



Министерство науки и высшего образования Российской
Федерации
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный
университет»

БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ

*Труды IV Международной
научно-практической конференции*

7 апреля 2022 г.

**Екатеринбург
2022**

БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ

Труды IV Международной научно-практической конференции
7 апреля 2022., г. Екатеринбург
В рамках XX Уральской горно-промышленной декады

Ответственный редактор
доктор геолого-минералогических наук, профессор В. А. Елохин

Екатеринбург
2022

УДК 622 : 614.8
ББК 68.9
Б 40

Печатается по решению Учебно-методического совета
Уральского государственного горного университета

**Безопасность технологических процессов и производств: Труды
Б 40 IV Международной научно-практической конференции. 7 апреля 2022 г., г.
Екатеринбург / отв. редактор В. А. Елохин; Урал. гос. горный ун-т. –
Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2022. – 122 с.**

В сборнике трудов представлены результаты авторских исследований, охватывающие различные аспекты безопасности технологических процессов и производств, а также работы, касающиеся мониторинга состояния недр.

Публикуемые материалы могут представлять интерес для студентов, аспирантов, профессорско-преподавательского состава вузов, реализующих программы высшего образования по направлению «Техносферная безопасность», а также для специалистов науки и производства.

УДК 622 : 614.8
ББК 68.9

© Уральский государственный
горный университет, 2022
© Авторы, постатейно, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Демин В.Ф., Демина Т.В., Батанин Ф.К., Тетерев Н.А.</i> Формирование прогрессивных технологических схем проведения и крепления горных выработок	5
<i>Демин В.Ф., Демина Т.В., Кочнева Л.В., Кузнецов А.М.</i> Технологические схемы, способы, виды и средства крепления контуров горных выработок в сложных горно-геологических условиях эксплуатации.	11
<i>Демин В.Ф., Демина Т.В., Каюмова А.Н.</i> Разработка технологии крепления горных выработок при выемке угольных пластов	17
<i>Елохин В. А.</i> Оценка влияния шлакового отвала на растительный покров.	24
<i>Елохина С.Н., Елохин В.А., Мызникова Т.С., Цветов Н.В.</i> Основные климатические характеристики 2021 года и активность опасных экзогенных геологических процессов на территории уральского федерального округа.	36
<i>Ефимова М. Е., Плахова Л. В.</i> Влияние факторов производственной среды на состояние безопасности и работоспособность операторов	46
<i>Киндлер А.А.¹, Зырянова Е.С.², Худяков А.А.</i> Выявление зон вертикальных деформаций Дегтярской зоны постэксплуатации с применением дифференциальной радарной интерферометрии	50
<i>Комлева Е.Н.</i> Анализ повреждаемости заземляющей сети в карьерах	57
<i>Куневич В. А., Булавка Ю. А.</i> Современные цифровые инструменты управления техногенными рисками при эксплуатации объектов газораспределительных систем	61
<i>Майнингер В.А., Елохин В.А.</i> Разработка рекомендаций по реагированию на прогноз ЧС техногенного характера на основе мониторинга и прогнозирования ЧС на территории Ханты-Мансийского автономного округа	68
<i>Пуриков Д.Е., Елохин В.А.</i> Выбор средств индивидуальной защиты для пользователя при работе на высоте	73
<i>Тетерев Н.А., Майнингер В.А., Федулова А.М., Демина Т.В.</i> изученность природы взрывов сульфидной пыли	80
<i>Тетерев Н.А., Майнингер В.А., Федулова А.М., Гребенкин С.М.</i> Способы конденсационного укрупнения и осаждения мелкодисперсной пыли	84
<i>Тетерев Н.А., Майнингер В.А., Федулова А.М., Кузнецов А.М.</i> Мероприятия по нормализации состава атмосферы в карьере	97
<i>Тетерев Н.А., Майнингер В.А., Федулова А.М., Демина Т.В., Потапов В.В.</i> Методика проветривания тупиковых выработок при проведении проходческих работ	100
<i>Тетерев Н.А., Майнингер В.А., Батанин Ф.К., Кочнева Л.В.</i> Расчет необходимого количества воздуха для подземных рудников по критерию разбавления выхлопных газов машин с ДВС	117

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОГРЕССИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ПРОВЕДЕНИЯ И КРЕПЛЕНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

ДЕМИН В.Ф.¹, ДЕМИНА Т.В.², БАТАНИН Ф.К.², ТЕТЕРЕВ Н.А.²

¹ Карагандинский государственный технический университет, Казахстан

² Уральский государственный горный университет

Аннотация. Исследован механизм деформирования, сдвижения и обрушения пород в структурно нарушенном неоднородном горном массиве для оценки состояния породного массива вокруг горных выработок. Разработана технология крепления приконтурных пород с учетом состояния горного массива вокруг выработки и определены параметры эксплуатации анкерной крепи на шахтах для закрепления штанг в выработках в целях обеспечения безопасности ведения горных работ.

Ключевые слова: напряженно-деформированное состояние, технология, приконтурный массив горных пород, крепление горных выработок.

FORMATION OF PROGRESSIVE TECHNOLOGICAL SCHEMES FOR CARRYING OUT AND SUPPORTING MINE WORKINGS

DEMIN V.F.¹, DEMINA T.V.², BATANIN F.K.², TETEREV N.A.²

¹ Karaganda state technical university, Kazakhstan

² Ural state mountain university

Annotation. The mechanism of deformation, moving and bringing down of breeds, is investigated in the structurally broken heterogeneous mountain range for the estimation of the state of pedigree array round the mountain making. Technology of fastening of приконтурных breeds of soil is worked out taking into account the state of mountain range round making and the parameters of exploitation of the roof bolting are certain on mines for fixing of barbells in making for providing of safety of conduct of mountain works.

Keywords: the stress-strain state of the technology, the marginal rock mass, fixing mine workings.

Породный массив рассматривается как статистическая совокупность неоднородных объемов со структурными дефектами. По суждению проф. Бахурина И.М.: «История горного дела есть история борьбы со сдвижением горных пород» [1].

Основной величиной, определяющей степень упорядоченности такой системы, является дисперсия испытанных на одноосное сжатие породных образцов. Однако образцы (микроблоки), пересекаемые трещинами, в обычных испытаниях не участвуют. Если высказать предположение о том, что такие гипотетические образцы имеют нулевую прочность и привести их в исходный статистический ряд, то начальная дисперсия изменится. Это изменение количественно отразит ослабление породного массива за счет естественной неоднородности и трещиноватости. Формула для определения коэффициента структурного ослабления, полученная в предположении, что распределение дефектов – трещин в породном массиве подчиняется нормальному закону Гаусса [2], имеет вид

$$k_c = \left[1 - \sqrt{0,5\eta} \exp(-0,25\eta) \right] \frac{\eta_0^2 + 1}{\eta^2 + 1}, \quad (1)$$

где η - коэффициент вариации прочности породного массива, определяемый по формуле:

$$\eta = \sqrt{\frac{l_T + l_0}{l_T} (\eta_0^2 + 1)} - 1, \quad (2)$$

где l_T - среднее расстояние между трещинами; l_0 - наибольший размер стандартного породного образца; η_0 - коэффициент вариации результатов испытаний породных образцов.

Нарушенность угольных пластов. Для условий Карагандинского месторождения зависимость длины разрывного нарушения l (м) от его амплитуды N (м) имеет вид

$$L = 304 N^{0,4} \quad (3)$$

В процессе подготовки выемочного столба выработками разрывные нарушения зачастую пересекаются ими. Зная амплитуду разрывного нарушения, при помощи уравнения (3) можно легко установить протяженность этого нарушения, что обеспечит большую точность планирования очистных и других горных работ.

Переход систем мелкоамплитудной нарушенности считается невозможным при суммарной амплитуде нарушений более 0,5 вынимаемой мощности пласта, при распространении систем мелкоамплитудных нарушений на площадях более 180 - 200 м².

В случае пересечения разрывным нарушением горной выработки определяем протяженность (м) зоны неустойчивых пород

$$L_H = 25,88e-0,035a \quad (4)$$

где a — угол встречи выработки с плоскостью нарушения, градус.

