решения по снижению выбросов большегрузных самосвалов в атмосферу карьеров и разрезов и окружающую среду является одним из приоритетных направлений исследований.

На горнодобывающих предприятиях расчет выбросов вредных веществ осуществляется по «Отраслевой методике расчета количества отходящих, уловленных и вбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ при сжигании угля и технологических процессах горного производства на предприятиях угольной

промышленности» (Пермь, 2014 г). Согласно данной методике, количество выбросов загрязняющих веществ, являющихся продуктами горения дизельного топлива, зависит от режимов работы двигателей внутреннего сгорания (ДВС) карьерных автосамосвалов.

Движение автосамосвалов в груженом состоянии в подъем технологической дороги сопровождается 100 % использованием мощности ДВС. Обороты двигателя автосамосвала марки БелАЗ-75306 при таком режиме работы могут составлять от 1800 до 1900 в минуту. Движение автосамосвалов в порожнем состоянии сопровождается 50 % использованием мощности ДВС, обороты двигателя при данном режиме работы будут составлять около 1100 оборотов в минуту. Работа двигателя на холостом ходу сопровождается минимальным использованием мощности, количество оборотов двигателя на данном режиме составляет около 500 оборотов в минуту.

Расчет удельного усредненного выброса  $i$ -того загрязняющего вещества за период рассчитывается по формуле:

$$q_{icpj} = \sum_{k=1}^m q_{ijk} \times \tau_k, \text{ кг/ч} \quad (1)$$

где  $q_{ijk}$  — удельный выброс загрязняющего вещества,  $\tau_k$  — доля времени работы самосвала на  $k$ -том режиме работы двигателя.

Значение удельного выброс  $i$ -го загрязняющего вещества при  $k$ -том режиме работы двигателя при проведении расчетов выбирается в зависимости от мощности двигателя и соответствия его определенному экологическому стандарту (классу). Получение данных о времени работы самосвала на  $k$ -том режиме работы двигателя в данной работе выполнено с помощью программно-аппаратного комплекса автоматической системы диспетчеризации. Для выполнения расчетов были получены следующие типы данных:

– продолжительность выполнения технологических операций (время погрузки, движения груженым, разгрузки, движения порожним, продолжительность простоев во время выполнения технологических операций);

- данные о работе ДВС (обороты двигателя);
- данные о весе перевозимого груза.

Продолжительность погрузки самосвала экскаватором рассчитывалось на основании данных, полученных от системы контроля загрузки (контроллер, устанавливаемый на самосвал для контроля полноты загрузки, определения веса перевозимого груза), а также скорости движения самосвала. Дополнительно анализируется параметр обороты ДВС, данные снимаются с помощью подключения к CAN-шине самосвала, для технологической операции погрузка зафиксированное значение в установленном диапазоне методикой около 500 об/мин.

Время движения с грузом фиксируется с начала движения самосвала после окончания погрузки и до остановки перед разгрузкой. При наличии остановок в процессе движения самосвала в груженом состоянии, продолжительность зафиксированного простоя отнимается от вышеуказанного интервала. В момент движения самосвала груженым из забоя экскаватора на отвал зафиксированы следующие значения оборотов ДВС: от 1800 до 1900 об/мин. Время разгрузки самосвала фиксируется с момента окончания движения в груженом состоянии и до начала движения в порожнем состоянии. Временной интервал разгрузки самосвала сопровождается изменением зафиксированного значения веса. Обороты ДВС соответствуют значению около 500 об/мин.

Время движения в порожнем состоянии фиксируется с момента завершения разгрузки и до остановки самосвала в забое экскава-

тора с последующей погрузкой. Дополнительно порожний пробег самосвала фиксируется при работе вне цикла транспортировки горной массы: движение между площадкой перемены и забоем экскаватора, уход с целевого маршрута транспортировки горной массы и движение до заправочной станции, станция технического обслуживания и ремонта (ТОиР), перегон между участками работ. Обороты ДВС при выполнении порожнего пробега фиксируются около 1100 об/мин.

Простои самосвалов, не являющиеся частью технологического процесса транспортировки горной массы (ожидание погрузки, погрузка, разгрузка), фиксируются отдельно. В случаях, когда во время простоя самосвала ДВС работает, фиксируются значения оборотов ДВС около 500 об/мин, продолжительность простоя берется к учету при расчете выбросов вредных веществ. В случаях, когда ДВС во время простоя не работает, продолжительность простоя самосвала не попадает в расчет выбросов вредных веществ.

