

УДК 622.807:622.3

## ЯВЛЕНИЕ СВЯЗИ СЕЗОННОЙ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ШАХТЕРОВ С ПЫЛЕГАЗОВЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ВЫБРОСАМИ

Гого В.Б., канд. техн. наук, Малеев В.Б., докт. техн. наук, проф.  
Донецкий национальный технический университет

*Исследована природа явления связи острых респираторных заболеваний шахтеров с пылегазовыми выбросами угольного производства и установлена сезонная зависимость роста заболеваемости с увеличением объемов теплопотенциальных пылегазовых выбросов.*

*Nature of the phenomenon of communication of sharp respirator diseases of miners is explored with the dustgas troop landing of coal production and set seasonal dependence of growth of morbidity with the increase of volumes of the warmly potential dustgas troop landing.*

**Проблема и ее связь с научными или практическими задачами.** Осенне-зимний период работы шахт сопровождается повышенным вредным воздействием техногенных газовых выбросов, порожденных шахтными объектами – источниками теплопотенциальных отходящих газов угольного производства – вентиляционного шахтного воздуха, дымовых газов котельных и сушильных участков обоганительных фабрик, дымящихся породных отвалов и т.д. на здоровье рабочих. По данным медицинских пунктов ведущих шахт Красноармейского региона – ГКХ «Красноармейская-Западная №1», ГКХ «Краснолиманская», им. Г. Стаханова и др. наблюдается повышение сезонной заболеваемости шахтеров и рабочих поверхностного комплекса в среднем на 67%.

**Анализ исследований и публикаций.** Традиционное медицинское объяснение этому факту основано на возрастании активности вирусных проявлений, объединенных общим определением острых респираторных заболеваний (ОРЗ). Известна опасность ОРЗ в своих осложнениях на здоровье, а следовательно, в решении вопросов охраны труда шахтеров. Кроме медицинского объяснения сезонной активности ОРЗ, на наш взгляд, может быть гипотеза о явлении связи ОРЗ с сезонным повышением объемов теплопотенциальных пылегазовых выбросов угольного производства.

**Постановка задачі.** Объяснить физическую природу явления связи активности ОРЗ с пылегазовыми выбросами угольного производства на основании происходящих техногенных изменений в воздушной среде шахты в связи с сезонными климатическими трансформациями атмосферы.

**Изложение материала и результаты.** Над районом шахты под влиянием техногенных процессов угольного производства формируется локальная атмосферная зона технологических выбросов пыли и вредных теплотенциальных газов, которые создают в воздухе конгломератную дымку. Эта атмосферная зона, накрывает район шахты (или регион нескольких шахт, например, Красноармейский, объединяющий 6 шахт) тепловым колпаком. Под колпаком образуется стационарное плотное газовое облако, состоящее из конгломерата пылевых частиц и капель аэрозоля, которое по краям размыто атмосферными течениями. Загрязняющие вещества пылегазовых выбросов, поступающие в воздушный бассейн шахты, в сочетании со спецификой ее поверхности и зон тепловых сезонных источников, оказывают вредное влияние на микроклимат шахты и состояние здоровья шахтеров.

Проанализируем ряд факторов, определяющих термофизические и механические изменения шахтной атмосферы.

Рост температуры воздуха в атмосфере района шахты сильно изменяет турбулентный теплообмен, а следовательно перенос загрязняющих пылевых веществ от земной поверхности в более высокие слои воздуха. Это вызывает локализацию газообразных выбросов в области источника (например: вентиляционного ствола, котельной и др.), создавая высокие уровни загрязнения.

Толщина загрязненных слоев воздушной среды составляет высоту теплового колпака, т.е. 30...500 м с перепадом температур на верхней и нижней границах от долей градуса до  $5^{\circ}\text{C}$  и более. По наблюдениям в районе шахты «Центральная» общая инверсия запыленного пылегазового воздуха в среднем за осенне-зимний период составляет 83%, а в районе шахты им. Г.Стаханова – 86%.

Чтобы объяснить эти особенности и факторы формирования теплового колпака загрязненных пылегазовых выбросов в районе шахты, составим уравнение теплового баланса энергий на уровне поверхности шахтного комплекса:

$$E=Q_T+Q_n+Q_m+Q_a, \quad (1)$$

где  $E$  – общий поток энергии;

$Q_T$  – турбулентный поток тепла от внешней атмосферы шахты;

$Q_n$  – поток скрытого тепла от шахтных источников;

$Q_M$  – поток тепла из колпака;

$Q_a$  – техногенный поток тепла от шахтных источников.

В уравнении (1) каждый поток энергии в воздушной среде шахты естественно отличается друг от друга по величине и знаку, но загрязнение воздуха поверхностного комплекса шахты техногенными примесями оказывает влияние на потоки солнечной и инфракрасной радиации от внешней среды, аккумулируя их под тепловым колпаком.