Зона влияния нарушения характеризуется развитой трещиноватостью пород, склонных к вывалообразованию. Радиус зоны влияния можно определить по номограмме (рисунок 1).

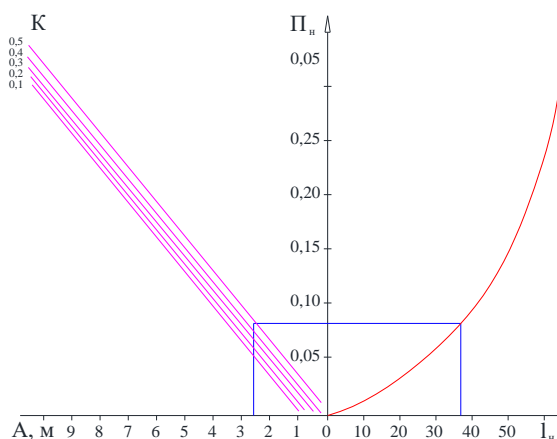


Рисунок 1 – Номограмма для определения зоны влияния нарушения

Для пользования номограммой следует отложить на оси A значение амплитуды сдвига по разрывному нарушению и восстановить перпендикуляр до пересечения с графиком k - коэффициента «технической характеристики среды» («условий») [3]:

$$k = \gamma H g / \sigma_{сж} \quad (5)$$

где γ - средняя плотность боковых пород, $т/м^3$;

H - глубина заложения выработки, м;

$\sigma^{сж}$ - предел прочности боковых пород, на одноосное сжатие, Па;

$g = 9,81$ -ускорение свободного падения, $м/с^2$.

Единичные разрывные нарушения вызывают необходимость перехода с одной плоскости пласта на другую, либо с присечкой боковых пород, либо с полным или частичным демонтажом - монтажом оборудования в очистном забое.

В пределах же интервала $H= 0 \div 7$ м связь параметров достаточно надежна и для прогнозирования размеров зоны влияния можно использовать уравнение прямой линии:

$$b = 6,5H \quad (6)$$

В случае приближения очистного забоя к плоскости разрывного нарушения, вскрытого, например, подготовительной выработкой, следует определить размеры зоны b и предусматривать выполнение специальных мероприятий по обеспечению устойчивости нарушенных и сильнотрещиноватых пород.

Значительное влияние оказывает схема развития горных работ в пределах выемочного поля и расположения выработки относительно подвижного фронта ведения

очистных работ – рисунок 2. Величины смещений пород кровли в выработках возрастают по мере уменьшения соотношения мощности активной кровли, вынимаемой мощности пласта (h_a/m_B) и угла обрушения пород в выработанном пространстве (α), и достигают, при прочих равных условиях, максимальных значений (до 400 мм, скорость смещений до 7 мм/сут., при $h_a/m_B=1$). Доля смещений пород в зоне опорного давления впереди забоя первой лавы составляет около 10 – 12 %, в зоне активных смещений за лавой – 60 – 65 %, в зоне устоявшегося опорного давления – 8 - 10 %, в зоне опорного давления впереди забоя второй лавы – 17 – 23 %. Смещения пород кровли по ширине выработки со стороны массива угля в 1,3 - 2,5 раза меньше, чем со стороны выработанного пространства, причем с увеличением прочности пород и консоли зависающих пород соотношение между смещениями со стороны массива и со стороны выработанного пространства увеличивается. Параметры зон и величины смещений пород кровли и почвы в выработках под воздействием очистных работ в последовательно обрабатываемых смежных столбах в 1,3 - 1,5 раза меньше при креплении их анкерной крепью, чем металлической рамной.

Высота зоны опасных деформаций пород кровли зависит от их строения, прочности, трещиноватости, шага обрушения, угла обрушения в выработанном пространстве, соотношения мощности активной кровли к мощности пласта (h_a/m_B), ширины выработки, типа крепи применяемой при проведении выработки и составляет ориентировочно 1,5 - 3,5 м в зависимости от сочетания перечисленных факторов.

На основании результатов исследований инженерно-геологических условий вмещающих горных пород и закономерностей проявления горного давления разработаны способа охраны и крепления повторно используемых горных выработок.

Разработаны модели пространственного напряженно - деформированного состояния породного массива вокруг выработок (рисунки 3–4), закрепленных анкерной крепью на основе моделирования воздействия анкеров со сплошным закреплением на породный массив системой сил, что позволяет выбирать рациональную сетку, длину и соотношение длинных и коротких штанг.

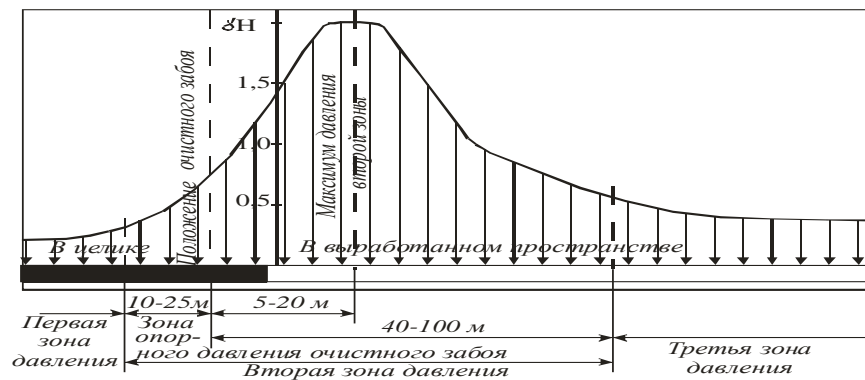
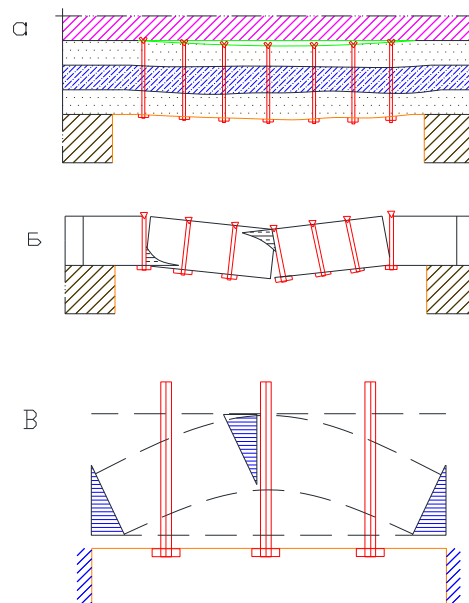
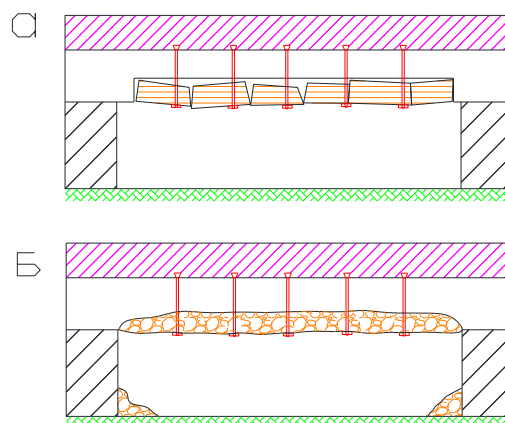


Рисунок 2 – Распределение горного давления в выработке, подверженной влиянию очистных работ



а – составная балка; б – трехшарнирной арки; в – трехшарнирного свода.
Рисунок 3 – Схема формирования с использованием анкеров грузонесущей конструкции в породах кровли выработки



а–отдельных блоков; б–нарушенного слоя непосредственной кровли выработки к устойчивым вышележащим породам

Рисунок 4 – Схема подвешивания на анкерах

Усложнение горно-геологических условий: вовлечение в отработку участков и целых месторождений со сложной тектоникой, увеличение глубины разработки,

проявления опасных динамических воздействий горного давления, ведёт к необходимости постоянно совершенствовать методы и способы крепления горных выработок, а также улучшению качества материалов, используемых при креплении [4 - 5].