Для проведения эксперимента был выбран самосвал марки БелАЗ-75306. Данные по циклам работы самосвала были собраны с помощью программно-аппаратного комплекса АСУ ГТК «Карьер». В результате работы самосвала за 12-часовую смену было выполнено 17 полных рейсов и 1 переходящий рейс в следующую смену. Среднее расстояние транспортировки горной массы составило 5,41 км, процент загрузки самосвала составил 97,2 %.

Согласно методике был произведен расчет выбросов вредных веществ за смену, результаты расчета представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты замера выбросов загрязняющих веществ

Загрязняющее вещество	Значение удельного выброса, кг/ч	Режим работы	Время работы ДВС на k-том режиме, ч	Фактические значения выбросов, кг
Оксид углерода, CO	3,5	1900 об/мин	4,8	16,8
Углеводороды, CH	1		4,8	4,8
Оксиды азота, NOx	5,4		4,8	25,92
Сажа, C	0,2		4,8	0,96
Оксид углерода, CO	1,925	1000 об/мин	3,35	6,44875

Загрязняющее вещество	Значение удельного выброса, кг/ч	Режим работы	Время работы ДВС на k-том режиме, ч	Фактические значения выбросов, кг
Углеводороды, CH	0,54	1000 об/мин	3,35	1,809
Оксиды азота, N <sub>ox</sub>	0,13		3,35	0,4355
Сажа, С	0,09		3,35	0,3015
Оксид углерода, CO	1,435	Холостой ход	3,85	5,52475
Углеводороды, CH	0,15		3,85	0,5775
Оксиды азота, N <sub>ox</sub>	0,014		3,85	0,0539
Сажа, С	0,03		3,85	0,1155
Оксид углерода, CO	1,435	Сумма за смену	12	28,7735
Углеводороды, CH	0,15			7,1865
Оксиды азота, N <sub>ox</sub>	0,014			26,4094
Сажа, С	0,03			1,377

Приведенные данные свидетельствуют, что при транспортировке груза от работы ДВС больше всего образуется окислов азота, а при холостом ходе и движении без груза больше выделяется оксида углерода. За смену преобладает выделение оксида углерода.

Показатель процента загрузки самосвала по паспорту характеризует эффективность эксплуатации самосвала. Если значения показателя процента загрузки самосвала по паспорту меньше 100 %, то в процессе эксплуатации самосвала образуются потери горной массы. Показатель потерь горной массы представляет собой разность между произведением количества выполненных рейсов на значение загрузки самосвала по паспорту и суммой фактических значений загрузки самосвала:

$$\Delta P = pM_{\text{п}} - pM_{\text{ф}}, \quad (2)$$

где  $\Delta P$  — потери горной массы, т;  $p$  — количество рейсов;  $M_{\text{п}}$  — вес груза по паспорту, т;  $M_{\text{ф}}$  — вес груза по факту, т.

Потери горной массы  $\Delta P = 17 \cdot 220 - (217 + 219 + 214 + 194 + 213 + 233 + 208 + 221 + 199 + 211 + 214 + 220 + 219 + 207 + 221 + 207 + 217) = 106$  т.

Потери горной массы, полученные по причине недогрузов самосвалов, приводят к потребности выполнения дополнительных рейсов. На основании полученных значений

выбросов загрязняющих веществ для каждого выполненного рейса и с учетом потерь горной массы можно определить потенциальные значения выбросов загрязняющих веществ.

Потенциальные значения выбросов загрязняющих веществ от работы ДВС являются суммой фактических расчетных значений выбросов вредных веществ и дополнительных выбросов вредных веществ, которые поступают в атмосферу карьеров и разрезов в результате транспортировки не вывезенной горной массы из-за недогрузов самосвалов. Основной задачей проведения эксперимента является поиск зависимости увеличения выбросов вредных веществ за счет недогрузов самосвалов.

Расчет дополнительных удельных выбросов загрязняющего вещества определяется по формуле:

$$q_{\text{доп. } i \text{ c } p j} = \sum_{k=1}^m k_{\text{пнр}} \times q_{ijk} \times \tau_k, \text{ кг/ч} \quad (3)$$

где  $k_{\text{пнр}}$  — коэффициент потерь невыполненных рейсов;  $q_{ijr}$  — удельный выброс загрязняющего вещества, кг/ч;  $\tau_k$  — продолжительность операции в цикле рейса, ч.

