

Список литературы

1. Алистер Коберн / Современные методы описания функциональных требований к системам / А. Кольберн. – М.: Издательство Лори, 2002. – 263 с.
2. Леффингуелл Д. Принципы работы с требованиями к программному обеспечению / Леффингуелл Д, Уидриг Д. – М.: ИД "Вильямс", 2002. – 323 с.
3. Munn R. Global environmental monitoring system (GESM). Action plan for phase I. SCOPE, rep. 3, Toronto, 1973. 130 p.
4. Козуля Т. В., Шаронова Н. В. Моделирование структуры и идентификация корпоративной экологической системы (КЭС) // Проблемы информационных технологий. – 2007. – № 1. – С. 178–185.
5. Хвесик М. Екологічна криза в Україні: соціально-економічні наслідки та шляхи їх подолання / М. Хвесик, А. Степаненко // Економіка України – 2014. – № 1 (626). – С. 74–86.
6. Офіційний сайт Міністерства екології та природних ресурсів України [Електронний ресурс]: Екологічний моніторинг довкілля – Режим доступу: – <http://www.menr.gov.ua/monitoring>
7. Офіційний сайт Кам'янської міської ради [Електронний ресурс]: Дані лабораторії спостережень за забрудненням атмосферного повітря – Режим доступу: – <http://dndz.gov.ua/gromadi/ekologiya>.
8. Головне управління статистики у Дніпропетровській області. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.dnprstat.gov.ua>.
9. Лонг Ф., Мохиндра Д., Сикорд Р., Сазерленд Д., Свобода Д. Руководство для программиста на Java: 75 рекомендаций по написанию надежных и защищенных программ. Пер. с англ. – М.: Вильямс, 2014. – 256 с.
10. Хорстман, С., Корнелл Г. Java 2. Библиотека профессионала. Основы. Пер. с англ. под ред. В.В. Вейтмана. – М.: Вильямс, 2007. – 896 с.

Рукопис подано до редакції 20.03.16

УДК 658.3: 622.8

И.П. ПОДОЙНИЦЫН, аспирант, Криворожский национальный университет

АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Выполнен анализ современных организационно-технических мероприятий воздействия на экологическую безопасность горнодобывающих регионов с открытым способом разработки месторождений и определены дальнейшие пути их совершенствования.

Экологическая ситуация в г.Кривом Роге образовалась под воздействием длительной интенсивной деятельности предприятий горнодобывающей, металлургической, машиностроительной, химической промышленности, предприятий теплоэнергетики и производства стройматериалов. В Криворожском бассейне расположено 8 из 11 предприятий Украины по добыче и переработке железорудного сырья. Всего на территории города расположено 109 промышленных предприятий, являющихся источниками загрязнения окружающей среды. Валовые выбросы 13 крупнейших предприятий-загрязнителей атмосферного воздуха горнометаллургического комплекса (ПАО "Ингулецкий горно-обогатительный комбинат", ОАО "Арселор Миттал Кривой Рог", ЗАО "Криворожский завод горного оборудования", ОАО "Сухая Балка", ОАО "Южный горно-обогатительный комбинат", ОАО "Центральный горно-обогатительный комбинат", ОАО "Северный горно-обогатительный комбинат", ОАО "Хайдельберг Цемент Украина", ГП "Криворожтеплоцентрали", ПАО "Криворожский железорудный комбинат", ОАО "Мариупольский металлургический комбинат им. Ильича", ГОК "Укрмеханобр "КП" Криворожтеплосеть") составляют 99,7% общих выбросов от стационарных источников выбросов по городу. В целом, несмотря на то, что в последние годы наблюдается тенденция к уменьшению антропогенного давления на окружающую среду, уровень техногенной нагрузки остается высоким, а экологическая ситуация - неудовлетворительной. Исходя из специфики технологии добычи железорудного сырья, связанной с применением массовых взрывов в карьерах горно-обогатительных комбинатов, особое место в перечне факторов техногенного воздействия занимают выбросы загрязняющих веществ при использовании взрывчатых веществ. Большая концентрация в г. Кривом Роге предприятий различных отраслей производства, а также постоянное увеличение количества транспортных средств определили необходимость проведения мониторинговых наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха города и распространением загрязняющих веществ на его территории.

По оперативным данным предприятий ГКМ города выбросы загрязняющих веществ в воздух 2015 г. составили 315,4 тыс.т, что на 3,6 % меньше, чем в 2014 г.

