

О.Е. Шешко**ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ
СНИЖЕНИЯ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРУ
ГЛУБОКИХ КАРЬЕРОВ**

Рассмотрены основные направления снижения вредных выбросов и повышения энергоэффективности транспорта в глубоких карьерах. Показано, что число глубоких карьеров достаточно велико, как у нас в стране, так и за рубежом, и это положение будет сохраняться в ближайшей перспективе. Основным видом транспорта глубоких карьеров в настоящее время является автомобильный транспорт, являющийся также и основным загрязнителем окружающей среды. Поэтому задача создания экологически безопасного и энергоэффективного транспорта остается важнейшей. Приведены данные о величинах вредных выбросов в атмосферу автосамосвалов различной грузоподъемности, дизель-троллейбусов, троллейбусов, оборудования циклично-поточной технологии в зависимости от глубины карьера. Показано, что сумма отношений концентраций вредных выбросов к их предельно-допустимым значениям как для автосамосвалов, так и для дизель-троллейбусов и троллейбусов возрастает при увеличении глубины карьера. Это возрастание – особенно резкое для автосамосвалов, для дизель-троллейбусов и троллейбусов – значительно меньше. Приведены технико-экономические показатели применения в расчетном карьере автомобильного, дизель-троллейбусного транспорта, а также при эксплуатации циклично – поточной технологии с установкой крутонаклонного конвейера на подъеме руды из карьера. Показано, что замена тепловой энергии на электрическую обеспечивает существенное сокращение эксплуатационных затрат. Годовой экономический эффект при эксплуатации дизель-троллейбусного транспорта составил 14,16 млн руб./год, а циклично-поточной технологии – 19,39 млн руб./год.

Ключевые слова: карьерные самосвалы, дизель-троллейбусы, троллейбусы, крутонаклонные конвейеры с прижимной лентой, экологическая и экономическая эффективность машин.

Тенденцией развития мировой горной промышленности является стабильная ориентация на открытый способ разработки полезных ископаемых, так как он обеспечивает лучшие экономические показатели.

В настоящее время на долю открытого способа разработки приходится до 73% общих объемов добычи полезных ископаемых в мире [1].

Развитие открытого способа разработки на современном этапе характеризуется увеличением концентрации производства, глубины и расстояния транспортирования. Ухудшаются экономические и экологические показатели предприятий: доля затрат на карьерный транспорт доходит до 55–60% в

себестоимости добычи полезного ископаемого, а доля вредных выбросов в атмосферу превышает 50%. При этом основной объем добычи и выемки горной массы в ближайшие десятилетия будет осуществляться путем освоения глубоких горизонтов. Основным видом технологического транспорта в карьерах настоящее время остается автомобильный, который используется для транспортирования примерно 80% всей горной массы в мире [2, 4].

Основным ограничением применения автомобильного транспорта на глубоких карьерах является высокая себестоимость перевозки горной массы и негативное антропогенное воздействие на окружающую среду [3].

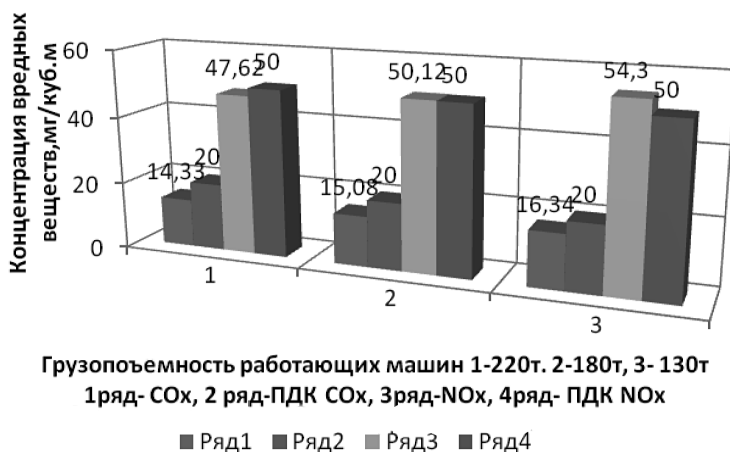


Рис. 1. Зависимость концентрации вредных веществ от грузоподъемности автосамосвалов

С целью расширения области применения автотранспорта в глубоких карьерах, повышения его эффективности и улучшения экологических показателей, не прекращаются поиски новых путей его развития и совершенствования.

