

ЗАПЫЛЁННОСТЬ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК УГОЛЬНЫХ ШАХТ И ЕЁ ВЛИЯНИЕ НА ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ ПРОХОДЧИКОВ ПНЕВМОКОНИОЗАМИ

Рассмотрены вопросы пылевой обстановки в подготовительных забоях угольных шахт, мероприятий по её улучшения и методов контроля концентрации и дисперсности угольно-породной пыли. Выполнен анализ заболеваемости проходчиков подготовительных забоев пневмокониозом и пылевыми бронхитами, её связи с запылённостью подготовительных выработок. Рассмотрены вопросы расчёта пылевой загрузки, её связи с заболеваемостью.

Ключевые слова: шахта, пыль, дисперсность, запылённость, контроль, заболеваемость проходчиков.

Из технологических процессов в подготовительных забоях угольных шахт наиболее пылеобразующими являются процессы по дроблению и измельчению горного массива (бурение, комбайновая и буровзрывная проходка горных выработок и др.), а также погрузка породы и её транспортирование по горным выработкам.

При выполнении горнопроходческих работ (бурение и погрузка взорванной горной массы) содержание пыли в воздухе рабочих мест проходчика колеблется от 1,2 до 15,6 мг/м³ и зависит от использования средств пылеподавления (воды) и эффективного местного проветривания забоев. В тоже время при забурировании скважин (начальном бурении шпуров) концентрации пыли могут достигать 20–40 мг/м³. При очистных, погрузочно-разгрузочных работах содержание пыли (2,3–13,7 мг/м³) определяется эффективностью использования орошения горной массы и проветривания рабочих зон.

Пылевая обстановка в горных выработках угольных шахт характеризуется показателями концентрации пыли за определённый промежуток времени (смена, сутки), изменением концентрации пыли во времени и пространстве и дисперсный и вещественный состав пыли [1, 2]. В подготовительных забоях показатели концентрации пыли изменяются в десятки раз [1, 3]. Запылённость в рабочей зоне подготовительных забоев приведена в табл. 1.

В механизированных забоях основной пылеобразующий процесс занимает 22-45 % времени рабочей смены и обеспечивает 85 % и более среднесменной запылённости воздуха. Самое интенсивное пылеобразование в механизированных подготовительных забоях имеет место при работе проходческих комбайнов, на долю которых приходится 90 % всей пыли, образующейся при ведении горных работ. Относительная запылённость воздуха при различных производственных процессах приведена в табл. 2.

Качество углепородной пыли определяется:

- для угольной пыли – составом угольного пласта;
- для породной пыли – составом вмещающих пород и породных прослоек.

Наиболее вредным компонентом угольно-породной пыли являются свободная и связанная двуокись кремния. Проведенными МакНИИ исследованиями содержания двуокиси кремния в пыли шахтопластов Донбасса установлено, что среднее относительное содержание общей двуокиси кремния в угольно-породной пыли составляет 38-47 %, а содержание свободной двуокиси кремния – 3,0-5,5 %. [4].

Таблица 1 – Запылённость воздуха в подготовительных забоях

Место работы проходчиков	Среднесменная запылённость воздуха, мг/м ³		Максимальное значение запылённости воздуха, мг/м ³	
	По всей массе пыли	По фракции (менее 7 мкм)	По всей массе пыли	По фракции (менее 7 мкм)
Откаточный штрек	10 – 110	2 – 16	700	105
Вентиляционный штрек	50 – 620	15 – 180	900	270

Таблица 2 – Относительная запылённость воздуха при различных производственных процессах в подготовительных забоях

Наименование производственного процесса	Относительная запылённость воздуха, %
	в подготовительном забое
Работа комбайна	100
Ручная отбойка угля	29 – 56
Бурение шпуров и скважин	1,0 – 16,5
Крепление забоя	0,1 – 17,0
Погрузка угля, породы	0,7 – 20,0

На степень дисперсности угольно-породной пыли оказывают физико-механические свойства угля и породы, способы разрушения угольно-породного массива, вид погрузки и транспортирования горной массы, способность переходить во взвешенное состояние, скорость и степень турбулентности вентиляционных потоков и другие факторы. На эффект пылеподавления большое влияние оказывает смачиваемость пыли [8], т.е. образование с поверхностью твёрдого тела определённый равновесный угол, называемый углом смачивания. Если косинус угла смачивания меньше нуля вещество гидрофобное (не смачиваемое), больше нуля – гидрофильное (смачиваемое). Практически все марки углей Донбасса являются не смачиваемыми (угол смачивания более 60°). На переход пылинок во взвешенное состояние оказывают влияние мощность пласта и содержание влаги в пласте [4]. Удельное пылевыделение (количество частиц, перешедших во взвешенное состояние, отнесённое к единице массы добытого угля) возрастает пропорционально

увеличению мощности пласта и уменьшается при увеличении влажности угля более 6 %.