Коэффициент потерь невыполненных рейсов равен:

$$k_{\text{пнр}} = \Delta P / M_{\text{ф}} \quad (4)$$

Коэффициент потерь невыполненных бросов вредных веществ для каждого выполненного рейса самосвала в течение смены.  $106 / 220 = 0,48$ .

Для оценки потенциальных выбросов вредных веществ был произведен расчет вредных веществ представлены в табл. 2.

Таблица 2

Потенциальные выбросы вредных веществ

Номер рейса	$Q_{\text{срj}}$ оксида углерода за рейс (кг/ч)	Потенциальный выброс оксида углерода за смену (кг/ч)	Выбросы оксидов азота за рейс (кг/ч)	Потенциальный выброс оксидов азота за смену (кг/ч)	Выбросы сажи за рейс (кг/ч)	Потенциальный выброс сажи за смену (кг/ч)	Выбросы углеводорода за рейс (кг/ч)	Потенциальный выброс углеводорода за смену (кг/ч)
1	1,8736	0,8993	1,7384	0,8344	0,0906	0,0435	0,4736	0,2273
2	1,641	0,7877	1,5136	0,7265	0,079	0,0379	0,4129	0,1982
3	1,5231	0,7311	1,4908	0,7156	0,077	0,037	0,4045	0,1942
4	1,7649	0,8472	1,5776	0,7572	0,0838	0,0402	0,4383	0,2104
5	1,8116	0,8696	1,5785	0,7577	0,0843	0,0405	0,4399	0,2112
6	1,7721	0,8506	1,6666	0,8	0,0852	0,0409	0,4436	0,2129
7	1,6936	0,8129	1,5704	0,7538	0,0813	0,039	0,4241	0,2036
8	1,6441	0,7892	1,5062	0,723	0,0783	0,0376	0,408	0,1958
9	1,6928	0,8125	1,5582	0,7479	0,0809	0,0388	0,4217	0,2024
10	1,4869	0,7137	1,5058	0,7228	0,0749	0,036	0,3907	0,1875
11	1,3845	0,6646	1,4777	0,7093	0,0726	0,0348	0,3804	0,1826
12	1,9316	0,9272	1,4908	0,7156	0,085	0,0408	0,4437	0,213
13	1,5737	0,7554	1,5948	0,7655	0,0795	0,0382	0,4153	0,1993
14	1,5622	0,7499	1,5149	0,7272	0,0776	0,0372	0,4065	0,1951
15	1,7385	0,8345	1,5263	0,7326	0,0819	0,0393	0,4284	0,2056
16	1,5682	0,7527	1,4788	0,7098	0,0762	0,0366	0,3976	0,1908
17	1,581	0,7589	1,4546	0,6982	0,0763	0,0366	0,3988	0,1914

На основании произведенного расчета для каждого рейса была определена величина минимального и максимального дополнительного выброса вредного вещества. Прогнозируемые значения дополнительных выбросов оксида углерода за смену представлены на рисунке 1. Минимальное значение дополнительного прогнозируемого выброса составляет 0,6646 кг, а максимальное равно 0,9272 кг.

