

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2020, №6, Том 12 / 2020, No 6, Vol 12 <https://esj.today/issue-6-2020.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/79NZVN620.pdf>

Ссылка для цитирования этой статьи:

Тимофеева Ю.В., Суксова С.А., Долкан А.А., Попов Е.В. Способы проветривания карьеров // Вестник Евразийской науки, 2020 №6, <https://esj.today/PDF/79NZVN620.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

For citation:

Timofeeva Yu.V., Suksova S.A., Dolkan A.A., Popov E.V. (2020). Methods of airing quarries. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 6(12). Available at: <https://esj.today/PDF/79NZVN620.pdf> (in Russian)

Тимофеева Юлия Владимировна

ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», Владивосток, Россия

Студент

E-mail: 23julechka02@mail.ru

Суксова Софья Алексеевна

ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», Владивосток, Россия

Студент

E-mail: suksovas@gmail.com

Долкан Александр Алексеевич

ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», Владивосток, Россия

Студент

E-mail: dolkan2018@mail.ru

Попов Евгений Владимирович

ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», Владивосток, Россия

Преподаватель

Кандидат географических наук

E-mail: topovlc@yandex.ru

Способы проветривания карьеров

Аннотация. Горнодобывающая промышленность на сегодняшний день играет большую роль в развитие экономики страны. В связи с этим необходимо постоянно развивать и улучшать разработку месторождений. Конечно, открытая разработка более безопасна и предлагает более хорошие санитарно-гигиенические условия по сравнению с подземной разработкой. Однако уже сейчас доля запасов полезных ископаемых, находящихся в относительно благоприятных условиях, сокращается, вследствие чего добыча полезных ископаемых становится опаснее и труднее. А это в свою очередь может снизить безопасность условий труда рабочих и сохранность технологического оборудования. В связи с применением мощных механизмов, интенсивной обработкой и значительной глубиной карьеров при отсутствии эффективных средств пыле- и газоподавления открытые разработки могут быть опасными в отношении образования повышенных концентраций ядовитых газов и по заболеваемости рабочих пневмокониозами. Поэтому успешное решение вопросов борьбы с пылью и газами в карьерах является весьма актуальной задачей. В данной статье рассмотрены основные способы проветривания карьеров. Определены источники загрязнений месторождений, разрабатываемых открытым способом. Авторами приведены основные схемы естественного проветривания и способы интенсификации данного способа вентиляции карьера. Рассмотрены методы искусственного проветривания карьеров и указаны их достоинства и недостатки.

Ключевые слова: карьер; проветривание; источники загрязнения атмосферы карьеров; естественный способ проветривания карьеров; искусственный способ проветривания карьеров; интенсификация естественного способа проветривания карьеров

Введение

На сегодняшний день горнодобывающая промышленность является основой экономики России. Постоянный экспорт минерального сырья обеспечивает вклад в формирование золотовалютного резерва страны. Поэтому добыча полезных ископаемых одна из важнейших отраслей в нашей стране. В связи с этим горнодобывающая промышленность развивается каждый день. Например, если раньше и представить себе нельзя было, что разработка месторождений может продолжаться после достижения глубины карьеров в 500 метров, то сейчас проектная глубина карьеров может достигать более 700 метров, и это не предел. И в этих условиях становится сложнее разрабатывать месторождения открытым способом. И перед разработчиками постоянно возникают новые задачи, которые требуют скорейшего решения. Одной из таких задач, безусловно, можно считать проветривание глубоких карьеров. Чем глубже карьер, тем сложнее удалять из него вредные примеси, которые могут привести к необратимым последствиям. Постоянная концентрация пыли и газ не только снижает работоспособность персонала из-за условий плохой видимости, но и значительно влияет на здоровье работников. Естественный способ проветривания в условиях глубоких карьеров не всегда будет эффективен. А значит, необходимо, применять инновационные решения данной проблемы [1].