Одним из вариантов улучшения экологической ситуации на карьере является применение автосамосвалов увеличенной грузоподъемности. Расчеты выбросов вредных веществ для усредненного глубокого рудного карьера глубиной 500 м, при грузообороте по горной массе ≈ 40 млн т для автосамосвалов с грузоподъемностью 130 т – необходимое их число составляет 65; с грузоподъемностью 180 т – соответственно 60 автосамосвалов и для грузоподъемности 220 т – 57 автосамосвала показали, что, несмотря на некоторое увеличение удельных значений выбросов вредных веществ большегрузным автосамосвалом, снижение числа машин и количества рейсов позволяет улучшить экологию рабочей зоны (рис. 1).

Так при работе автосамосвалов БелАЗ-7513 (грузоподъемность 130 т) отношение суммы концентрации вредных веществ к их предельно допусти-

мому значению $\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ПДК_i}$ составляло

0,637. Экологическая ситуация на карьере близка к критической (если считать, что на долю транспорта приходится $\approx 60\%$ всех выбросов вредных веществ). При замене БелАЗ-7513 на БелАЗ-7530, грузоподъемностью 220 т указанное соотношение несколько ниже 0,454 [5, 6].

Так как срок службы автосамосвалов составляет 7–8 лет, то замена не должна приводить к большим затратам.

Одним из основных направлений считается электрификация карьерного автотранспорта. Наиболее перспективным вариантом замены автосамосвала считают применение дизель-троллейбусов.

Доказано, что при эксплуатации дизель-троллейбусов увеличивается скорость движения по уклону почти вдвое по сравнению с автосамосвалами, производительность машин – на 25%, срок службы мотор колес и дизельных двигателей – на 16% и 20% соответственно, коэффициент технической готовности – до 90%, расход топлива (на участках подъема трассы) на 87%, [7].

В связи с этим, возникла необходимость рассмотрения экологической и

Таблица 1

Расчетная среднесуточная концентрация вредных веществ в атмосфере при работе автотранспорта, дизель-троллейбусов и троллейбусов (соответственно 1, 2 и 3 значения) и их предельно допустимая концентрация (ПДК)

| № п/п | Вредные вещества | Фактическая среднесуточная концентрация (с учетом природоохранных мероприятий), мг/м ³ (Сп) | ПДК, мг/м ³ среднесуточная |
|-------|------------------|--|---------------------------------------|
| 1 | СОх | 2,75; 1,25; 0,86 | 20 |
| 2 | NOх | 2,5; 1,05; 0,72 | 50 |
| 3 | СnНm | 1,2; 0,4; 0,275 | 49 |
| 4 | С | 0,25; 0,01; 0,006 | 3 |
| 5 | пыль | 10,33; 10,33; 10,33 | 100 |

экономической эффективности применения дизель-троллейбусов.

Для примера был взят рудный карьер глубиной 500 м и производительностью 30 млн т по руде. В качестве автосамосвала использован широко применяющийся в данных условиях – БелАЗ-7513. Эта модель в настоящее время предполагается к выпуску в качестве дизель-троллейбуса. Расчеты показали, что для данных условий необходимо ≈ 50 автосамосвалов [8]. Расчетные значения среднесуточной концентрации вредных веществ в атмосфере для данных условий, рассчитаны по общепринятой методике и приведены в табл. 1.