Исследованиями установлено значение оптимальной скорости движения воздуха по пылевому фактору, которая для подготовительных забоев составляет 0,4 – 0,6 м/с [4]. Однако при хорошем увлажнении массива можно избежать повышения концентрации пыли. Это позволяет увеличить скорость вентиляционной струи до 5 м/с.

Основным способом борьбы с пылью в угольных шахтах Украины является орошение диспергированной водой. Вода подаётся в места образования и распространения пыли. Установлено, что эффективность пылеподавления на проходческих комбайнах не превышает 82% при внешнем расположении оросителей. Она может быть увеличена при комбинированном способе орошения (расположении оросителей на исполнительном органе и на корпусе комбайна) до 95 % [4].

Увлажнение угля в массиве при удельном расходе воды 10-20 л/т обычно составляет 30-50 %. В связи с недостатком денежных средств и высокой стоимостью оборудования с 2000 года до 3-5 % сократился объём применения предварительного увлажнения угля в массиве. Кроме этого, снизился уровень требований по применению обеспыливающих мероприятий со стороны горного надзора, органов ведомственного пылевого контроля, что привело к росту запылённости воздуха в подготовительных выработках до 200-400 мг/м³.

Приведенные данные о пылевой обстановке шахт Донбасса позволяют сделать вывод о её зависимости от уровня механизации подготовительных забоев, скорости движения вентиляционной струи, вида пород, породных прослоек и марки угля (в случае смешанного забоя), влажности угольно-породного массива. На запылённость воздуха в подготовительных выработках оказывают влияние применяемые способы и средства обеспыливания. Ухудшение пылевой обстановки на шахтах Донбасса активизирует процесс роста случаев заболевания пылевой этиологии пневмокониозами (силикоз, антракоз, пылевой бронхит).

Для эффективной борьбы с пылью на шахтах разработана Инструкция по комплексному обеспыливанию воздуха (НПАОП 10.0-5.07-04), выполнение требований которой в угольных шахтах сталкивается с рядом серьёзных причин организационного и технического характера главными из которых являются:

- отсутствия необходимого и достаточного финансирования охраны труда;
- планирования горно-добычных работ без учёта проведения мероприятий по безопасному ведению работ;
- слабая производственная и исполнительская дисциплина;
- использование изношенной и устаревшей техники.

На Международной конференции по пневмокониозу (Йоханнесбург), 1959), отмечалось, что наиболее опасными для здоровья человека являются частицы пыли размером менее 7 мкм: до 1 мкм – все проникают в лёгкие, а пылинки размером от 5 до 7 мкм – 10-20 % [6].

Исследованиями установлено, что в пыли, извлечённой из лёгких горнорабочих угольных шахт, фракции размером до 1 мкм составляют 18-20 %,

1-3мкм – 71-74 %, более 3 мкм – 6-8 % с преобладающим количеством пылинок размером 5 мкм. Известно, что общая масса витающей пыли (до 100 мкм) вызывает заболевание верхних дыхательных путей – пылевой бронхит [7]. Установлено также, что у шахтёров, работающих на глубоких горизонтах (более 700 м) при температуре воздуха + 28⁰С и более, пневмокониоз развивается раньше, чем у лиц, выполняющих такую же работу, но на неглубоких шахтах (до 500 м). Вывод: перегревающий микроклимат ускоряет развитие пневмокониоза.

Фиброз лёгких может развиваться не только в результате воздействия пыли, содержащей свободный диоксид кремния (SiO₂), но и под влиянием пыли, содержащей двуокись кремния в связанном с другими элементами состоянии (асбест, тальк, олефин, нефелин и другие силикаты), а также под влиянием пыли, совершенно не содержащей двуокиси кремния, например, чистой угольной пыли, пыли некоторых металлов, окиси железа. Учитывая способность этих пылей вызывать профессиональные заболевания «пылевой этиологии» за ними закрепилось название «аэрозолей преимущественно фиброгенного типа действия» (АПФД).

Несомненным остаётся факт, что из всех пылей, обладающих фиброгенным действием, наиболее опасной является пыль диоксида кремния, процентное содержание которого в той или иной смешанной пыли является одним из важнейших факторов, определяющих степень агрессивности пыли по отношению к организму (к высоко, умеренно фиброгенным пылям относятся пыли с содержанием свободного диоксида кремния более 10 % и к слабофиброгенным – менее 10 %).