Факторы, влияющие на загрязненность окружающей среды карьеров, могут быть внешними и внутренними. Первые источники загрязняют общую атмосферу карьеров, к ним могут относиться отвалы, хвостохранилища и другие источники.

Вторые же могут вызывать как местную, так и общую загрязненность. Их можно разделить классифицировать на две группы исходя из их происхождения и частоты выделения:

- источники, возникающие исключительно при работах, направленных на добычу полезных ископаемых (буровзрывные работы, погрузка и транспортировка породы). Такие источники зависят только от наличия ветряного потока, однако при его отсутствии могут сильно ухудшить общее состояние атмосферы карьера;
- источники, которые зависят от физико-химических свойств пород. Из этих источников могут поступать различные ядовитые газы, такие как углекислый и угарный газ, сероводород, сернистый газ и акролеины, а также радиоактивные эманации при разработке урановых и торцевых руд [2].

Однако не только выбросы газов при массовых взрывах опасны для здоровья человека, но и выбросы большого количества пыли, которая создает повышенную запыленность атмосферы, оседая на уступах. Осевшая ранее пыль поднимается в воздух при работе горнотранспортного оборудования (экскаваторов, бульдозеров, автотранспорта и т. д.). В таких условиях необходимо применять средства пылеподавления, в ином случае запыленность воздуха может сильно превышать допустимые нормы (таблица 1).

Таблица 1

Допустимая концентрация пыли¹

Характеристика пыли	Допустимая концентрация, мг/м ²
Пыль, содержащая более 70 % свободной SiO ₂	1,0
Пыль, содержащая от 10 до 70 % свободной SiO ₂	2,0
Асбестовая пыль и пыль смешанная, содержащая более 10 % асбеста	2,0
Пыль силикатов (тальк, оливин и др.), содержащая менее 10 % свободной SiO ₂	4,0
Пыль барита, апатита, фосфорита, содержащая менее 10 % свободной SiO ₂	5,0
Пыль глин, минералов и их смесей, не содержащих свободной SiO ₂	6,0
Пыль угольная и угольно-породная, содержащая более 10 % свободной SiO ₂	2,0
Пыль угольная, содержащая до 10 % свободной SiO ₂	4,0
Пыль угольная, не содержащая свободной SiO ₂	10,0
Пыль свинца и его неорганических соединений	0,02
Пыль марганца	0,3
Пыль соединений урана	0,075

Чтобы снизить концентрацию пыли и газа на карьерах применяют различные способы. Например, массовые взрывы необходимо производить при сильном ветре. Пылеулавливание и пылеподавление эти способы используются с целью снизить запыленность воздуха с помощью электрофильтров в первом случае и воды или битума соответственно во втором. А, чтобы снизить загазованность, применяют нейтрализацию вредных газов. Также в кабинах машин необходимо создать благоприятные условия для работников [3].

Проветривание карьеров осуществляется двумя способами: естественным и искусственным, а также их комбинацией. Однако, как уже упоминалось ранее, в связи с тем, что глубина карьеров все время возрастает, то и способы проветривания карьеров требуют постоянного совершенствования.

Скорость ветра и температура это факторы, которые определяют состояние воздухообмена на земной поверхности. Эти же факторы будут участвовать в определении состояния воздуха общекарьерного пространства. Так как сам карьер является частью земной поверхности. Причем если сравнить эти два фактора, то более эффективным фактором будет являться именно скорость ветра.

Существует четыре схемы естественного проветривания карьеров: конвективная, инверсионная, прямоточная и рециркуляционная [4].

При пожарах и окислительных процессах постоянно нагретый у поверхности уступов воздух образует конвективные потоки, которые, перемещаясь вверх, омывают уступы. Эти потоки захватывают и выносят из карьера газы и пыль, а свежий воздух в карьере поступает сверху. Скорости конвективных потоков зависят от величины прогрева бортов карьера. На северном борту скорость воздушного потока выше. Конвекция возникает при положительном вертикальном градиенте температуры, величина которого превышает значение сухо-адиабатического градиента, т. е. температура воздуха с высотой уменьшается. Чем больше прогреты борта карьера, тем больше скорости конвективных потоков. Аэродинамический режим таких потоков лежит в промежутке между ламинарным и турбулентным.