Ключевые слова: гидрообеспыливание пылегазовыделение, хвостохранилища, открытые горные работы, техногенное воздействие.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Открытые горные работы создают техногенную нагрузку на составляющие части окружающей среды: литосферу, атмо-

сферу и гидросферу горнодобывающего региона. Масштаб влияния открытых горных работ определяется природными производственно технологическими особенностями разрабатываемых месторождений. Эффективность защиты окружающей среды связана с экологизацией технологических процессов выемки вскрышных пород и добычи руды в карьерах, которая предусматривает применение совокупности организационно-технических мероприятий, обеспечивающих достижимую степень сохранения состояния окружающей среды в действующих горнодобывающих предприятиях. Поэтому, совершенствование организационно-технических мероприятий экологической безопасности разработки месторождений открытым способом является актуальной задачей.

Анализ исследований и публикаций. Исследования по экологической оценке деятельности горнопромышленных комплексов начаты сравнительно недавно, около 20-30 лет тому назад. В данном направлении проведен ряд исследований, изложенных в работах В.А. Михайлова, П.В. Бересневича, П.К. Кузьменка, И.Д. Багрия, Ю.Г. Вилкула и др. [1-3]. В этих работах основное внимание уделено установлению количественной оценки влияния технологических факторов на экологическую безопасность разработки месторождений открытым способом. Вместе с тем разработке организационно-технических мероприятий по снижению вероятности проявления неблагоприятных событий и уменьшения наносимого ими ущерба уделялось мало внимания.

Так, в работе [4] авторы, давая оценку экологической составляющей способов разработки месторождений полезных ископаемых отмечают, что одним из современных путей решения проблемы рационального природопользования, ресурсосбережения и охраны окружающей среды от загрязнения является комплексное освоение техногенных месторождений.

Постановка задачи. В настоящее время выбросы загрязненных веществ в атмосферу, например от работы горно-обогачительных комбинатов Криворожского бассейна, превышают 55 тыс. т в год. Значительная их часть, около 20 тыс. т, относится к процессам открытой разработки. Возникает необходимость в усовершенствовании методов управления экологической безопасностью при открытой разработке месторождений полезных ископаемых, особенно в части принятия решений по предотвращению негативных последствий ведения открытых горных работ.

Изложение материала и результаты. Открытая разработка месторождений полезных ископаемых характеризуется изъятием из нужд народного хозяйства значительных земельных площадей для ведения горных работ. Кроме того, при добыче полезных ископаемых происходит интенсивное загрязнение окружающей среды из-за поступления минеральной пыли и газов в процессе взрывного разрушения пород, погрузки, транспортировки и выгрузки их на приемных пунктах или отвалах, разрушения дорожного полотна при движении по нему транспортных машин, эрозии поверхности отвалов, откосов, бортов и уступов карьеров. Все эти негативные последствия производства открытых горных работ создают экологическую опасность, снижение которой возможно при соответствующем управлении этими процессами.

Основными источниками выделения газов и пыли при открытой разработке месторождений полезных ископаемых являются следующие технологические процессы: подготовка горных пород к выемке, выемочно-погрузочные работы, транспортирование горной массы, складирование пустой породы в отвал, а также пыление техногенно сформированных массивов. В этих условиях целью управления экологической безопасностью является применение при ведении открытых горных работ разнообразных способов воздействия на уровень безопасности.

Организационные методы управления экологической безопасностью включают: создание системы управления безопасностью технологическими процессами; создание экологической службы на уровне цехов, участков и предприятия; организация повышения квалификации персонала; организация экологического мониторинга по прогнозированию последствий освоения месторождений полезных ископаемых; создание фонда рекультивации нарушенных горными работами земель; принятие мер по локализации вредного воздействия ведения открытых горных работ на окружающую среду; предъявление требований к наличию соответствующих лицензий и сертификатов на выполнения работ по снижению экологических рисков.

Технические методы снижения негативного воздействия открытых горных работ включают: улавливание пыли при буровых работах; снижение пылегазовыделений при массовых взрывах; снижение пылеобразования при погрузочно-разгрузочных работах; пылеподавление на автомобильных дорогах; пылеподавление на пылящих поверхностях рабочих площадок и

откосов уступов карьеров и отвалов; совмещение горных и рекультивационных работ; внедрение экологически безопасных технологических процессов; очистка сточных вод предприятия; установка, реконструкция и совершенствование систем очистки выбросов и сбросов; рациональное размещение производственного оборудования и организация рабочих мест, применение безопасных способов хранения и транспортирования легковоспламеняющихся веществ, готовой продукции и отходов производства.