Процесс деформирования массива, вмещающего горные выработки с анкерной крепью, происходит в следующей последовательности. В период проведения выработки, до момента установки анкеров, происходит образование зоны мгновенного разрушения и перераспределение напряжений, что приводит к развитию фронта разрушения от контура выработки вглубь массива. После установки анкерной крепи разрушение массива замедляется, вплоть до момента образования несущей породно-анкерной конструкции. После этого расслоение пород вблизи контура прекращается, а образованная породно-анкерная конструкция воспринимает на себя нагрузку от разрыхления пород, сдерживает развитие фронта разрушения вглубь массива и смещения пород в направлении контура выработки.

Библиографический список:

1 Демин В.Ф., Баймульдин М.М., Демина Т.В. Оценка технологических схем развития горных работ в практике отработки угольных пластов. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). № 3, 2013. – С. 5-15.

2 Демин В.Ф., Ахматнуров Д.Р., Журов В.В., Демина Т.В. Разработке прогрессивной технологии и систем анкерного крепления подготовительных выработок с учетом геомеханического состояния массива горных пород. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). № 2, 2013. – С. 18-25.

3 Векслер Ю.А., Демин В.Ф., Балабас А.Ю. Компьютерное моделирование напряженного состояния вокруг горных выработок (тезисы). Труды Международного симпозиума «Информационно-коммуникационные технологии в индустрии, образовании и науке», часть 3, 2012. – С. 68-70.

4 Демин В.Ф., Исабек Т.К., Демина Т.В., Баймульдин М.М. и др. Компьютерное моделирование напряженного состояния приконтурных пород вокруг выработок (тезисы). Труды Международного симпозиума «Информационно-коммуникационные технологии в индустрии, образовании и науке», часть 3, 2012. – С. 109-111.

5 Демин В.Ф., Баймульдин М.М., Журов В.В., Демин В.В. и др. Влияние угла установки анкерной крепи на деформации массива горных пород (тезисы). Материалы IX Международной научно-практической конференции «Ключевые аспекты научной деятельности», выпуск 16, Технические науки, Прцемисл–Прага (Чехия), Наука студия, 2013. – С. 68-72.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ, СПОСОБЫ, ВИДЫ И СРЕДСТВА КРЕПЛЕНИЯ КОНТУРОВ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК В СЛОЖНЫХ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

ДЕМИН В.Ф.¹, ДЕМИНА Т.В.², КОЧНЕВА Л.В.², КУЗНЕЦОВ А.М.²

1 Карагандинский государственный технический университет, Казахстан

2 Уральский государственный горный университет

Аннотация. Исследован механизм деформирования, сдвижения и обрушения пород в структурно нарушенном неоднородном горном массиве для оценки состояния породного массива вокруг горных выработок.

Разработана технология крепления приконтурных пород с учетом состояния горного массива вокруг выработки и определены параметры эксплуатации анкерной крепи на шахтах для закрепления штанг в выработках в целях обеспечения безопасности ведения горных работ.

Ключевые слова: напряженно-деформированное состояние, технология, приконтурный массив горных пород, крепление горных выработок.

TECHNOLOGICAL SCHEMES, METHODS, TYPES AND MEANS OF FASTENING THE CONTOURS OF MINE WORKINGS IN DIFFICULT MINING AND GEOLOGICAL OPERATING CONDITIONS

DEMINS V.F.¹, DEMINA T.V.², KOTCHNEVA L.V.², KUZNETSOV A.M.²

¹ Karaganda state technical university, Kazakhstan

² Ural state mountain university

Annotation. The mechanism of deformation, moving and bringing down of breeds, is investigated in the structurally broken heterogeneous mountain range for the estimation of the state of pedigree array round the mountain making.

Technology of fastening of приконтурных breeds of soil is worked out taking into account the state of mountain range round making and the parameters of exploitation of the roof bolt in

g are certain on mines for fixing of barbells in making for providing of safety of conduct of mountain works.

Keywords: the stress-strain state of the technology, the marginal rock mass, fixing mine workings.

Ниже произведена разработка способов и средств управления геомеханическими процессами при ведении горных работ и определение параметров крепления при проведении выработок в зонах геологических нарушений.

Применение сталеполимерных анкеров обеспечивает устойчивость выработки за счет упрочнения в пределах свода слоистых пород кровли и механической связи контура выработки с частью приконтурного слоя вмещающего массива.

Основными факторами, определяющими выбор конструкции крепи, состоящей из анкеров, опорных элементов и затяжки, являются: их назначение, срок службы выработок, форма и размеры, геомеханические и горно-геологические условия проведения и крепления, величина горного давления, характеристики устойчивости и строения пород кровли и боков выработок.

Практика показывает, что значительное увеличение объема применения анкерной крепи привело к некоторому росту опасных деформаций заанкерованных пород и потере устойчивости выработок. В связи с этим особую важность приобретают вопросы повышения безопасности крепления выработок данной крепью и ее эксплуатации. Первостепенное значение имеют знания и всесторонний учет особенностей строения закрепляемых анкерами пород и деформирования их под воздействием горного давления. Безопасность эксплуатации анкерной крепи в значительной мере зависит от условий ее применения, к которым относятся:

- свойства угленородного массива (глубина залегания слоев, состав пород, толщина отдельных слоев, трещиноватость, нарушенность, обводненность массива и прочность горных пород);

- характеристика выработки (форма, площадь сечения, угол наклона, способ проведения, глубина залегания, срок службы, способ охраны, расположение в области динамического и остаточного опорного давления, а также ориентация относительно главных горизонтальных напряжений);

- характеристика крепи (конструктивное исполнение и податливость, длина и число анкеров в ряду, шаг их установки, способ крепления и схема расположения);

- свойства материалов, из которых изготовлены основные несущие, поддерживающие и ограждающие элементы крепи;

- контроль за устойчивостью выработки и деформацией элементов крепи (визуальные наблюдения, измерения смещений и расслоений горных пород, проверка качества установленной крепи с помощью динамометрического ключа, испытания анкеров на выдергивание при нагрузках, принятых в паспорте крепления, и определение усилий в стержнях тензометрических анкеров).

Можно выделить следующие наиболее характерные случаи работы анкерной крепи в подготовительных выработках: для пород слоистой структуры: слои малоустойчивой породы незначительной мощности подвешиваются анкерами к устойчивой основной кровле; с помощью анкерной крепи отдельные слои пород соединяются в одну плиту, которую уподобляют составной балке; для пород неслоистой структуры; анкеры, раскрепляемые за пределами свода естественного равновесия, воспринимают и погашают растягивающие напряжения в породе, под действием которых в незакрепленной выработке происходит обрушение пород до формирования свода естественного равновесия; около каждого анкера куски трещиноватой или разрушенной породы прижимаются друг к другу, образуя, таким образом, прочный блок из глыб пород. Серия таких блоков (породных клиньев), действуя по периметру свода наподобие отдельных камней в каменном своде, предохраняет выработку от обрушения.

Анкерная крепь отличается от других типов тем, что повышение ее несущей способности достигается за счет увеличения плотности установки анкеров и не вызывает загромождения рабочего пространства выработки. Опоры при достаточной длине штанг неподвижны и могут смещаться в выработку только в рамках упругих деформаций штанги. Породные блоки вокруг штанги сжаты, лишены возможности разупрочнения и разрыхления, а поэтому приобретают по сравнению с незакрепленным массивом более высокую несущую способность.

Для достижения устойчивости выработки необходимы способы крепления, увеличивающие несущую способность пород.

Эффективное и надежное крепление анкерной крепью (в чистом виде) подготовительных выработок в условиях залегания в кровле слабых трещиноватых пород, на больших глубинах и в различных зонах влияния очистных работ может быть обеспечено при применении сталеполлимерных анкеров, закрепляемых по всей длине шпура быстротвердеющими смолами, с несущей способностью 250–300 кН и длиной 2 - 3 м; для использования в сложных горно-геологических условиях предусмотрено их усиление специальными анкерами длиной 6 - 7 м.

В отличие от рамной крепи анкерная крепь может возводиться предварительно напряженной, поэтому сразу после возведения крепи повышается сцепление по плоскостям

напластования пород или их трещинам. Таким образом, применение анкерного крепления позволяет снизить трудозатраты, себестоимость и травматизм.