Способность пыли вызывать развитие фиброза лёгочной ткани в значительной степени определяется физико-химическими свойствами вдыхаемой пыли. Большое значение, в частности, имеет дисперсность пыли. Частицы диаметром более 10μ быстро выпадают из аэрозоля с нарастающей скоростью и поэтому – менее опасны для организма, так как либо совсем не содержатся в струе вдыхаемого воздуха, либо выпадают из неё прежде, чем воздух достигнет альвеол. Частицы же, осевшие на слизистой оболочке верхних дыхательных путей, удаляются при чиханье, сморкании, кашле; значительная часть пыли, попавшая в бронхи, выделяется из дыхательных путей с помощью мерцательного эпителия. Частицы размером от 10 до 0,1 μ оседают в спокойном воздухе медленно и с постоянной скоростью. Ультрамикроскопические частицы аналогично поведению газовых молекул находятся в непрерывном броуновском движении и практически вообще не оседают. Доказано, что наиболее опасна для организма мелкодисперсная пыль с диаметром пылевых частиц от 2 до 5 μ. Такие пылевые частицы дольше находятся во взвешенном состоянии во вдыхаемом воздухе и проникают в более глубокие отделы дыхательных путей. Следовательно, от степени дисперсности в значительной мере зависит характер вызываемых пылью изменений в лёгких.

Агрессивность пыли определяется не только её дисперсностью, но и общей концентрации пыли на рабочих местах. Так как для развития профессиональной патологии требуется длительный период накопления АПФД в лёгких (от 2 до 15 лет), нормирование пыли осуществляется по

среднесменным концентрациям (ССК), а для осуществления оперативного контроля наиболее распространённых АПФД существуют максимальные разовые концентрации (МРК).

В последние десятилетия в санитарно-гигиенические документы введено представление о значимости пылевой нагрузки на органы дыхания, как суммарных экспозиционных доз пыли за весь период профессионального контакта, выраженный в годах. Предложены контрольные уровни пылевой нагрузки, соблюдение которых обеспечивает профилактику заболеваний пылевой этиологии. В профилактике заболеваниями пневмокониозами определяющим является учет пылевых нагрузок горнорабочих и горных мастеров в соответствии с требованиями Инструкции по замеру концентрации пыли в шахтах и учету пылевых нагрузок (НПАОП 10.0-5.08-04). Пылевая нагрузка работника шахты рассчитывается по формуле [2]

$$П = 0,001kCQtN,$$

где k – коэффициент, учитывающий наличие противопылевого респиратора (при наличии респиратора $k = 0,1$, отсутствии - $k = 1$);

C – среднесменная запыленность воздуха, $мг/м^3$;

Q – среднесменный объем легочной вентиляции, $м^3/мин$ (определяется тяжестью выполняемой работы в зависимости от профессии работника);

t – продолжительность рабочей смены, мин;

N – число смен, отработанных в запыленной атмосфере.

Исследованиями установлена тесная корреляционная связь между заболеваемостью, содержанием летучих веществ, пыли в разрушенном угле (размером, менее 70 мкм) и влажности угля [3]

$$n = - 0.23 (V^r + a) + 0.18W + 9.57,$$

где n – теоретический уровень заболеваемости (количество вновь выявленных больных на 1000 осмотренных);

V^r – содержание летучих веществ, %;

$(V^r + a)$ – интегральный показатель среднего содержания пыли в разрушенном угле, где $a = f(V^r)$, $a = - 0.51V^r + 3,5$;

W – содержание влаги в угольном пласте.

Множественный коэффициент корреляции – $R = 0.79$ свидетельствует о подтверждении гипотезы связи заболеваемости пневмокониозом с указанными факторами.

В зависимости от преимущественного характера действия промышленного аэрозоля и ответной реакции организма выделено три основные группы пневмокониозов, каждая из которых характеризуется сходством патогенеза, патоморфологическими, функциональными, цитологическими, иммунологическими и клиническими особенностями проявлений всех составляющих группу различных видов [7, 9].

Пневмокониоз от воздействия высоко- и умеренно фиброгенной пыли (силикоз, антракосиликоз, силикосидероз, силикосиликоз и др.) склонен к прогрессированию фиброзного процесса и осложнению туберкулёзной инфекцией.