В связи с таким многообразием мероприятий по повышению экологической безопасности возникает необходимость в анализе сравнительной их эффективности. При этом основной задачей является отбор таких мероприятий, обеспечивающих достижение поставленной цели с минимальными затратами.

Анализ самих экологических мероприятий и способов воздействия на них будет способствовать оптимизации управленческих решений при добыче полезных ископаемых открытым способом. Мощными источниками загрязнения воздуха пылью и вредными газами являются массовые взрывы в карьерах, пылящие поверхности пляжей хвостохранилищ и карьерный дизельный автотранспорт. По десяти железорудным карьерам ГОКам Кривбасса годовой выброс пыли от взрывных работ и с поверхности хвостохранилищ соответственно составил 30 тыс. т и 6 тыс. т соответственно.

Разработанные способы снижения пылеподавления с поверхности пляжей хвостохранилищ можно разделить на физико-химические, механические, биологические и рекультивацию. Рекультивация основана на полном восстановлении поверхности земель, занятых под хвостохранилища. Для механического закрепления эрозионно-опасных поверхностей хвостохранилищ используют глину, гравий и др. Более высокие результаты дает периодическое закрепление открытых надводных пляжей слоем суглинка вскрышных пород. В настоящее время реальные результаты по борьбе с эрозией поверхностей пляжей хвостов обогащения в промышленных масштабах могут быть получены при применении физико-химического способа. К настоящему времени разработано технологии химического закрепления пылящих поверхностей пляжей хвостохранилищ с использованием специальных реагентов.

В рудных карьерах источниками экологической опасности являются: массовые взрывы, которые производятся в пределах размещения технологического оборудования и буровых станков; экскаваторов; дробилок; локальные источники - хвостохранилища; склады; отвалы; пылевыделения с поверхности дорог; железнодорожных вагонов. Снижение пылегазовыделения при массовых взрывах достигается путем: применения простейших ВВ; взрывания на неубранную горную массу; гидрообеспыливания и проветривания взорванных блоков.

Для сокращения пылегазовыделений при массовых взрывах ВНИИБТГ [5] разработан комплекс технологических, организационных и инженерно-технических мероприятий. Одним из распространенных способов пылеподавления при массовых взрывах является гидрообеспыливание с использованием внешней, внутренней и комбинированной гидрозабойки скважин. Гидрозабойка выполняется с использованием полиэтиленовых рукавов, наполненных водой. Внешняя гидрозабойка представляет собой полиэтиленовый рукав диаметром 1 м и более, который размещается по рядам скважин. Наполнение рукава водой осуществляется с помощью поливочной машины, оборудованной гидронасосом. Внутренняя гидрозабойка - это полиэтиленовый рукав с диаметром на 15 мм меньше, чем диаметр скважины и длиной на всю ее неактивную часть. Комбинированная гидрозабойка - сочетание двух первых. Эффективность пылеподавления зависит от величины заряда в скважине и от удельного расхода воды на пылеподавление. При взрыве заряда массой до 300 кг и внешней гидрозабойке с расходом воды $1,38 \text{ кг/м}^2$ горной массы эффективность пылеподавления составляет 53 %. При взрыве зарядов массой 450-620 кг эффективность внутренней гидрозабойки - 50,4 % (расход воды $0,4-6 \text{ кг/м}^3$). Сокращение пылевыделения в процессе взрыва возможно также за счет применения гидрогеля для внутренней гидрозабойки скважин [6]. Для получения гидрогеля используется специальная установка. Эффективность гидрогелевой забойки при ее высоте 2-4 м достигает 34-54 %. Снизить пылевыделение при взрывах при отрицательных температурах возможно за счет нанесения слоя искусственного снега на взрываемый блок с расходом 8-13 кг/м поверхности. Это мероприятие позволяет в 3-5 раз снизить поступление пыли в атмосферу. В качестве внутренней гидрозабойки скважин в период отрицательных температур используют снежно-ледяную забойку. Она включает в себя зарядку неактивной части скважины искусственным снегом с оставлением 1 м для

инертной забойки. Верхняя часть скважины заливается водой. Забойка в верхней части смерзается и примерзает к стенкам скважины. Пылевыделение сокращается в 5-6 раз. Подавление пыли, выделившейся в атмосферу карьера с пылегазовым облаком, можно осуществить с помощью гидрозавес, создаваемых вентиляторами-оросителями НК-12КВ. Эффективность пылеподавления в отдельных случаях может достигать 70-80 %.