Отношение суммы концентрации вредных веществ к их предельно допустимому значению $\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ПДК_i}$ превысило 0,5, что указывает на превышение допустимых норм, даже, если считать, что на долю руды приходится 40% всех выбросов карьера. При замене автосамосвалов на дизель-троллейбусы аналогичной грузоподъемности, число машин снизится на 20%, то есть будет составлять 39 единиц. Что касается величины концентрации вредных веществ в воздухе, то их величина, как показали расчеты, резко снизится, и только содержание пыли останется прежним, табл. 1. Это объясняется тем, что дизель – троллейбуса более чем 90% времени работают

на холостом ходу, а выбросы вредных веществ на этом режиме минимальные. Расчетная величина $\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ПДК_i}$ при работе дизель-троллейбусов составила $\approx 0,23$

Таким образом, экологическая целесообразность применения дизель – троллейбусов просматривается достаточно четко.

Сравним экономические показатели при автомобильном и дизель-троллейбусном транспорте. Затраты на дизель-троллейбус, по данным Белорусского автозавода, на 5–10%, а по зарубежным данным на $\approx 10\%$ выше чем на автосамосвал.

Приняв за основу увеличение затрат на дизель-троллейбус на 8%, получается экономия на подвижной состав равная $\approx 5,6$ млн долл. США. В пересчете на 1 км трассы затраты на инфраструктуру карьера составляет более 1,13 млн долл. США. А на предполагаемые 8 км трассы – более 9 млн долл. США [9]. Таким образом, экономия на машинах не покрывает затрат на создание инфраструктуры.

Что касается эксплуатационных затрат, то здесь можно ожидать большую экономию по затратам на топливо. При расчете учитывалось, что в дизельном режиме дизель-троллейбус двигается только 10% времени, а все остальное время дизель работает на оборотах близких к холостым (для

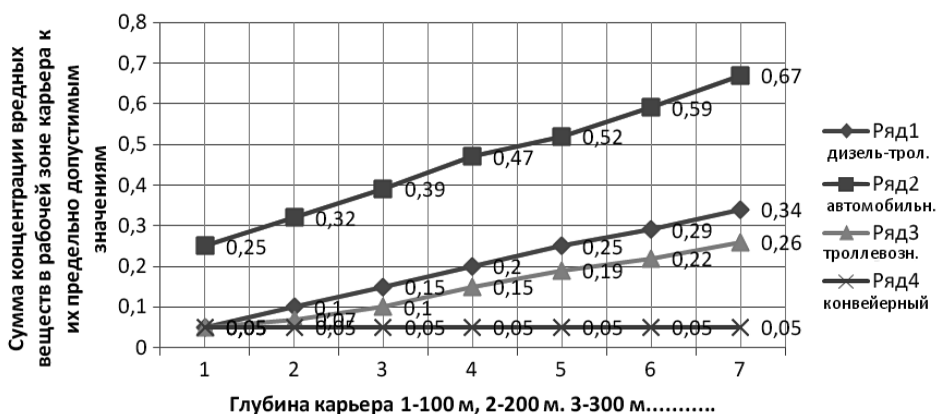


Рис. 2. Концентрация вредных веществ в атмосфере карьеров различной глубины при эксплуатации автомобильного, дизель-троллейвозного, троллейвозного и конвейерного транспорта

нормального функционирования гидравлических систем самосвала).

Даже оставляя все остальные статьи эксплуатационных расчетов одинаковыми (снижение количества водителей компенсируется увеличением персонала на обслуживание инфраструктуры), годовой экономический эффект будет значительным, табл. 2.

Вариантом электрификации автомобильного транспорта является также троллейвоз. Предполагается, что автономное питание у них может производиться за счет аккумуляторных

батарей или различного типа накопителей энергии. При этом из-за отсутствия дизельного двигателя снижается общее количество загрязнителей атмосферы карьера (табл. 1). Расчетная

величина $\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ПДК_i}$ при работе троллейвозов составила $\approx 0,19$.