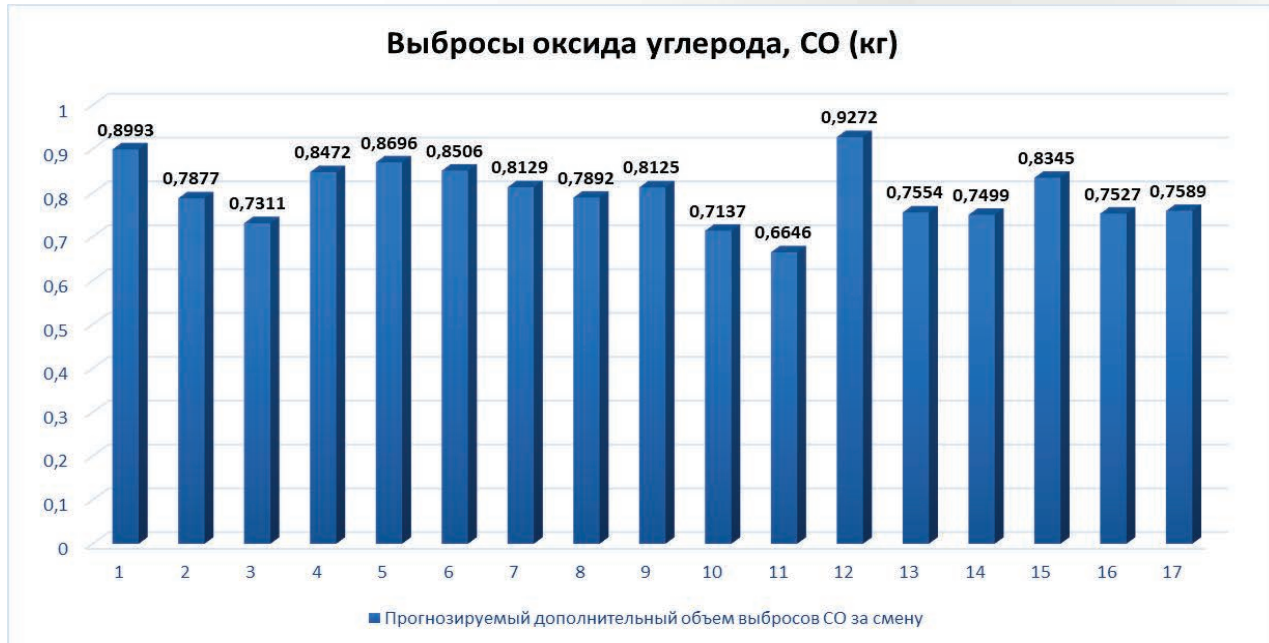


Рис. 1. Прогнозируемый объем дополнительных выбросов оксида углерода за отработанную смену

Прогнозируемые значения дополнительных выбросов оксида азота за смену представлены на рисунке 2. Минимальное значение

дополнительного прогнозируемого выброса составляет 0,6982 кг, а максимальное составляет 0,8344 кг.



Рис. 2. Прогнозируемый объем дополнительных выбросов оксида азота за отработанную смену

Прогнозируемые значения дополнительных выбросов углеводорода СН за смену представлены на рис. 3. Минимальное значение

дополнительного прогнозируемого выброса составляет 0,1826 кг, а максимальное равно 0,2273 кг.

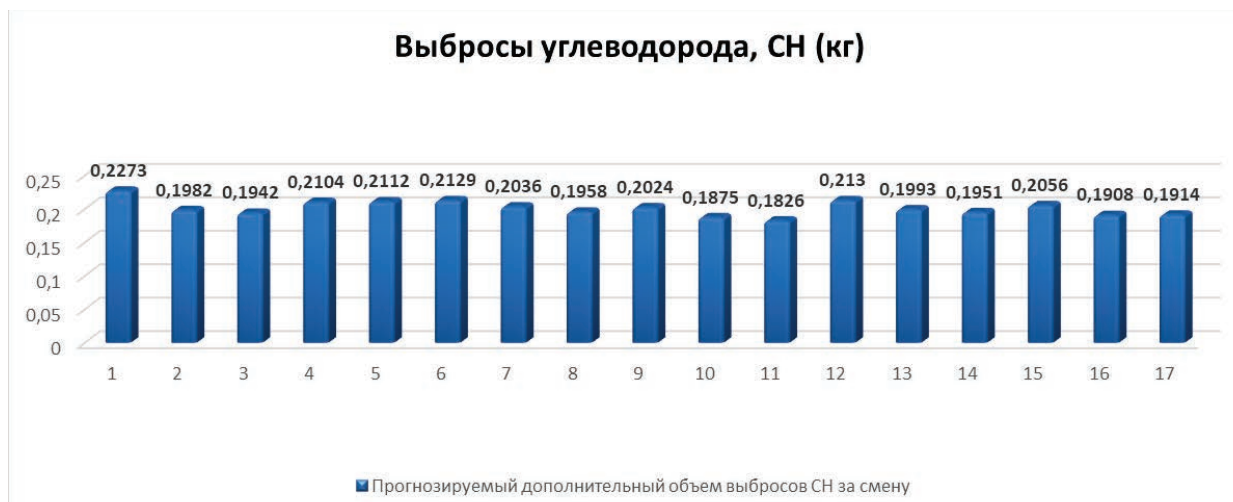


Рис. 3. Прогнозируемый объем дополнительных выбросов углеводорода за отработанную смену

Прогнозируемые значения дополнительных выбросов сажи за смену представлены на рис. 4. Минимальное значение дополнительного прогнозируемого выброса составляет 0,0348 кг, максимальное составляет 0,0435 кг.