Понижение уровня горных работ в карьерах приводит к изменению свойств горных пород. Увеличивается удельный вес разнопрочных горных пород, что создает дополнительные трудности в управлении процессами взрывного их разрушения.

Сокращение пылегазовыделения в процессе проведения массовых взрывов в карьерах возможно за счет реализации технологических мероприятий, к которым относят использование ВВ с нулевым или близким к нему кислородным балансом, т.е. максимально возможная замена тротила, граммонита и других ВВ, *которые имеют* отрицательный кислородный баланс. Это мероприятие позволяет в 4 раза уменьшить количество образующихся вредных газов при взрыве. При взрыве обводненных скважин тротил может быть заменен граммонитом 79/21 при предварительном насыщении воды аммиачной селитрой по методу НИГРИ [7], что позволит в несколько раз сократить выделение вредных газов. Промышленные исследования ВНИБТГ [8], показали, что при ширине буферного слоя не менее 20-30 м выброс пылегазового облака сокращается, что способствует уменьшению пылевыделения благодаря отсутствию пылеобразования в момент формирования развала. При этом концентрация оксида углерода, выделяющегося из взорванной горной массы, на нижней отметке взорванного уступа достигает допустимого уровня через 2-3 часа после взрыва. При взрывах высоки уступов, вследствие более полного использования энергии ВВ, сокращается количество образующихся оксидов азота, а высота пылегазового облака также уменьшается в 1,25 раза по сравнению с взрыванием обычных уступов. Во избежание слияния пылегазовых облаков, образующихся при взрыве близкорасположенных блоков на стадии подготовки диспозиции взрывов необходимо определить допустимое расстояние между этими блоками, при котором явление слияния облаков отсутствует. Методика выбора таких расстояний разработана во ВНИБТГ [8]. По этой методике, например, при взрыве двух блоков с количеством ВВ, соответственно, 80 и 100 кг минимально **допустимое** расстояние между блоками должно быть не менее 220-250 м.

Важнейшим фактором, влияющим на концентрацию пыли в атмосферном воздухе за пределами карьеров, является использование при массовых взрывах неэлектрических систем инициирования зарядов ВВ. При использовании этих систем снижается метательное действие взрыва. В результате пылегазовое облако, которое образуется после взрыва, имеет невысокую энергию и, в ряде случаев, неспособно выйти за пределы карьерного пространства или поступает за пределы карьеров в значительно меньшем объеме. Отклонения в концентрациях загрязняющих веществ также может быть связано с влиянием антропогенного фактора (распределение блоков по карьере или, наоборот, концентрации их в одном месте), а также с рельефом местности и геометрией карьерного пространства. Концентрация примесей в воздухе производственных площадок от любых источников выбросов обратно пропорциональна высоте их распространения в атмосфере. Следовательно, можно утверждать, что концентрация примесей в атмосфере после массовых взрывов будет обратно пропорциональна глубине, на которой располагается взрываемый блок горных пород. Изменение параметров хотя бы одного из приведенных факторов, может кардинально изменить состояние и характер движения пылегазового облака в атмосфере.

Так, например, визуальные наблюдения в карьерах, в том числе при помощи скоростной фотосъемки и видеосъемки, свидетельствуют о том, что при использовании для подрывания пород эмульсионных ВВ в климатических условиях, когда температура воздуха ниже нуля градусов по Цельсию, образуется большая масса пара, который способствует эффективному осаждению пыли, за счет связывания ее, в атмосфере во взвешенном состоянии. Поэтому пылегазовое облако в значительно меньшем объеме выходит за пределы карьера или вообще не выходит из его пространства [9-10].

Оценивая уровни пылегазовых выбросов в атмосферу, можно отметить, что без внедрения принципиально новых способов и средств борьбы с пылегазовыделениями антропогенную нагрузку на окружающую среду стабилизировать не удается.

При высокой техногенной нагрузке открытых горных работ, включающих и переработку руд фабриками ГОКов, понадобятся более эффективные технологические решения, основанные на применении комплексного открыто-подземного способа.

Быстрое развитие открытых горных разработок стало возможным в связи с освоением промышленностью производства современных большегрузных автосамосвалов, тепловозов, мощных колесных скреперов, тракторов и других транспортных средств с дизельными двигателями.