При отрицательном значении вертикального градиента движение воздуха в карьере осуществляется по инверсионной схеме. По мере охлаждения поверхности уступов температура прилегающего воздуха снижается, и он начинает стекать по откосам в более

¹ № 279-59 «Предельно – допустимые концентрации ядовитых газов, паров и пыли в воздухе рабочих помещений» – 19 с.

глубокую часть карьера, вытесняя из него теплый воздух. Притекающий в нижнюю часть карьера воздух, как наиболее холодный, протекает под лежащие у дна менее охлажденные слои, в результате чего устанавливается температурная инверсия. Поступающий в нижнюю часть карьера холодный воздух заносит все имеющиеся на уступах вредные примеси, в результате чего естественная вентиляция полностью прекращается.

Конвективная и инверсионная схемы естественного проветривания карьера возникают при малых значениях скорости воздуха (менее 1 м/с), так как при наличии ветра температурные перепады у бортов карьера быстро сглаживаются.

При скорости ветра 1 м/сек и более конвективная и инверсионная схемы переходят в прямооточную и рециркуляционную схемы проветривания. Температура уже не оказывает существенного влияния на общее движение воздуха. И основным фактором, который определяет состояние воздуха является ветер. При наличии ветра движение воздуха в карьерах подчиняется законам турбулентных свободных струй: зона согласного движения воздуха с движением ветра на поверхности является турбулентной струей первого рода, а зона обратного движения – турбулентной струей второго рода.

Прямоточная схема распространена на карьерах, у которых угол откоса борта равен 15° и осуществляется турбулентной струей первого рода. При этой схеме попадающий в карьер поток воздуха деформируется и полностью охватывает все сечение карьера. Скорость воздушного потока у поверхности уступов изменяется в зависимости от расположения их и возрастает с увеличением скорости ветра.

Рециркуляционная схема присуща карьерам с углами откосов бортов более 20° . Поток воздуха, попадая в карьер, деформируясь, образует пограничный слой. Часть потока, встретив противоположный борт, обтекает его и удаляется из карьера, вынося вредные примеси. Другая часть потока поворачивает на 180° и образует струю второго рода, которая втекает в основной поток, т. е. между струями первого и второго рода существует рециркуляция. Скорость воздушного потока у поверхности уступов изменяется в зависимости от места расположения уступа, соотношения геометрических параметров карьера на уровне поверхности к глубине и скорости ветра.

Если сравнить четыре основные схемы естественной вентиляции карьеров видно, что инверсионная схема – самая неблагоприятная, а наиболее эффективной с точки зрения максимального использования энергии ветра для выноса вредных примесей из карьера является прямооточная схема проветривания².

Однако не всегда естественное проветривание карьеров бывает эффективно, иногда оно не может создать такие атмосферные условия, когда ведения горных работ будут безопасны. В таких случаях применяются способы искусственного проветривания. Различают два способа искусственного проветривания: увеличение интенсивности естественного проветривания и местная (общеместная) вентиляция карьера [5].

Интенсификация естественного способа может быть достигнута различными методами. Каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки и используется исходя от конкретных условий на карьере [6].

Одним из таких методов является проведение траншей или съездов, направленных со стороны господствующих ветров. Такие траншеи и съезды являются воздухоотводящими

² Вентиляция шахт и карьеров Рецензент канд. техн. наук В.С. Никитин Отв. редактор горн. инж. Б.А. Стебаков. Редакция литературы по добыче полезных ископаемых подземным способом. Зав. редакцией Ф.Н. Сиряченко. Издательство «НЕДРА» Москва – 1964.

каналами с поверхности. Этот метод будет являться эффективным даже при больших углах откосов карьера.