Если кровля выработок нарушена трещинами или имеет слоистый характер целесообразно использовать анкерную систему крепления горных массивов, зацементированные или заклиненные в шпурах металлические стержни, которые с помощью прижимной пластины и гайки притягивают приконтурные слои пород и более крепким породам основной кровли.

Расположение анкерной крепи относительно напластования слоев горных пород может перпендикулярно кровле выработки (рисунок 1,а), как обычно ставится крепь на практике, и возможно устанавливать перпендикулярно плоскостям напластования горных пород (рисунок 1,б).

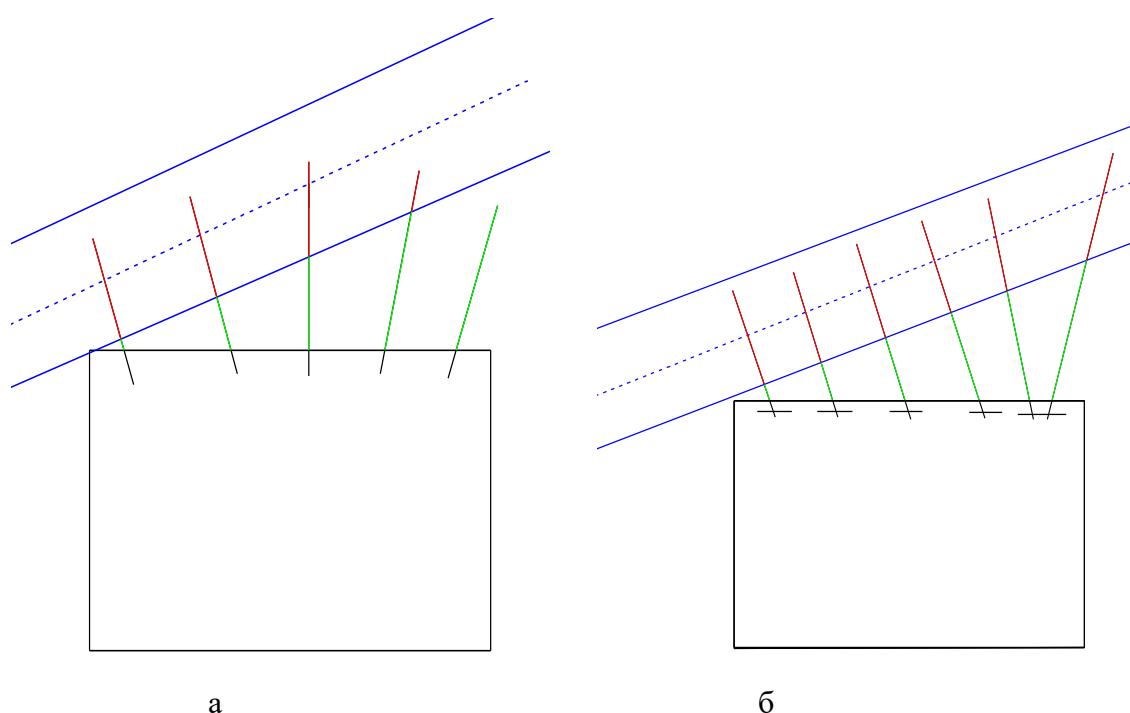
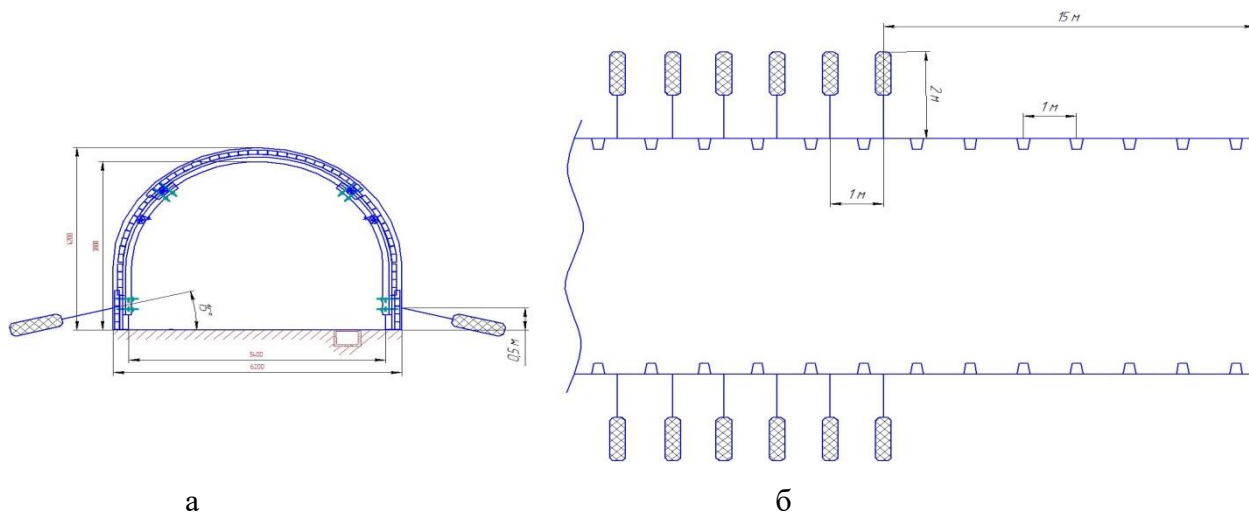


Рисунок 1 – Расположение анкерной крепи относительно напластования слоев горных пород

Анкерная крепь может быть успешно применена для предотвращения пучения пород почвы сравнительно небольшой мощности, не склонных к пластическим и вязкопластическим деформациям, ниже которых залегают прочные и очень прочные породы, в которых возможно надежное закрепление замков анкеров. Целесообразно анкерование почвы пучащих пород мощностью не более 1,4 - 1,6 м. Замки анкеров следует заглублять в породы, залегающие под пучащими породами, на 0,5 - 0,6 м. Важнейшие условия эффективной работы анкеров вместе с породами почвы выработки как единой системы - соединение анкеров в ряду между собой подхватами и сплошная перетяжка почвы. В качестве подхватов рекомендуются швеллеры или балки из спецпрофиля СВП, в

качестве затяжек - металлические решетчатые затяжки из прутковой стали диаметром 6 - 8 мм. Установка анкеров без перетяжки почвы приводит к выдавливанию пород между ними и частичной или полной разгрузке анкеров. Взрывощелевая разгрузка почвы производится на расстоянии 15 м от забоя, так как при способе проведения горных выработок – проходческим комбайном, запрещается вести огневые работы на расстоянии не менее 10 – 15 м от забоя, расстояние между шпурами один метр, длина шпура 2 м, угол наклона шпуров 15° - рисунок 2.



а – сечение выработки; б – продольный разрез

Рисунок 2 – Взрывощелевая разгрузка почвы

Активная разгрузка почвы с последующим её упрочнением.

Бурятся шпуры, в них производится камуфлетное взрывание в области разрыхленных пород. Бурятся короткие шпуры, в которые под давлением нагнетается упрочняющий раствор. Метод уменьшает в 2-3 раза пучение почвы, многооперационный, более дорогой, требует спецоборудования, высокой квалификации рабочих и поэтому применяется в выработках с большим сроком службы – рисунок 3.

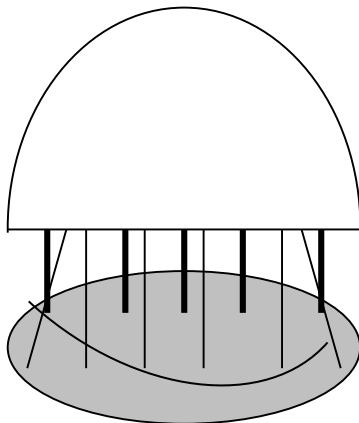


Рисунок 3 – Активная разгрузка почвы с последующим её упрочнением

Исследования параметров пучения почвы выработки на интенсивность и характер развития геомеханических процессов, проведенные Донецким политехническим институтом на шахтах Донбасса, позволили установить степень этого влияния, которая может быть учтена коэффициентом пучения K_n [1 - 5]:

$$K_n = 1 + \frac{U_n - 200}{200 \cdot f}, \quad (1)$$

где U_n - величина пучения пород почвы (фактическая или расчетная), мм; 200 - величина пучения, при котором отрицательное влияние этого фактора на геомеханические процессы не наблюдается, мм;

f - коэффициент крепости пород.