В отсутствие проветривания такая атмосфера является чрезвычайно опасной для работающих в карьере. Высокая загазованность воздуха в карьерах (до 0,05 % в пересчете на условное СО) имеет место при штилевой погоде что очень опасно для здоровья горнорабочих.

В этих условиях, мероприятиям по снижению загазованности относятся: локальное проветривание застойных участков карьера; применение для газоподавления водовоздушной смеси; включая активную смесь, и др.

В зарубежной практике подавляющее большинство автосамосвалов оборудованы дизельными двигателями с воздушным охлаждением, что способствует более полному сгоранию топлива и, благодаря этому, снижению выбросов вредных веществ выхлопа в рудничную атмосферу.

Однако, несмотря на успехи в области разработки современных способов и средств снижения выбросов и токсичности выхлопных газов ДВС, ожидать в ближайшие годы реализации этих разработок в производственных условиях нельзя из-за высокой стоимости проектирования и серийного производства такой техники.

Между тем глубина карьеров постоянно растет, и работать в такой атмосфере становится все сложнее.

Подводя итоги эффективности применяемых и разрабатываемых систем снижения токсичности выхлопных газов дизельных транспортных средств, и оценивая экологический ущерб от загрязнения ими окружающей среды, можно констатировать, что в ближайшие годы экология открытых горных работ существенных изменений не претерпит.

Новые технические средства позволят лишь не наращивать эти выбросы.

Радикальным решением, улучшающим экологию при добыче руд, является принципиальное изменение технологии горных работ на основе перехода на комплексную открыто-подземную разработку рудных месторождений.

Выводы и направления дальнейших исследований. Проведенный анализ показывает, что в настоящее время достигнуты успехи в повышении экологической безопасности в горнодобывающих регионах.

Вместе с тем, выбросы загрязненных веществ в атмосферу, например от работы горнообогатительных комбинатов Криворожского бассейна, превышают 55 тыс.т в год.

Значительная их часть, около 20 тыс. т, относится к процессам открытой разработки.

Это указывает на необходимость проведения исследований, направленных на дальнейшее совершенствование существующих и разработке новых организационно-технических мероприятий по обеспечению экологической безопасности горнодобывающих регионов.

Список литературы

1. Михайлов В.А. Охрана окружающей среды при разработке месторождений открытым способом. М.: Недра, 1981. - 184 с.
2. Багрий І.Д., Білоус А.М., Вілкул Ю.Г. та ін. Досвід комплексної оцінки та картографування факторів техногенного впливу на природне середовище міст Кривого Рогу та Дніпродзержинська, Київ: Фенікс, 2000. - 46 с.
3. Бересневич П.В., Кузьменко П.К. Охрана окружающей среды при эксплуатации хвостохранилищ, М. - Недра, 1993. - 41 с.
4. Черных А. Д., Андреев Б.Н., Ошмянский Б.Н. Открыто-подземная разработка рудных месторождений: Киев: «Техника», 2010.
5. Исследование и разработка технологических и организационных мероприятий по сокращению пылевыведений в Первомайском карьере СевГОКа: Отчет НИР / ВНИИБТГ. - № ГР 01860095182. - Кривой Рог, 1994.
6. Гурин А.А. Применение гидрогелевой забойки взрывных скважин / АА. Гурин, С.С. Яценко // Безопасность труда в промышленности. - 1986. - Том 1. - С. 38-39.
7. Вілкул Ю.Г., Лосев В.Г. Приземная концентрация выбросов вредных твердых частиц ГОКов Кривбасса: сб. «Проблемы повышения эффективности горнорудного производства». – Кривой Рог: НИГРИ, 1993.
8. Розроблення засобів виявлення та нейтралізації шкідливих газів пилотвиділення під час підричних робіт: Отчет НИР/ВНИИБТГ. - № ГР 0193002668. - Кривой Рог, 1994.
9. Бызов В.Ф., Колосов В.А., Федоренко П.И. Взрывное разрушение горных пород: монография - Кривой Рог: Издательский центр ГВУЗ «КНУ», 2012.- 407с.
10. Ключко И.И. Разработка высокоэффективных конструкций кумулятивных зарядов для дробления негабаритных кусков горных пород на карьерах / Сучасні ресурсо-енергозберігаючі технології гірничого виробництва Сб. Кременчуцького державного політехнічного університету ім. М.Остроградського, м. Кременчук – КДПУ, 2010. - Вип. №2/2010 (6) – С. 16-21.

Рукопись поступила в редакцию 17.03.16