Расчетные величины концентрации вредных веществ в атмосфере карьеров при различной глубине при эксплуатации автомобильного, дизель-троллейвозного, троллейвозного и кон-

Таблица 2

Технико-экономические показатели при эксплуатации автомобильного транспорта, дизель-троллейвозов и циклично-поточной технологии

| Показатели | Единицы | Значения показателей | | |
|------------------------------|---------------|----------------------|--------------------|------------------------------|
| | | Автосамосвалы | Дизель-троллейвозы | Циклично-поточная технология |
| Капитальные затраты | млн долл. США | 35 | 29,485 | 32,109 |
| Заработная плата | млн долл. США | 2,093 | 2,093 | 1,088 |
| Затраты за электроэнергию | млн долл. США | – | 17 | 16,5 |
| Затраты на топливо | млн долл. США | 42,3 | 6,92 | 4,1 |
| Амортизационные отчисления | млн долл. США | 5,25 | 4,42 | 3,8 |
| Годовой экономический эффект | млн руб./год | – | 14,16 | 19,39 |

вейерного транспорта приведена на рис. 2.

Если сравнить (по укрупненным показателям) полученные данные с затратами на циклично-поточную технологию с крутонаклонным конвейером с прижимной лентой, то следует учитывать, что затраты на линейный метр крутонаклонного конвейера достаточно велики (15–17 тыс. долл. США), при этом длина конвейера на подъем составляет всего ≈ 550 м.

При расчетах учитывались затраты не только на конвейерную линию, но и на оборудование, необходимое для перегрузочного комплекса – вибропитатели, дробилки и др. Все расчетные данные приведены в табл. 2.

Таким образом, несмотря на увеличение затрат на создание дизель-троллейбусов и их инфраструктуры, экономический эффект от их применения превышает 14 млн долл. США за счет

частичной замены тепловой энергии на электрическую. При этом предотвращенный экономический ущерб от загрязнения окружающей среды также является значительным [10–11].

Затраты на троллейвозный транспорт не рассчитывались из-за отсутствия данных на капитальные затраты. Но отсутствие затрат на топливо и улучшение санитарно-гигиенической ситуации позволяют предполагать получение экономического эффекта несколько выше, чем при дизель-троллейвозном транспорте.

При замене автомобильного транспорта на циклично-поточную технологию с крутонаклонным конвейерным подъемом, экономический эффект превышает 19 млн долл. США. Предотвращенный экономический ущерб от загрязнения окружающей среды будет более значительным, чем в первом случае.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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.

2. 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.

3. Гридин В.Г., Калинин А.Р., Кобяков А.А. и др. Экономика, организация, управление природными и техногенными ресурсами: Учебное пособие / Под ред. А.А. Кобякова, В.А. Харченко. – М.: Издательство «Горная книга», 2012. – 752 с.

4. 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.

5. Пель Ю.И., Мухоморова О.В. Энергетика карьерного транспорта // Инновационный транспорт. – 2011. – № 1. – С. 34–39.

6. Методика расчета вредных выбросов (сбросов) для комплекса оборудования от-


крытых горных работ на основе удельных показателей. – Люберцы: ННЦ ГП ИГД им. А.А. Скочинского, 1999. – 68 с.

7. Савон Д.Ю. Совершенствование системы платного природопользования // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2014. – № 6. – С. 314–320.

8. Савон Д.Ю., Тибилев Д.П. Управление инвестиционной деятельностью предприятия в области охраны окружающей среды и экологической безопасности на отходообразующих производствах угольной отрасли // Горный журнал. – 2014. – № 12. – С. 31–35.

9. Степук О.Г., Зуенок А.С. Дизель-троллейвозный транспорт БЕЛАЗ: перспективы и исполнения в горном производстве // Горный журнал. – 2013. – № 1. – С. 52–55.

10. Шешко О.Е. Перспективы снижения негативного воздействия карьерного автомобильного транспорта на окружающую среду // Научный вестник Московского государственного горного университета. – 2012. – № 4. – С. 96–101.

11. Яковлев В.Л., Тарасов П.И., Журавлев А.Г. Новые специализированные виды транспорта для горных работ. Монография. – Екатеринбург: Российская академия наук, Уральское отделение, Институт горного дела, 2011. – 374 с. 

Шешко Ольга Евгеньевна – кандидат экономических наук, доцент,
e-mail: osheshko@mail.ru, НИТУ «МИСиС».