Так же для улучшения интенсивности естественного способа используются воздухозаборы. В результате этого способа скорость ветра над карьером увеличивается на 10–20 %, что приводит и к увеличению выноса вредных веществ на 20 % и более.

Применение высоконапорных воздушных завес также может помочь разработчикам улучшить состояние воздуха в карьере. Так как установка завес между рядом находящимися карьерами приводит к уменьшению застойных зон и увеличению выноса вредных веществ от рабочих пространств, это происходит в связи с увеличением скорости ветра на входе в карьер.

Однако эти методы не особо распространены и редко встречаются на производстве, так как все перечисленные методы имеют два значительных недостатка. Все они могут использоваться при наличии ветра на карьере, и бесполезны в периоды штилей и инверсии. А также они не несут за собой необходимость значительной расчетной проработки [7].

Улучшение состояния общекарьерного пространства может быть достигнуто с помощью рационального расположения оборудования, размещения отвалов с учетом розы ветров, проведения массовых взрывов в периоды сильного ветра [8], сокращении числа транспортных перевозок горной массы, прекращении работ в периоды инверсии, также стоит рассмотреть возможность перехода горнотранспортного оборудования с дизельных двигателей на газовые [9].

Также не стоит забывать, что сами размеры карьера влияют на состояние воздуха в общекарьерном пространстве. Например, чем больше глубина карьера, тем он будет проветриваться хуже. Однако если разработка месторождения требует большой глубины карьера, из-за расположения полезного ископаемого, то при разработке карьера следует учитывать, что интенсивность воздухообмена зависит от отношения глубины карьера к длине. Так, хорошо проветриваемые карьеры имеют следующее отношение L к H : $L/H > 10$, труднопроветриваемые – $L/H < 6$.

Угол откоса подветренного борта карьера является не менее важным фактором, определяющим состояние воздуха на карьере. Уменьшение его может существенно увеличить вынос вредностей из карьера, так как сокращается объем зоны рециркуляции, и устанавливается прямоочная схема проветривания, которая весьма эффективна, как было сказано ранее³.

Таким образом, комбинирование технологических и горнотехнических мероприятий может существенно улучшить атмосферные условия в пределах карьера, тем самым создав благоприятные условия для работников.

За всю историю развития горной промышленности в искусственной вентиляции карьеров применялись различные методы. Многие из которых уже не используются ввиду неэффективности.

Сейчас на карьерах для искусственной вентиляции используются установки серии УМП, которые создают искусственные струи, способные при небольших мощностях установок приводить в движения большие массы воздуха. Создаются эти свободные струи за счет рабочего инструмента – винта. Однако и эти установки имеют свои недостатки. Для полного проветривания карьеров недостаточно одной установки, требуется применять их в относительно большом количестве, что требует больших энергетических затрат [10].

³ Проектирование карьеров / К.Н. Трубецкой, Г.Л. Краснянский, В.В. Хронин, В.С. Коваленко. М.: Высшая школа, 2009. 694 с.