Для техногенного потока явного тепла от шахтных источников можно записать величину количества теплоты  $Q_a$ :

$$Q_a = C_p \rho k_z (\gamma - \gamma_a), \quad (2)$$

где  $\gamma = -\frac{dT}{dZ}$  – вертикальный градиент температуры воздуха под колпаком;

$\gamma_a$  – адиабатический градиент (примерно равный 0,01 град/м по метеорологическим данным для Красноармейского района);

$Z$  – координата по вертикали;

$k_z$  – коэффициент турбулентности воздуха в районе шахты;

$\rho$  – плотность воздуха;

$C_p$  – удельная теплоемкость воздуха.

Используя уравнение (2), получим выражение для вертикального градиента температуры у земной поверхности шахты:

$$\gamma = \gamma_a + \frac{1}{C_p} \frac{dQ_{\Pi}}{dz} + \frac{E}{C_p \rho k_z} - \frac{Q_M}{C_p \rho k_z}, \quad (3)$$

В вечернее время и ночью, когда радиационный поток от атмосферы уменьшается, возникают условия для образования приземной инверсии теплового потока техногенного происхождения, т.е. от шахтных тепловых источников. В этом случае основную роль играют техногенные тепловые потоки. Над районом шахты под тепловым колпаком за счет пылевых, аэрозольных примесей и водяных паров под влиянием теплового градиента происходит перемещение вредных примесей внутри теплового колпака по всей накрытой им территории, т.к. эффективное излучение во внешнюю среду в центре значительно меньше, чем в граничных областях.

Ночью у шахтной поверхности более вероятны положительные значения вертикального градиента температур, а это означает, что температура в приземном слое выше и падает с высотой, и инверсия температуры вызывает и перемещает пыль, вредные аэрозольные компоненты и газообразные примеси на высоту теплового колпака с последующим возвратным движением от периферии к центру источника, т.е. возникает техногенный внутренний ветер.

Это физическое явление качественно объясняет причины формирования острова тепла под колпаком в районе шахты и концентрации вредных пылевых и газообразных выбросов у техногенных источников.

Конечно, большое влияние на турбулентные потоки тепла под колпаком оказывает атмосферный ветер. По мере увеличения скорости атмосферного ветра инверсия температуры воздуха под колпаком в районе шахты уменьшается или вовсе разрушается, т.к. существенное влияние на изменение концентрации примесей в атмосфере оказывает турбулентный поток воздуха, зависящий от скорости ветра. Зависимость концентрации пыли и загрязнений от скорости атмосферного ветра обнаруживается при сравнении экспериментальных данных. Наибольшие концентрации пыли и примесей наблюдаются при скорости атмосферного ветра не более 3 м/с.

В приземном слое зависимость скорости ветра от высоты с достаточной для практики точностью можно описать формулой:

$$u(z) = 5,5bu_g l_g \left( \frac{Z + Z_0}{Z_0} \right), \quad (4)$$

где  $u(z)$  - скорость атмосферного ветра на высоте;

$u_g$  - скорость воздуха, созданная гравитацией:

$$u_g = \frac{1}{2\omega \cdot z\rho} \frac{dp}{dn};$$

$Z_0$  - параметр неровностей поверхности шахты;

$b$  - коэффициент трения;

$\frac{dp}{dn}$  - горизонтальный градиент давления;

$2\omega z = 2\omega \sin\varphi$  - кориолисов параметр;

$\rho$  - плотность воздуха;

$\varphi$  - географическая широта района шахты;

$\omega$  - угловая скорость суточного вращения Земли.

Скорость атмосферного ветра может быть определена по данным метеослужб соответствующего региона. Параметр неровностей поверхности шахты порядка 0,1 - 10 м.

Таким образом, под тепловым колпаком шахты в осенне-зимний период возникает остров тепла, где под действием архимедовых сил возникают восходящие потоки воздуха, а в горизонтальной плоскости при этом происходит сходимостъ воздушных течений к источникам теплогазовых выбросов. Как уже отмечалось, наиболее сильно центральный остров тепла под шахтным колпаком проявляется в ночное время, поэтому составляющие приземных потоков в центральной части колпака проявляются именно в это время. Остров тепла от шахтных тепловых источников поверхности, выбрасывающих запыленные технологические газы, порождает техногенный ветер, скорость которого порядка 1 м/с.

Этот эффект особо заметен при низкой скорости атмосферного ветра. Движение воздушных масс к центру теплового шахтного колпака в целом носит характер слабой фронтальной волны: у края наблюдаются небольшие перепады температур и пульсаций скорости воздуха из-за втекающих в колпак более холодных воздушных масс. Конвергенция течений, порожденных шахтным островом тепла, способствует переносу загрязняющих веществ с окраины колпака в его центральную часть. Поэтому выбросы в атмосферу по периферии шахтного колпака потоками переносятся в его центральную часть, что усугубляет санитарно-экологическую обстановку в районе шахты и создает проблемы для охраны здоровья и труда шахтеров.