Пневмокониозы, развивающиеся от воздействия слабо фиброгенной пыли (асбестоз, талькоз, каолиноз, оливиноз, нефелиноз, карбокониоз/антракоз, графитоз и др., сидероз, баритоз, станиоз, манганокониоз и др.), характеризуются умеренно выраженным пневмофиброзом с доброкачественным и медленно прогрессирующим течением.

К наиболее распространённым и тяжело протекающим видам пневмокониоза относится силикоз. Заболевание развивается в результате вдыхания пыли с высоким содержанием свободного диоксида кремния.

Клиническая картина силикоза у подземных рабочих угольных шахт отличается относительно короткими сроками развития, а «острого силикоза» с коротким периодом пылевой экспозиции – 2–3 года и даже 6 месяцев. У горнорабочих диагностируются также случаи так называемого позднего силикоза, развивающегося спустя несколько лет после прекращения контакта с пылью. Предполагают, что развитие позднего силикоза обусловлено наличием «депо» пыли в лёгких [7].

К заболеваниям лёгких пылевой этиологии относятся также профессиональные пылевые бронхиты. Ведущую роль в их развитии имеет воздействие вредных условий труда, степень их повреждающего влияния с учётом состава и концентрации промышленных аэрозолей, исходного состояния организма до начала работы, стажа работы в неблагоприятных условиях.

Условия труда и, в первую очередь, выраженность пылевого фактора определяют высокие показатели профессиональной заболеваемости (ПЗ) у работников горнодобывающих предприятий. Основными профессиями работников, у которых были зарегистрированы заболевания пылевой этиологии, являлись: проходчик, ГРОЗ, слесари, электрослесари. В структуре заболеваний от воздействия промышленных аэрозолей первое место занимал хронический пылевой бронхит – 24,17 %; второе – пневмокониоз (силикоз) – 18,53 %.

На угольных шахтах высокие концентрации пыли на рабочих местах определяют не только самый высокий уровень заболеваемости пылевыми болезнями лёгких, но её структуру. Формы регистрируемых пневмокониозов зависят не только от степени запылённости воздуха на рабочих местах, но и от свойств разрабатываемого угля, в частности от его крепости и зольности, процентного содержания диоксида кремния в угле и породе, а также от стажа работы в шахтах, характера выполнения работ (по углю или породе). Преобладающим видом пневмокониозов у шахтёров является антракосиликоз.

Он регистрируется у рабочих со стажем подземной работы 20–30 лет. Большой процент в профессиональной патологии шахтёров составляют хронические пылевые бронхиты, в развитии которых, помимо высокой запылённости воздуха, имеют другие факторы (неблагоприятный микроклимат,

загрязнение рудничной атмосферы раздражающими газами, частые простудные заболевания и др.) [7, 9].

Высокие уровни профессиональной заболеваемости среди шахтёров в последнее десятилетие объясняются не только вредными условиями труда, но и сворачиванием работ по внедрению противопылевых средств, поддержанию нормализованных режимов их работы. На многих шахтах резко снизилась обеспеченность работающих средствами индивидуальной защиты органов дыхания, спецодеждой, лечебно-профилактическим питанием. Закрылись многие медсанчасти, профилактории, на базе которых осуществлялись лечебно-профилактические и оздоровительные мероприятия (послесменная реабилитация, диспансеризация и др.).

Для профилактики пылевых заболеваний органов дыхания разработан комплекс технологических, инженерно-технических, лечебно-профилактических и социальных мероприятий. Следует особо подчеркнуть, что профилактика заболеваний может быть успешной только при внедрении и последовательном выполнении всего комплекса мер. Игнорирование одного из составляющих, даже при тщательном выполнении других, сведёт на нет предпринятые усилия и не даст должного эффекта, вне зависимости от уровня вложенных средств.

В арсенале средств (общих и индивидуальных мер защиты), направленных на профилактику пылевой этиологии проходчиков подготовительных забоев угольных шахт Донбасса, основное место занимают технические и санитарно-гигиенические мероприятия по максимальному снижению запылённости воздуха рабочих зон. Для снижения запылённости воздуха в подготовительных выработках необходимо применение комплекса противопылевых мероприятий на всех этапах проходки выработок [1,3,4,].

При перфораторном бурении эффективен способ борьбы с пылью, заключающийся в применении промывки шпуров водой, а при бурении скважин – диспергированным водным раствором. Эффективность пылеподавления при бурении с промывкой возрастает при применении смачивателей или смачивающих добавок. Бурение шпуров и скважин с промывкой в сочетании с оптимальным проветриванием надёжно обеспечивает снижение содержания пыли в рудничном воздухе до допустимых концентраций. При низкой отрицательной температуре воздуха и горных пород, недостатке воды рекомендуется применение систем сухого пылеулавливания [3].