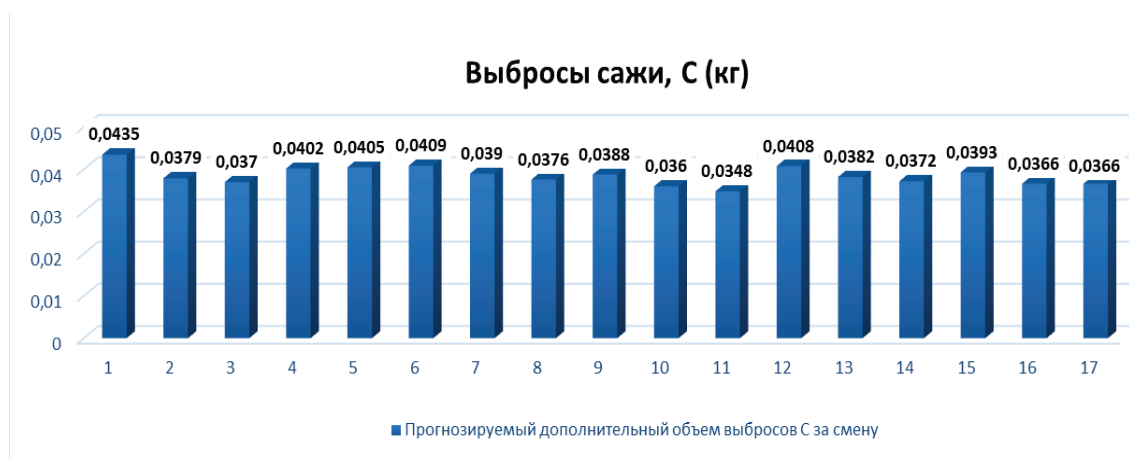


Рис. 4. Прогнозируемый объем дополнительных выбросов сажи за отработанную смену

Фактические и прогнозируемые значения выбросов загрязняющих веществ представлены в табл. 3.

Таблица 3

Фактические и прогнозируемые значения выбросов загрязняющих веществ

Загрязняющее вещество	Вес выбросов за смену, кг	Минимальный прогнозируемый вес дополнительных выбросов загрязняющего вещества, кг	Минимальный уровень выбросов загрязняющих веществ с учетом прогнозируемых значений, кг	Максимальный прогнозируемый вес дополнительных выбросов загрязняющего вещества, кг	Максимальный уровень выбросов загрязняющих веществ с учетом прогнозируемых значений, кг
Оксид углерода	28,7735	0,6646	29,4381	0,9272	29,7007
Углеводороды	7,1865	0,1826	7,3691	0,2273	7,4138



Загрязняющее вещество	Вес выбросов за смену, кг	Минимальный прогнозируемый вес дополнительных выбросов загрязняющего вещества, кг	Минимальный уровень выбросов загрязняющих веществ с учетом прогнозируемых значений, кг	Максимальный прогнозируемый вес дополнительных выбросов загрязняющего вещества, кг	Максимальный уровень выбросов загрязняющих веществ с учетом прогнозируемых значений, кг
Оксиды азота	26,4094	0,6982	27,1076	0,8344	27,2438
Сажа	1,377	0,0348	1,4118	0,0435	1,4205

Также в данной работе произведена оценка влияния производительности самосвалов на количество выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ. Производительность работы самосвалов определяли по формуле:

$$Q = \sum_1^m (M * L) / \sum_1^n T, \quad (5)$$

где  $M$  — вес перевозимого груза, т;  $L$  — расстояние транспортировки груза, км;  $T$  — время работы самосвала на линии за вычетом времени ремонтов.

Для проведения анализа зависимости производительности самосвалов (по критерию т·км/ч) и количества выбросов загрязняющих веществ от ДВС расчет производится с использованием фактического значения веса перевозимого груза и целевого значения веса перевозимого груза.