Необходимо отметить, что особую проблему в рассмотренных процессах вызывает повышение температуры воздуха в атмосфере шахты под тепловым колпаком. Пары воды, содержащиеся в теплопотенциальных газообразных выбросах, конденсируются, т.е. создают туман. В момент начала образования тумана относительная влажность воздуха должна быть равной:

$$B = \frac{T_1}{T_1 + \Delta T} ,$$

где  $B$  - относительная влажность воздуха под колпаком;

$T_1$  - температура на периферии района колпака;

$\Delta T$  - разность температур в центре колпака и на периферии.

Для возникновения тумана под колпаком в районе шахты температура воздуха на его периферии должна быть ниже точки росы.

Следует отметить, что повышение температуры влияет на туманообразование, если  $\Delta T$  достигает в среднем значения  $1^\circ \text{C}$ . Для шахтных тепловых колпаков это возникает в октябре-феврале.

Применительно к условиям шахтного поверхностного комплекса локальные туманные процессы осенне-зимнего периода являются результатом аномального увеличения влагосодержания в воздухе из-за теплотенциальных газовых выбросов шахты. К примеру, при наружной температуре воздуха  $0^\circ \text{C}$  и температуре вентиляционных выбросов  $20^\circ \text{C}$  происходит интенсивная конденсация водяного пара. Этот процесс в отношении дымовых газов (с температурой  $130...150^\circ \text{C}$ ) ведет к более плотному сгустку водяных паров с визуальным проявлением белого цвета.

Таким образом, в основе локального техногенного шахтного тумана лежит физический процесс охлаждения технологических газов с конденсацией водяных паров. При этом следует учесть, что шахтные технологические газы сильно загрязнены твердыми, жидкими (капельными) и газообразными вредными компонентами: пылью (угольными частицами вентиляционного шахтного воздуха, золой и сажой продуктов сгорания угля и др.), оксидами серы, углерода и т.д., которые активизируют конденсацию. Горизонтальные перемещения теплотенциальных технологических шахтных газов создают смог, который усиливается холодной земной поверхностью района шахты.

Самые благоприятные условия для образования шахтного тумана создаются при температуре  $0^\circ \text{C}$  и повышенной относительной влажности воздуха, а также значительном охлаждении технологических газов. Как правило, с понижением температуры атмосферного воздуха и началом отопительного сезона возрастает в 2-3 раза теплопроизводство шахтных котельных, сушильных агрегатов обогатительных фабрик, а также частного сектора прилегающего шахтного поселка, что пропорционально увеличивает загрязнение атмосферы вредными компонентами дымовых газов.

Проблема техногенного шахтного тумана усугубляется в период метеорологических осенне-зимних туманов, которые для периода глобального потепления стают неотъемлемой частью холодных сезонов года.

Локальный шахтный туман ведет к повышению температуры на  $2...3^\circ \text{C}$  в районе теплотехнических шахтных объектов и вентиляционных стволов. Температурный перепад делает периферийный воздух дополнительным источником тумана, т.к. приземный слой имеет

температуру на  $3...4^{\circ}\text{C}$  ниже, чем слой воздуха на высоте  $3...7$  метров.

Как показали многолетние наблюдения районов шахт им. Г.Димитрова, Центральной, им. Г. Стаханова техногенные туманы порождают слабое движение воздушных масс, при скорости не более  $1$  м/с и незначительного локального роста атмосферного давления. Установлено, что относительная влажность воздуха шахтных туманов при этом редко превышает  $90\%$ , т.е. с физической точки зрения техногенный шахтный туман возникает при неполном насыщении паров, а это физическое явление возможно только при наличии «активаторов» в воздухе в виде частиц пыли, конденсатных капель серной кислоты и т.д.

**Выводы и направление дальнейших исследований.** Таким образом, раскрыта сущность явления связи респираторных заболеваний с физической природой шахтных техногенных туманов, которая проявляется не сколько визуально, а сколько своим главным действием на органы дыхания. Резкий скачок острых респираторных заболеваний, в том числе и вирусных (грипп, ангина) в начале отопительного осенне-зимнего периода провоцируется вредными компонентами шахтных технологических газообразных выбросов, которые особо возрастают при нарушениях процессов очистки газов. Микрокапельный конденсат, порожденный шахтными газообразными выбросами способствует распространению вирусов ОРЗ, гриппа и т.д., как благоприятных для них условий, что ведет к росту заболеваемости и снижению трудоспособности шахтеров и населения.