При выполнении погрузочно-разгрузочных и транспортных операций эффективным средством борьбы с пылью является орошение с увлажнением мест интенсивного пылеобразования с помощью стационарных и переносных оросителей различных конструкций. Устойчивое снижение концентрации пыли в действующих забоях достигается сочетанием орошения с оптимальным проветриванием выработок. Кабины горных машин и механизмов, а также транспортных средств должны быть надёжно защищены от проникновения пыли и иметь вентиляционные устройства, оборудованные воздухоочистительными установками [3, 4].

Большое значение для снижения заболеваемости проходчиков пневмокониозом, хроническим пылевым бронхитом имеют профилактические медицинские осмотры рабочих горнодобывающих предприятий [9]. Цель профилактических осмотров – выявление начальных признаков пылевого воздействия, возможно раннего прекращения дальнейшего контакта заболевшего с пылью, рационального трудоустройства. Организация медицинских осмотров, сроки их проведения для работников, имеющих контакт с пылью с различными физико-химическими характеристиками, периодичность, набор специалистов, участвующих в медицинском осмотре, объём клинико-лабораторных обследований определяются приказами Минздрава Украины. В комплексе лечебно-профилактических мероприятий важными являются диспансерное наблюдение за рабочими разных профессиональных групп с начальными проявлениями патологии, лечение в специализированных клиниках, а также проведение общеукрепляющих процедур в санаториях – профилакториях.

Выводы

1. Учеными детально изучены вопросы пылеобразования и вредного действия угольно-породной пыли на здоровье проходчиков угольных шахт, разработаны и рекомендованы методы профилактики осаждения и связывания взвешенной в воздухе пыли.

2. Исследованиями установлена тесная корреляционная связь между заболеваемостью, содержанием летучих веществ, пыли в разрушенном угле (размером, менее 70 мкм) и влажности угля.

3. Высокие уровни профессиональной заболеваемости среди проходчиков объясняются не только вредными условиями труда, но и сворачиванием работ по внедрению противопылевых средств, поддержанию нормализованных режимов их работы. На угольных шахтах резко снизилась обеспеченность работающих средствами индивидуальной защиты органов дыхания, спецодеждой, лечебно-профилактическим питанием.

4. Низкий уровень финансирования охраны труда, неправильное планирование ведения горнопроходческих работ, использование изношенной и морально устаревшей техники, отсутствие строгой производственной и исполнительской дисциплины являются причиной невыполнения мероприятий по борьбе с вредным действием угольной пыли на организм проходчиков подготовительных забоев не способствуют снижению уровня их заболеваемости пневмокониозом.

Список литературы:

1. Справочник по борьбе с пылью в горнодобывающей промышленности / Поздняков Г.А., Кирин Б.Ф. и др. – М.: Недра, 1982. – 240с.

2. Александров С.Н., Булгаков Ю.Ф., Яйло В.В. Охрана труда в угольной промышленности: Учебное пособие для студентов горных специальностей высших учебных заведений/ Под общей ред. Ю.Ф.Булгакова.- Донецк: РИА ДонНТУ, 2012. - 480 с.

3. Медведев Э.Н. и др. Пылевая обстановка и заболеваемость пневмокониозом на шахтах Украины. – Макеевка-Донбасс.: ТОВ «Промдрук», 2005.– 208 с.
4. Борьба с угольной и породной пылью в шахтах/ Петрухин П.М., Гродель Г.С. и др. – М.: Недра, 1981, 217 с.
5. Коренев А.П. и др. Анализ состояния и пути нормализации условий труда и безопасности по пылевому фактору в угольных шахтах//Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах: Сб. науч. тр./МакНИИ, - Макеевка, 2001. С. 56-63.
6. Ищук И.Г., Карагодин Л.Н. Опыт организации пылевого контроля на шахтах ФРГ, Великобритании и Франции. – М.: ЦНИЭИуголь, 1985. – 36 с.
7. Суханов В.В., Костин Ю.В. Пылевая опасность в угольных шахтах. Прогнозирование и профилактика пневмокониоза. – М.: Центр. управл. Всесоюз. науч.-техн. горного об-ва, 1990. – 83 с.
8. Смачивание пыли и контроль запылённости воздуха в шахтах/Р. Р. Кудряшов и др. – М.: Наука,1979. – 196 с.
9. Краснюк Е.П. Пылевые заболевания лёгких у рабочих промышленного производства Украины// Український пульманологічний журнал, 1998, № 4.