Фактическая производительность за смену составила 1637,76 т·км/ч. Целевая производительность в случае 100 % загрузки самосвала за смену составила 1685,2 т·км/ч. В случае достижения целевой производительности при перевозке 3740 т горной массы, количество загрязняющих выбросов составит 28,7735 кг оксида углерода, 26,4094 кг оксида азота, 7,1865 кг углеводорода и 1,377 кг сажи. В случае фактической производительности выброс загрязняющих веществ с учетом коэффициента невыполненных рейсов составит от 29,4381 до 29,7007 кг оксида углерода, от 27,1076 до 27,2438 кг оксидов азота, от 7,3691 до 7,4138 кг углеводорода, от 1,4118 до 1,4205 кг сажи. Зависимость выбросов вредных веществ от производительности карьерного транспорта представлена на рис. 5.

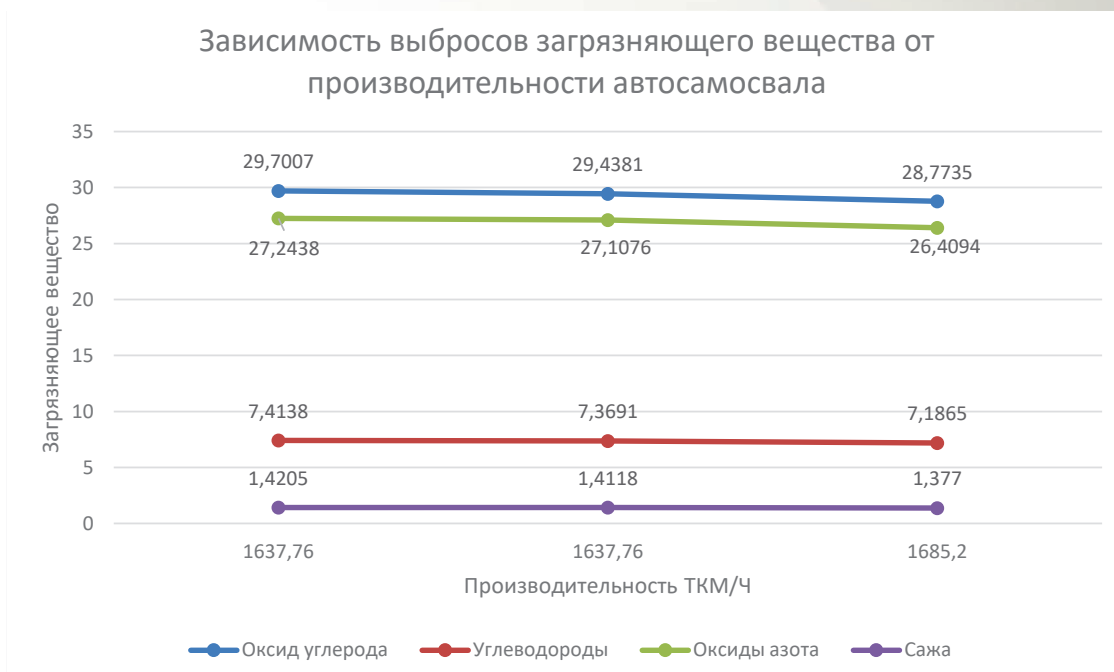


Рис. 5. Зависимость выбросов загрязняющего вещества от производительности самосвалов

Анализ полученных результатов показывает, что повышение производительности используемых самосвалов позволяет снизить выбросы всех опасных выбросов, образующихся при работе двигателя.

Количество выбрасываемых в атмосферу продуктов горения дизельного топлива зависит от режимов эксплуатации автосамосвалов. В данной работе введен термин коэффициент потерь невыполненных рейсов, который представляет собой отношение потерь горной массы к паспортному значению веса груза, перевозимого за один рейс. Потери горной массы определяются как разница между значением веса по паспорту загрузки самосвала и фактически перевезенным весом. Коэффициент потерь невыполненных рейсов используется для расчета потенциальных значений дополнительных выбросов загрязняющих веществ.

Потери горной массы за анализируемую смену составили 106 тонн, коэффициент потерь невыполненных рейсов равен 0,48. На основании этих данных выброс загрязняющих веществ потенциально увеличится на 3,22 % для оксида углерода, на 3,16 % для оксида азота, на 3,16 % для углеводорода и сажи

соответственно. Количество выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ зависит от степени загрузки автосамосвалов в процессе транспортировки горной массы.

Производительность самосвалов при расчете показателя в т·км/ч. имеет зависимость от степени загрузки самосвала. В работе рассмотрена зависимость производительности самосвала и количество выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. При условии достижения целевой производительности за смену равной 1685,2 т·км/ч. данный показатель будет увеличен на 2,9 %, при этом потенциальное количество выбросов загрязняющих веществ будет снижено на 3,22 % для оксида углерода, 3,16 % для оксида азота, углеводорода и сажи.