Значение коэффициента пучения в реальных горно - геологических условиях шахт Карагандинского угольного бассейна ($f = 3 - 8$, $U_n = 0,3 - 2,0$ м) изменяется в пределах 1,08 - 1,6, то есть пучение увеличивает смещение пород кровли на 8 - 60 %.

Следствием ухудшения состояния участков подготовительных выработок является снижение концентрации горных работ в пределах этажа или яруса. Отсутствие надежных способов крепления и охраны подэтажных штреков, поддерживаемых за лавой, при столбовых системах разработки делает практически невозможной полную подготовку их к отработке выемочных столбов на момент завершения очистных работ в рядом расположенных лавах. В результате этого концентрация работ в этаже с увеличением глубины разработки уменьшается, что ведет к увеличению числа одновременно отрабатываемых крыльев и пластов на шахте.

Библиографический список:

- 1 «Рациональные конструкции анкеров» [Электронный ресурс] URL: Режим доступа: http://fundament.polystromdom.ru/about_vints_2.html, дата обращения: 20.10.2014;
- 2 «Горная энциклопедия» [Электронный ресурс] URL: Режим доступа: <http://www.mining-enc.ru/>, дата обращения: 19.10.2014;
- 3 «Анкерная полимерная крепь» [Электронный ресурс] URL: Режим доступа: <http://www.siurgtu.ru/actionsferas/science/sbornik/3/9.php>, дата обращения: 20.10.2014;
- 4 «Шахтный анкер» [Электронный ресурс] URL: Режим доступа: http://kuwalda.fixmag.ru/tools/id_999843141.html, дата обращения: 20.10.2014;
- 5 [Электронный ресурс] URL: Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/236/2364724.html>, дата обращения: 20.10.2014.

УДК 622.281 (574.32)

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ КРЕПЛЕНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК ПРИ ВЫЕМКЕ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

ДЕМИН В.Ф.¹, ДЕМИНА Т.В.², КАЮМОВА А.Н.²

¹ Карагандинский государственный технический университет, Казахстан

² Уральский государственный горный университет

Аннотация. Исследован механизм деформирования, сдвижения и обрушения пород в структурно нарушенном неоднородном горном массиве для оценки состояния породного массива вокруг горных выработок.

Разработана технология крепления приконтурных пород с учетом состояния горного массива вокруг выработки и определены параметры эксплуатации анкерной крепи на шахтах для закрепления штанг в выработках в целях обеспечения безопасности ведения горных работ.

Ключевые слова: напряженно-деформированное состояние, технология, приконтурный массив горных пород, крепление горных выработок.

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR SUPPORTING MINE WORKINGS DURING EXTRACTION OF COAL SEAMS

DEMİN V.F.¹, DEMINA T.V.², KAYUMOVA A.N.²

¹ Karaganda state technical university, Kazakhstan

² Ural state mountain university

Annotation. The mechanism of deformation, moving and bringing down of breeds, is investigated in the structurally broken heterogeneous mountain range for the estimation of the state of pedigree array round the mountain making.

Technology of fastening of приконтурных breeds of soil is worked out taking into account the state of mountain range round making and the parameters of exploitation of the roof bolt in g are certain on mines for fixing of barbells in making for providing of safety of conduct of mountain works.

Keywords: the stress-strain state of the technology, the marginal rock mass, fixing mine workings.

Крепление и поддержание горных выработок являются одними из главных составляющих, определяющих эффективность подземной добычи угля. Одним из условий эффективной и безопасной работы при проведении подготовительных выработок на шахтах является обеспечение их контуров устойчивости при минимальном расходе крепящих материалов. Крепи, выполненные из тяжелых профилей специального проката (арочная крепь), в условиях значительного напряженного состояния горного массива не обеспечивают необходимой устойчивости и безремонтного поддержания выработок из-за отсутствия начального взаимодействия с горным массивом окружающих пород. Их возведение является плохо поддающимся механизации трудоемким процессом. Материалоемкость крепей снижает технико - экономические показатели проходки и сдерживает темпы проведения выработок.

Создание прогрессивных технологических схем горных выработок с активным креплением на основе управления геомеханическим состоянием массива вмещающих пород и установлением их оптимальных параметров в зависимости от горнотехнических условий разработки при использовании системы и технологии анкерного крепления выработок позволит применять обоснованные паспорта крепления и снизить затраты на их проведение и последующее поддержание за счет использования техногенного напряженно-деформированного состояния массива для создания схемы взаимодействия с приконтурными породами и способствует повышению качества закрепляемых пород, эффективность и безопасность ведения горных работ [1].

Анализ условий отработки угольных месторождений показывает, что значительную часть эксплуатационных расходов составляют затраты, связанные с обеспечением устойчивости горных выработок. Существенное улучшение состояния выработок может быть обеспечено за счет разработки затратных способов и средств, направленных на повышение устойчивости окружающих пород.

Образование зоны неупругих деформаций происходит с понижением в ней напряжений. Такая зона пониженных напряжений работает как несущая конструкция, участвует вместе с крепью в системе сил, противодействующих распространению неупругих деформаций в массиве. В этом случае крепь как бы является опорой для пород неупругой зоны. Естественно, чем больше реакция крепи (ее грузонесущая способность) и прочность пород, тем будут меньшими размеры зоны неупругих деформаций и величина смещения контура выработки [2–3].

На шахтах Карагандинского угольного бассейна применяют анкера из периодического профиля арматурной стали класса А-3 (марки 35 ГС) с относительным удлинением до 14 % [4].

Рассмотрение механизма взаимодействия анкерной крепи и поддерживаемых пород, раскрываемого теорией совместной работы крепи и породы, показывает, что анкерная крепь, будучи жесткой, может полностью предотвратить процесс неупругого смещения пород кровли ограничить скорость.

В первый момент после установки анкеров их давление на породу через подхваты определяется начальным натяжением. Затем под действием приложенных к подхватам сил горного давления реактивное сопротивление крепи возрастает и анкера в результате упругого растяжения металла и скольжения замка в скважине смещаются в сторону выработки, при этом смещается ее контур. При смещении напряженное состояние пород снижается, а способность анкеров воспринимать нагрузку - увеличивается.

Этот процесс будет развиваться до наступления равновесия в системе крепь - порода, т.е. до тех пор, пока реактивное сопротивление анкеров не окажется равным действующим на них силам горного давления. Если анкерную крепь установить вслед за обнажением пород кровли и создать в ней необходимое напряжение, то слои пород будут удерживаться в естественной связи и предотвратит их расслоение.

Это также повышает несущую способность пород. Благодаря действию анкерной крепи снижается скольжение слоев пород.

С помощью анкерной крепи обеспечивается взаимодействие отдельных слоев пород в кровле выработки. Это означает, что отдельные слои пород в зоне понижения напряжений стягиваются анкерами, тем самым исключают в этих слоях действие вертикальных растяжений и сжатия и обеспечивают несущую способность кровли.

Поэтому в тонкослоистых породах можно с помощью анкеров закрепить слои пород в кровле и тем самым предотвратить их отделение от массива, взаимное сдвигание и прогибание в горную выработку. Устойчивость кровли при это будет зависеть от предела прочности пород на изгиб и числа соединенных слоев.

Для противодействия растягивающим напряжениям анкера должны устанавливаться к плоскостям зарождающихся трещин, т.е. в кровле - к плоскостям напластования, а в стенках - к плоскостям продольных трещин разрыва.