UDC 622.013.364.2

ECOLOGICAL AND EKONOMIC PRECONDITIONS OF REDUING HARMFUL EMISSIONS INTO ATMOSPHERE IN DEEP OPEN PITS

Sheshko O.E., Candidate of Economical Sciences, Assistant Professor, e-mail: osheshko@mail.ru, National University of Science and Technology «MISiS», 119049, Moscow, Russia.

The article deals with the main directions of reducing harmful emissions and improving energy efficiency of transport in deep open pits. It is shown that the number of deep open pits is large enough, both in our country and abroad, and this situation will be preserved in the near future. At the present time the main form of transport in deep open pit mines is automobile transport, which is also a major contaminant of the environment. Therefore, the task of creation of an environmentally safe and energy efficient transport remains important.

The data about magnitudes of harmful emissions into the atmosphere of dump trucks of different capacity, diesel-electric trucks, electric trucks, equipment of cyclic-flow technology are given in dependence on the depth of the open pit. It is shown that the sum of the relations of concentrations of harmful emissions to their maximum safe concentrations for trucks, diesel-electric trucks and electric trucks increases with the depth of the open pit. This increase is particularly sharp for dump trucks and is considerably less for diesel-electric trucks and electric trucks.

The technical-economic indicators of application of automobile, diesel-electric truck transport, as well as when using cyclic-flow technology with the installation of high angle conveyor for lifting the ore from the open pit in settlement open pit are given in the article. It is shown that the replacement of thermal energy to electric provides a substantial reduction of operating costs.

The annual economic effect accounts for 14,16 million rubles/year when exploiting diesel-electric trucks, and – 19,39 million rubles/year when exploiting cyclic-flow technology.

Key words: dump trucks, diesel-electric trucks, electric trucks, sandwich belt high angle conveyors, environmental and economic efficiency of the machines.

REFERENCES

1. Bugaets V.V., Savon D.Yu. *Gumanitarnye i sotsial'no-ekonomicheskie nauki*. 2014, no 5, pp. 137–141.
2. Bugaets V.V., Savon D.Yu. *Ekonomicheskie i gumanitarnye issledovaniya regionov*. 2014, no 5, pp. 65–70.
3. Gridin V.G., Kalinin A.R., Kobyakov A.A. *Ekonomika, organizatsiya, upravlenie prirodnymi i tekhnogennymi resursami: Uchebnoe posobie*. Pod red. A.A. Kobyakova, V.A. Kharchenko (Economics, organization, management of natural and technogenic resources. Educational aid. Kobyakov A.A., Kharchenko V.A. (Eds.)), Moscow, Izdatel'stvo «Gornaya kniga», 2012, 752 p.
4. Kalacheva L.V., Petrov I.V., Savon D.Yu. *Gumanitarnye i sotsial'no-ekonomicheskie nauki*. 2014, no 6, pp. 120–124.
5. Lel' Yu.I., Musikhina O.V. *Innovatsionnyi transport*. 2011, no 1, pp. 34–39.
6. *Metodika rascheta vrednykh vybrosov (sbrosov) dlya kompleksa oborudovaniya otkrytykh gornykh rabot na osnove udel'nykh pokazatelei* (The methods for estimation of harmful emissions (discharges) for complex of equipment of open mining works (based on specific indicators)), Lyubertsy, NNTs GP IGD im. A.A. Skochinskogo, 1999, 68 p.
7. Savon D.Yu. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'*. 2014, no 6, pp. 314–320.
8. Savon D.Yu., Tibilov D.P. *Gornyi zhurnal*. 2014, no 12, pp. 31–35.
9. Stepuk O.G., Zuenok A.S. *Gornyi zhurnal*. 2013, no 1, pp. 52–55.
10. Sheshko O.E. *Nauchnyi vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo gornogo universiteta*. 2012, no 4, pp. 96–101.
11. Yakovlev V.L., Tarasov P.I., Zhuravlev A.G. *Novye spetsializirovannye vidy transporta dlya gornykh rabot*. Monografiya (New specialized types of transport for mining. Monograph). Ekaterinburg, Rossiiskaya akademiya nauk, Ural'skoe otdelenie, Institut gornogo dela, 2011, 374 p.