Контроль степени загрузки самосвалов и производительности являются инструментом снижения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, являющимися продуктами горения дизельного топлива.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда No 22-27-20004, <https://rscf.ru/project/22-27-20004/>.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колесников Е.Ю., Колесникова Т.М. Экологическая экспертиза и экологический аудит: учебник и практикум для СПО. М., 2019. С. 48.
2. Тимофеева С.С., Карпова И.А. Экологическая нагрузка Мугунского угольного разреза на атмосферный воздух // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2013. № 1 (3). С. 201–205.
3. Тимофеева С.С., Коробкова А.А. Оценка воздействия на атмосферу горнодобывающих предприятий Иркутской области // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2012. № 7(66). С. 66–71.
4. Тарасов П.И., Журавлев А.Г., Фелелов Е.В., Фурин В.О., Ворошилов А.Г., Тарасов А.П., Бабаскин С.Л. Сокращение загазованности карьерного пространства при применении новых видов карьерного транспорта // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2008. № 2. С. 260–271.
5. Сайкин А.М. Стандарты и методы оценки экологической и активной безопасности горнотранспортного оборудования с дизельным приводом // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2011. № 11. С. 146–154.
6. Kozyreva E.N., Nepeina E.S., Shinkevich M.V. Influence of Temperature on the Methane Content of Kuznetsk Basin Coking Coal // Coke and Chemistry. 2018. Vol. 61. No. 3. P. 112–115
7. Шинкевич М.В. Газовыделение из отрабатываемого пласта с учётом геомеханических процессов во вмещающем массиве // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2013. № S6. С. 278–285.

8. Portola V.A. Assessment of the effect of some factors on spontaneous coal combustion // Journal of Mining Science. 1996. No. 32(3). P. 212–218.

9. Портола В.А., Храмцов В.И. Влияние применяемых в шахтах составов на склонность угля к самовозгоранию // Безопасность труда в промышленности. 2017. № 2. С. 56–59.

10. Портола В.А., Бобровникова А.А., Палеев Д.Ю., Еременко А.А., Шапошник Ю.Н. Исследование скорости сорбции кислорода самовозгорающимися сульфидными рудами // Безопасность труда в промышленности. 2020. № 1. С. 57–62.

11. Портола В.А., Скударнов Д.Е., Протасов С.И., Подображин С.Н. Оценка параметров очагов самовозгорания породных отвалов угольных карьеров и способов их тушения // Безопасность труда в промышленности. 2017. № 11. С. 41–43.

12. Портола В.А. Опасность самовозгорания угольной пыли // Безопасность труда в промышленности. 2015. № 6. С. 36–39.

13. Бугаец В.В., Савон Д.Ю. Обеспечение экологически безопасного водопользования при эффективной водохозяйственной деятельности предприятий // Гуманитарные и социально-экономические науки. 2014. № 5. С. 137–141.

14. Бугаец В.В., Савон Д.Ю. Роль эколого-экономических инструментов при рациональном использовании водных ресурсов // Экономические и гуманитарные исследования регионов. 2014. № 5. С. 65–70.

15. Калачева Л.В., Петров И.В., Савон Д.Ю. Кадровое обеспечение предприятий угольной промышленности как условие роста производительности труда и создания высокопроизводительных рабочих мест // Гуманитарные и социально-экономические науки. 2014. № 6. С. 120–124.

DOI: 10.25558/VOSTNII.2022.33.14.010

UDC 622.822.2

© D.E. Skudarnov, V.A. Portola, A.A. Bobrovnikova, 2022

**D.E. SKUDARNOV**

Post-Graduate Student

KuzSTU, Kemerovo

**V.A. PORTOLA**

Doctor of Engineering Sciences, Professor

KuzSTU, Kemerovo

e-mail: portola2@yandex.ru

**A.A. BOBROVNIKOVA**

Candidate of Chemical Sciences,

Head of the Department

KuzSTU, Kemerovo

e-mail: bobrownickowa.al@yandex.ru

## IMPACT OF THE OPERATION MODE OF MINING DUMP TRUCKS ON POLLUTANT EMISSIONS

*The results of studies of the emission of harmful substances into the atmosphere during open-pit mining are presented. The release of nitrogen oxides, carbon monoxide and soot during the operation*