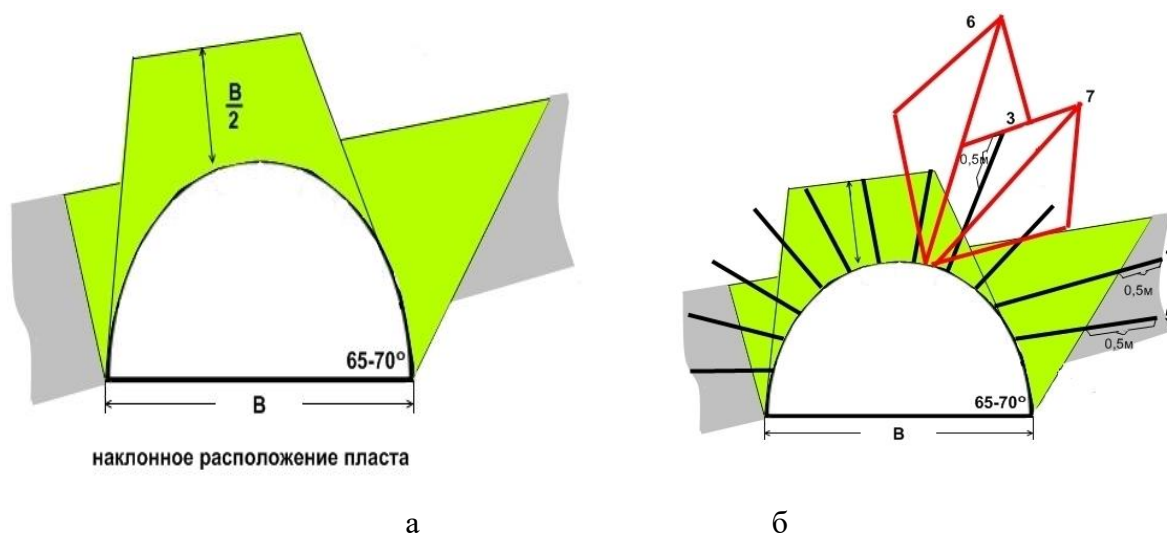
При выборе конструкций анкерной крепи, необходимо рассматривать какой деформации она будет подвергаться. Ни один вид крепи не является подходящим для всех условий. Наилучший вариант крепления будет подобран тогда, когда оно будет соответствовать характеристике информации кривой реакции нагрузки или измеренному напряжению внутри массива.

Анкерная крепь, установленная с предварительным натяжением, повышают сопротивление сдвигу слоев пород относительно друг-друга и создает грузонесущую

конструкцию в виде породной армированной балкой или арки, заземленной между двумя опорами. Несмотря на очевидные преимущества скрепленной балки по сравнению с неукрепленной, еще не удалось выявить количественное влияние эффекта с вышки отдельных слоев на устойчивость закрепленных пород.

На рисунке 1 приведена принципиальная схема формирования свода нарушенных пород в кровле и боках выработки с комбинированным креплением на наклонных пластах.

В практике проведения горных выработок в Карагандинском угольном бассейне в зависимости от схем развития и эксплуатационного назначения выработок применяются различные технологические схемы крепления приконтурных пород по контурам выработок.



а - свод; б - схема контурного и законтурного крепления

Рисунок 1 – Формирования свода нарушенных пород в кровле и боках выработки с комбинированным креплением на наклонных пластах

Для реализации вышеуказанных механизмов взаимодействия крепи и массива пород вокруг выработки разработан способ крепления приконтурных пород [5].

Способ двухуровневого крепления пород кровли горной выработки

Техническое решение относится к способам крепления горных выработок их поддержания в зоне влияния очистных работ.

Способ двухуровневого крепления кровли выработки, включающий установку в шпуров стальных анкеров на закрепляющих составах в зону трещинообразования и канатных анкеров на закрепляющих составах в плотные породы кровли при этом закрепляющие составы в шпурах с канатными анкерами распределяют по их длине с условием перекрытия зон закрепляющих кровли стальными и канатными анкерами.

Способ поясняется чертежом – рисунок 2, представлена схема двухуровневое крепление кровли выработки, где указаны: зона 1 (зона упрочнение кровли сталиполимерными анкерами); зона 2 (зона упрочнение кровли канатными анкерами); зона упрочнения соединения зоны 1 (зоны упрочнение кровли сталиполимерными анкерами) и зоны 2 (зоны упрочнение кровли канатными анкерами); канатные анкера; сталиполимерные анкера; зона максимального упрочнения соединения зоны 1 и зоны 2.

Поддержание кровли на все время эксплуатации горной выработки, достигается тем, что пробуриваются и устанавливаются два уровня анкеров. Анкера первого уровня это сталеполлимерные анкера 5 (например, 2-3 м). Анкера второго уровня канатные анкера 4 (например, 5 - 7 м). В области непосредственной кровли горной выработки, в каждой области анкерного крепление (точнее сталеполлимерных и канатных), создается зоны упрочнения кровли. Анкера двух уровней устанавливаются на таком расстоянии друг от друга, чтобы зона упрочнения первого уровня 1 закрепилось с зоной упрочнения второго уровня 2 в зоне соединения упрочнении 1 и 2 зон 3. Тем самым создавая большую зону непосредственной кровли связанную между собой менее и более крепких пород, и достигаем большой несущей способности кровли во времени.

В процессе проведения горной выработки по мере подвигания проходческого забоя, на требуемую паспортном крепления величину, проходческий цикл бурят рядами шпур в кровлю, необходимой длины и диаметром под углами установленными паспортном крепления выработки. Крепление начинают с установки кровельных сталеполлимерных анкеров первой зоны 5 (например, длиной 2,4 м), затем устанавливают кровельных канатных анкеров второй зоны 4 (например, длиной 5 - 7 м). Для закрепления анкеров в пробуренный шпур досылают необходимое количество ампул. При вращении подачи анкерный стержень разрывает оболочку ампул и перемешивает компоненты скрепляющего раствора. Перемещение анкера производят до упора в дно шпура. Анкера в этой позиции удерживают до полного отверждения состава ампул.

Применение данного способа крепления выработки в зоне повышенного горного давления обеспечивает: препятствие смещению и расслоению пород кровли, образованию куполов и вывалов породы; препятствие проявлению косо направленной нагрузки, возникающей при осадке непосредственной и основной кровли; снижение трудоемкости работ; создание комфортных и безопасных условий труда горнорабочих, связанных с работами на сопряжении очистного забоя; отказ от применения громоздких и тяжелых по конструкции механизированных крепей сопряжения, плохо управляемых при их эксплуатации; повышение долговечности и увеличение межремонтного ресурса; экономический эффект, за счет снижения затрат на поддержание выработки.

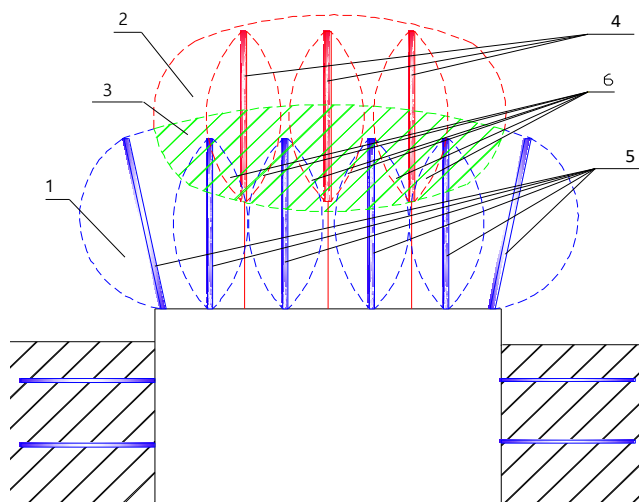


Рисунок 2 – Способ двухуровневого крепления пород кровли горной выработки

До начала отработки столба производится первичное укрепление выработки, включающее установку сталеполимерных и канатных анкеров под углом $75-80^\circ$. Анкера образуют упруго-несущую конструкцию по всей длине выработки, препятствуя проявлению горного давления, возникающего по мере подвигания очистного забоя. Вслед за подвиганием лавы производится повторное анкерование, задача которого сохранение контура выработки от разрушения и препятствие проявлению косонаправленной нагрузки, возникающей при осадке непосредственной и основной кровли.

Предлагаемый способ позволит снизить затраты на поддержание выработок и повысить безопасность работ по возведению. Применение данного способа создает препятствие большому расслоению пород, что значительно уменьшает нагрузку на крепь и на охранное сооружение.