Выводы

Таким образом, загрязнение атмосферы карьеров сильно влияют на работоспособность персонала, и задача по обеспечению благоприятных условий от вредных примесей должна решаться еще на стадии разработки карьера. Разработчики должны тщательно продумывать ориентацию карьера в плане. Угол откоса бортов карьера, расположение отвалов с учетом розы ветров, расположение технического оборудования и т. д. – все эти факторы могут значительно повлиять на уменьшение пыле- и газообразования на месторождениях, разрабатываемых открытым способом. Так же стоит внимательно отнестись и к возможным способам интенсификации проветривания карьеров, которые могут помочь снизить концентрацию пыли и газа. На сегодняшний день производят большое количество оборудования, создающего искусственные струи, такие как установки серии УМП, которое способно при небольших мощностях приводить в движение большие массы воздуха. В условиях постоянного развития горной промышленности просто необходимо постоянно анализировать и совершенствовать способы проветривания карьеров, для эффективной, а главное безопасной добычи полезных ископаемых на месторождениях, разрабатываемых открытым способом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шахрай С.Г. Новые технические решения по проветриванию глубоких карьеров / С.Г. Шахрай, Г.С. Курчин, А.Г. Сорокин // Записки Горного института. 2019. Т. 240. С. 654–659.
2. Бересневич П.В. Оценка загрязнения атмосферы пылью карьеров и отвалов / П.В. Бересневич, В.И. Деньгуб // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2000. 4 с.
3. Конорев М.М. Исследования и перспективы создания систем вентиляции и пылегазоудаления и глубоких карьерах / М.М. Конорев, Г.Ф. Нестеренко // Горный журнал. 2012. № 1. С. 93–96.
4. Ушаков К.З. Аэрология карьеров / К.З. Ушаков, В.А. Михайлов. М.: Недра, 1985. 272 с.
5. Косарев Н.П. Аэродинамика вентиляционных процессов и устройств на глубоких карьерах / Н.П. Косарев, С.А. Тимухин, Ю.Л. Лонов. Екатеринбург: Изд-во Уральского государственного горного университета, 2009. 155 с.
6. Рогалев В.А. Методические особенности интенсификации естественного проветривания карьеров / В.А. Рогалев, К.Н. Ястребкова // Записки Горного института. 2014. Т 207. С. 131–133.
7. Зорин А.В. Энергетическая оценка интенсификации естественного воздухообмена в карьерах // Горный журнал. 2010. № 11. С. 85–87.
8. Заиров Ш.Ш. Повышение эффективности пылеподавления и увеличения коэффициента полезного действия энергии ВВ при массовых взрывах на карьерах / Ш.Ш. Заиров, И.Н. Турсунова // Горный вестник Узбекистана. 2015. № 4. С. 31–34.
9. Zhang S. Experimental study on performance of contra-rotating axial flow fan // International Journal of Coal Science & Technology. 2015. Vol. 2. Iss. 3. P. 232–236.
10. Сытенков В.Н. О целесообразности искусственного проветривания глубоких карьеров // Горный журнал – 1994. – № 12 – С. 47–49.

Timofeeva Yulia Vladimirovna

Far Eastern federal university, Vladivostok, Russia
E-mail: 23julechka02@mail.ru

Suksova Sofya Alekseevna

Far Eastern federal university, Vladivostok, Russia
E-mail: suksovas@gmail.com

Dolkan Aleksander Alekseevich

Far Eastern federal university, Vladivostok, Russia
E-mail: dolkan2018@mail.ru

Popov Evgeniy Vladimirovich

Far Eastern federal university, Vladivostok, Russia
E-mail: topovlc@yandex.ru

Methods of airing quarries

Abstract. Today, the mining industry plays an important role in the development of the country's economy. In this regard, it is necessary to constantly develop and improve the development of deposits. Of course, open development is safer and offers better sanitary conditions. However, even now the share of mineral reserves that are in relatively favorable conditions is decreasing, as a result of which mining becomes more dangerous and difficult. And this, in turn, can reduce the safety of working conditions of workers and the safety of technological equipment. Due to the use of powerful mechanisms, intensive mining and a significant depth of quarries in the absence of effective means of dust and gas suppression, open – pit mining can be dangerous in terms of the formation of increased concentrations of toxic gases and the incidence of workers with pneumoconiosis. Therefore, the successful solution of dust and gas control issues in quarries is a very urgent task. In this paper, the main methods of airing quarries are considered. Sources of contamination of open-pit deposits are identified. The main schemes of natural ventilation and ways to intensify this method of ventilation of the quarry are given. Methods of artificial ventilation of quarries are considered and their advantages and disadvantages are indicated.

Keywords: quarry; ventilation; sources of air pollution quarries; the natural way to ventilate mines; method of artificial ventilation pits; intensification of natural way to ventilate mines