*of road transport has been determined. The modes of full loading with rock mass, empty car and idling are considered. Increasing the productivity of used trucks reduces emissions of all hazardous emissions generated during engine operation.*

Keywords: OPEN MINING, VEHICLES, EMISSIONS, ECOLOGY, NITROGEN OXIDES, CARBON OXIDE, SOOT

#### REFERENCES

1. Kolesnikov E.Yu., Kolesnikova T.M. Environmental expertise and environmental audit: textbook and workshop for SVE. M., 2019. P. 48. [In Russ.].
2. Timofeeva S.S., Karpova I.A. Environmental impact of the Mugunsky coal mine on atmospheric air // Interexpo Geo-Siberia [Interekspo Geo-Sibir]. 2013. No. 1(3). P. 201–205. [In Russ.].
3. Timofeeva S.S., Korobkova A.A. Assessment of the impact on the atmosphere of mining enterprises of the Irkutsk region // Bulletin of Irkutsk State Technical University [Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta]. 2012. No. 7(66). P. 66–71. [In Russ.].
4. Tarasov P.I., Zhuravlev A.G., Fefelov E.V., Furin V.O., Voroshilov A.G., Tarasov A.P., Babaskin S.L. Reduction of gas contamination of the quarry space when using new types of quarry transport // Mining information and Analytical bulletin (scientific and technical journal) [Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten (nauchno-tekhnicheskij zhurnal)]. 2008. No. 2. P. 260–271. [In Russ.].
5. Saikin A.M. Standards and methods for assessing environmental and active safety of mining equipment with diesel drive // Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal) [Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten (nauchno-tekhnicheskij zhurnal)]. 2011. No. 11. P. 146–154. [In Russ.].
6. Kozyreva E.N., Nepeina E.S., Shinkevich M.V. Influence of Temperature on the Methane Content of Kuznetsk Basin Coking Coal // Coke and Chemistry. 2018. Vol. 61. No. 3. P. 112–115
7. Shinkevich M.V. Gas release from the worked formation taking into account geomechanical processes in the host array // Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal) [Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten (nauchno-tekhnicheskij zhurnal)]. 2013. No. S6. P. 278–285. [In Russ.].
8. Portola V.A. Assessment of the effect of some factors on spontaneous coal combustion // Journal of Mining Science. 1996. No. 32(3). P. 212–218.
9. Portola V.A., Khramtsov V.I. The influence of compositions used in mines on the propensity of coal to spontaneous combustion // Industrial safety [Bezopasnost truda v promyshlennosti]. 2017. No. 2. P. 56–59. [In Russ.].
10. Portola V.A., Bobrovnikova A.A., Paleev D.Yu., Eremenko A.A., Shaposhnik Yu.N. Investigation of oxygen sorption rate by self-igniting sulfide ores // Industrial safety [Bezopasnost truda v promyshlennosti]. 2020. No. 1. P. 57–62. [In Russ.].
11. Portola V.A., Skudarnov D.E., Protasov S.I., Podobrazhin S.N. Estimation of parameters of spontaneous combustion of rock dumps of coal pits and methods of their extinguishing // Industrial safety [Bezopasnost truda v promyshlennosti]. 2017. No. 11. P. 41–43. [In Russ.].
12. Portola V.A. The danger of spontaneous combustion of coal dust // Industrial safety [Bezopasnost truda v promyshlennosti]. 2015. No. 6. P. 36–39. [In Russ.].
13. Bugayets V.V., Savon D.Yu. Ensuring environmentally safe water use with effective water management activities of enterprises // Humanities and socio-economic sciences [Gumanitarnye i socialno-ekonomicheskie nauki]. 2014. No. 5. P. 137–141. [In Russ.].
14. Bugaets V.V., Savon D.Yu. The role of ecological and economic instruments in the rational use of water resources // Ekonomicheskie i gumanitarnye issledovaniya regionov. 2014. No. 5. P. 65–70. [In Russ.].
15. Kalacheva L.V., Petrov I.V., Savon D.Yu. Staffing of coal industry enterprises as a condition for labor productivity growth and creation of high-performance jobs // Humanities and socio-economic sciences [Gumanitarnye i socialno-ekonomicheskie nauki]. 2014. No. 6. P. 120–124. [In Russ.].