Представленные технологические разработки с использованием техногенного напряженно-деформированного состояния массива для создания схемы взаимодействия с приконтурными породами и способствуют повышению качества закрепляемых пород, эффективности и безопасности ведения горных работ в угольных шахтах.

Библиографический список:

1. Зубов В.П. Повышение эффективности разработки свит сближенных пластов на перспективных шахтах Кузбасса/ Зубов В.П., Фёдоров А.С., Бостанджиев Д.С. // Промышленная безопасность предприятий минерально-сырьевого комплекса в 21 веке. Том 2. Горный информационный бюллетень. М.: Издательство «Горная книга», 2017.-с. 42-49.

2. Zubov V.P., Nikiforov A.V. Features of Development of Superimposed Coal Seams in Zones of Disjunctive Geological Disturbances. International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 Volume 12, Number 5 (2017) pp. 765- © Research India Publications. <http://www.ripublication.com> 765.

3. Zubov V.P., Nikiforov A.V. and Kovalsky E.R. Influence of geological faults on planning mining operations in contiguous seams (Received 22 January, 2017; accepted 15 March, 2017). Eco. Env. & Cons. 23 (2): 2017; pp. (1176-1180) Copyright@ EM International ISSN 0971-765X*.

4. Розенбаум М. А. Определение деформационных критериев устойчивости пород кровли и анкерной крепи/ Розенбаум М. А., Демехин Д. Н.// Журнал: «Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых», №2, 2014 – С. 82-87.

5. Управление геомеханическими процессами при ведении подземных горных работ. В.Ф. Демин, С.Б. Алиев, Т.К. Исабек, В.В. Мельник, В.Н. Долгоносков, К.К. Кушеков. Караганда, 2012. -278с.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ШЛАКОВОГО ОТВАЛА НА РАСТИТЕЛЬНЫЙ ПОКРОВ

ЕЛОХИН В. А.

ФГБУ ВО «Уральский государственный горный университет»

Аннотация. Воздействие отходов, размещаемых в отвале, на различные компоненты окружающей среды может происходить в основном посредством атмосферного (пыление под действием ветра) и гидрогенного (выщелачивание и переотложение под действием атмосферных осадков) переноса вредных веществ. Атмосферным факторам наиболее подвержены атмосфера, почвы и растительность, гидрогенным – поверхностные и подземные воды.

Геоботаническое описание растительности в поле проводилось на пробных площадях, заложенных в 2005 г. Отбор пробы растений производился с площадки ППП4. В растительных тканях на протяжении 2007-2021 гг. концентрации металлов (меди, никеля, свинца, кадмия, цинка, мышьяка) изменялись в широких пределах, что объясняется различной способностью накапливать металлы разными видами сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: загрязнение, мониторинг, растительный покров, древесный ярус, сельскохозяйственные культуры.

EVALUATION OF THE INFLUENCE OF THE SLAG DEPOSIT ON THE VEGETATION COVER

ELOKHIN V. A.

Ural state mountain university

Abstract. The impact of waste placed in the dump on various components of the environment can occur mainly through atmospheric (dusting under the action of wind) and hydrogenous (leaching and redeposition under the action of atmospheric precipitation) transfer of harmful substances. Atmospheric factors are most susceptible to the atmosphere, soils and vegetation, hydrogenous - surface and groundwater.

The geobotanical description of vegetation in the field was carried out on sample plots established in 2005. Plant sampling was carried out from the PPP4 site. In plant tissues during 2007-2021. the concentrations of metals (copper, nickel, lead, cadmium, zinc, arsenic) varied widely, which is explained by the different ability to accumulate metals by different types of agricultural crops.

Keywords: pollution, monitoring, land cover, tree layer, agricultural crops.

Полигон складирования шлаков организован в отработанной карьерной выемке по добыче известняков глубиной до 20 м. Специальных мероприятий по подготовке карьера под полигон не проводилось.

Воздействие отходов, размещаемых в отвале, на различные компоненты окружающей среды может происходить в основном посредством атмосферного (пыление под действием ветра) и гидрогенного (выщелачивание и переотложение под действием атмосферных осадков) переноса вредных веществ. Атмосферным факторам наиболее подвержены атмосфера, почвы и растительность (рис. 1), гидрогенным – поверхностные и подземные воды.



Рисунок 1 - Пыление при работе экскаватора

Геоботаническое описание растительности в поле проводилось по общепринятым методикам на пробных площадях ППП-1, ППП-2, ППП-3, ППП-4, ППП-5 (рис.2). На пробных площадях фиксировались все виды цветковых растений, производилась оценка их обилия, жизнестойкости деревьев и фитопатологические наблюдения. Объекты наблюдения – отдельные виды растений и растительные сообщества в целом.



Рисунок 2 - Точки мониторинга почв и растительности

Отбор пробы растений для анализа производился с четвертой площадки.

В июле 2021 г. было выполнено описание растительных сообществ на постоянных пробных площадях, заложенных в 2005 г. Целью исследований являлось изучение основных признаков состава и структуры растительных сообществ и выявление динамики растительности в условиях загрязнения в период 2010-2011-2014-2017-2021 гг. (табл. 1).

Таблица 1 - Состав растительных сообществ в 2021 году

№ пробной площадк и	Тип растительного сообщества					
	2011 г	2016 г	2017 г	2019 г	2020 г	2021 г
ППП-1	Сосняк малиново-крупнотравный	Сосняк малиновый	Сосняк малиновый	Сосняк малиновый	Сосняк малиновый	Сосняк малиновый
ППП-2	Сосняк разнотравный	Сосняк снытиевый	Сосняк снытиевый	Сосняк снытиевый	Сосняк снытиевый	Сосняк разнотравный
ППП-3	Сосняк ягодниково-разнотравный	Сосняк ягодниково-разнотравный	Сосняк ягодниково-разнотравный	Сосняк ягодниково-разнотравный	Сосняк ягодниково-разнотравный	Сосняк ягодниково-разнотравный
ППП-4	Посевы овса	Посевы ячменя	Посевы кукурузы	Посевы ячменя	Посевы гороха	Посевы ячменя
ППП-5	Сосняк ягодниково-разнотравный	Сосняк ягодниково-разнотравный	Сосняк ягодниково-разнотравный	Сосняк ягодниково-разнотравный	Сосняк ягодниково-разнотравный	Сосняк ягодниково-разнотравный

Состав древесного яруса на всех площадях не изменился в сравнении с 2017 г. На ближайшей к отвалу ППП-1 увеличилось количество сухостойных сосен: на пробной площади ППП-1 – три сухостойных дерева, соответственно сомкнутость крон на ППП-1 уменьшилась на 20 % по сравнению с 2011 г (рис. 3). На остальных пробных площадях также произошло некоторое снижение сомкнутости крон, вероятно связанное с взрослением и ростом сосен. Но при этом по-прежнему прослеживается прямая зависимость состояния крон по сомкнутости и степени поражения от близости к шлаковому отвалу. Плодоношение сосны не выявлено на всех площадях (табл. 2), что может быть связано как с реакцией на загрязнение, так и с реакцией на климатические факторы и динамикой плодоношения сосны в данном районе.

Таблица 2 - Состав древесного яруса в 2021 г.

Показатель	Номер пробной площадки			
	ППП 1	ППП 2	ППП 3	ППП 5
Состав	10Сед.Б	9СБ	9СБ	9СБ
Сомкнутость	0,4	0,6	0,7	0,7
Бонитет	II	II	I	I
Плодоношение сосны	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует
Степень поражения кроны, %	50	30	5	1-5



Рисунок 3 - Сухостой сосны по окраинам карьера-отвала

Оценка состояния древесного яруса в динамике показывает, что продолжается деградация древесного яруса на ППП-1, ППП-2, ППП-3, сопровождающаяся усыханием

деревьев сосны, распадом древесного яруса, осветлением данных участков, дефолиацией крон (табл. 4).

Таблица 4 - Состояние древесного яруса в период 2011-2021гг.

Показатель	Номер пробной площадки							
	ППП1		ППП2		ППП3		ППП5	
Год	2011г.	2021г.	2011г.	2021г.	2011г.	2021г.	2011г.	2021г.
Сомкнутость	0,6	0,4	0,7-0,8	0,6	0,8	0,7	0,7-0,8	0,7
Плодоношение сосны	Слабое	Отсутс.	Слабое	Отсутс.	Слабое	Отсутс.	Слабое	Отсутс.
Степень поражения кроны, %	40	50	20	30	5	До 10	1-5	1-5

Древесно-кустарниковая флора в 2021г. представлена 18 видами, в составе подлеска выявлено 15 видов на всех пробных площадях (табл. 5), что полностью соответствует количеству выявленных видов в 2011-2020 гг.

Таблица 5 - Состав и обилие древесно-кустарниковых пород

Название древесно-кустарниковых пород	ППП 1	ППП 2	ППП 3	ППП 4	ППП 5
Сосна обыкновенная	+	+	+		+
Осина	+				
Береза повислая	+	+	+		+
Ива козья	sol	sol	sol		sol
Рябина обыкновенная	sp	sol	sp		sol
Калина обыкновенная	sol				sol
Боярышник кроваво-красный	sol	sol	sol		sol
Жимолость голубая					sol
Бузина красная	sol				sol
Кизильник черноплодный	sol	sol			
Клен ясенелистный	sp		sol		
Роза иглистая	cop 1	sol	sol		sol
Роза коричная	sp	sol			sol
Ракитник русский	sol				sol
Яблоня	sol				sol
Смородина	+				
Черемуха обыкновенная	cop 1	sp			sol
Малина обыкновенная	cop 3	sp	cop1		sol

Состав подлеска, его высота, наличие эпифитных лишайников практически не изменились в 2021г по сравнению с 2011-2014-2017гг. Увеличилось обилие, проективное покрытие, высота кустарникового яруса на ППП-1 за счет разрастания малины. Проективное покрытие мхов в 2021г. снизилось по сравнению с предыдущими годами (мхи не обнаружены) на всех пробных площадях, что, связано как с климатическими факторами, так и с подщелачиванием среды (табл. 6).

Таблица 6 - Общая характеристика растительного покрова стационарных пробных площадей

Показатель	ППП-1	ППП-2	ППП-3	ППП-4	ППП-5
Состав подлеска	8Ряб Чер, клен	5Б5Ряб Ос, Чер	3Б3РябЧер Ос, клен	-	6Чер, 3Ос, Клен
Высота подлеска, м	6	3-6	5-6	-	2-7
Кустарниковый ярус, обилие	cop 3	sp	cop1		sol
Кустарниковый ярус, площадь проективного покрытия, %	90	3	10		5-10
Высота кустарникового яруса, м	1,7	0,6	0,7		0,6
Травяно-кустарничковый ярус. Высота, м	0,40	0,40	0,60	100	0,50
Травяно-кустарничковый ярус. Площадь проективного покрытия, %	5	25	45	70-90	60
Наличие эпифитных лишайников	Отсутствуют	Отсутствуют	на сосне, изредка	-	на сосне, редко
Проективное покрытие мхов (%)	0	0	0	0	0

В состоянии травяно-кустарничкового яруса наметилась тенденция снижения площади проективного покрытия на ППП-1 (рис.4) и ППП-2, вплоть до формирования мертвопокровных участков с площадью проективного покрытия 0 % на ППП-2.



Рисунок 4 - Сосняк разнотравный в комплексе с мертвопокровным на ППП-1

На площади ППП-1 степень запыления растений самая высокая, но цветение и плодоношение зафиксировано у большинства видов подлеска (черемуха) и кустарников (малина, жимолость), причем более обильное, чем на других пробных площадях. На

остальных площадках плодоношение отсутствует, кустарники цветут. Это, вероятно, связано с несовпадением фенофаз и обогревающим действием отвала. Кроме того, такие компоненты пыли отвала как калий могут стимулировать цветение и плодоношение цветковых растений.

На ППП-2 отмечено усыхание древостоя лиственных пород подлеска (черемухи, рябины, клена) и кустарников (жимолости), много сухостоя и ветролома (уже упавших деревьев и кустов) (рис. 5)



Рисунок 5 - ППП-2: обилие ветролома и сухостоя в подлеске

Возобновление сосны обнаружено только на ППП-5 в виде 2-3-летних сеянцев. На всех площадках активно возобновляются преимущественно только лиственные породы подлеска – береза, черемуха, рябина, осина, клен. Причем молодого возобновления (1-2 года) сеянцев подлеска на ППП-1 и ППП-2 нет. Но следует отметить наличие возобновления клена (однолетних сеянцев) по краям карьера и на старых участках отвала.

Анализ состава флоры травяного и травяно-кустарничкового яруса лесных сообществ показал, что количество видов в 2021 г. варьирует от 6 до 42 на сообщество и включает 75 видов растений. В пределах ППП-1 еще более обильно по сравнению с 2011 г разрослась малина (сор3), а травянистый и моховой покровы практически исчезли, их проективное покрытие около 5%, в основном за счет Крапивы двудомной. Это связано с осветлением данного участка из-за усыхания сосен. Подщелачивание среды, увеличение калия, натрия,

аммония, кальция в биогеохимических циклах привело к вытеснению всех ацидофильных лесных видов из травяно-кустарничкового и мохового ярусов.

Бедной по флористическому составу и слабо покрытой травянистой растительностью (площадь проективного покрытия варьирует от 0,0 до 25,0 %) является ППП-2. Травянистый ярус представлен только снытью обыкновенной, которая растет небольшими куртинами, остальное пространство представлено мертвопокровными участками, не зарастающими травянистыми растениями и с очень мощной подстилкой. Площадь мертвопокровных участков на ППП-2 увеличилась, а снытьевых – сократилась по сравнению с 2011 г, разнотравье исчезло. Это объясняется реакцией растительности на загрязнение почв и осветление участков.

На ППП-3 как и в 2017 году встречено два вида травянистых растений, занесенных в Красную книгу Свердловской области – Лилия кудреватая, ландыш майский.

ППП-4 заложена на пашне в агроценозе, который засевают в соответствии с севооборотом, поэтому состав растительного сообщества меняется. В 2021 г поле засеяно ячменем; в составе сорных растений – 18 видов.

Состояние травянистой растительности на ППП-5 не изменилось, некоторое изменение обилия видов связано с его естественной динамикой и пространственной неоднородностью. Встречен один вид травянистых растений, занесенный в Красную книгу Свердловской области – Лилия кудреватая.

Таблица 7 - Результаты анализа растительных тканей, отобранных с ППП4 (мг/кг)

Вид и годы отбора	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Pb
Ячмень -2021	4,6	10	27	0,51	0,23	0,64
Горох-2020	3,74	14,9	30,1	0,36	0,96	0,42
Кукуруза-2019	2,51	31,5	35	0,5	0,5	1,65
Ячмень-2018	2,9	12,2	34,8	38,2	<0,05	0,20
Кукуруза- 2017	6,60	13,0	52,8	0,12	1,66	1,21
Ячмень - 2016	1,03	12,2	27,0	<0,10	1,28	0,14
Кукуруза – 2015 г	0,23	0,75	<5,0	<0,10	<0,05	<0,10
Пшеница -2014 г.	2,51	16,55	15,63	0,20	0,15	0,19
Разнотравье-2013 г.	2,85	12,6	29,5	0,21	0,30	9,5
Овес- 2012 г.	9,27	49,42	17,71	0,28	0,24	0,65
Овес – 2011 г.	3,00	4,61	14,13	0,025	0,435	0,18
Ячмень – 2010 г.	6,15	42,6	41,1	0,35	Не опр.	1,05
Ячмень - 2009 г.	2,05	2,46	17,75	<0,1	Не опр.	0,56
Ячмень - 2008 г.	4,36	7,55	28,38	0,60	0,14	3,61
Ячмень – 2007 г.	1,35	4,62	176,08	0,74	0,07	1,08

С целью исследования геохимического состава растительных тканей в 2021 году взята проба гороха с площадки ППП-4. Результаты анализов приведены в таблице 7 и на рисунках 6-11.

Из приведенных таблицы и рисунков следует, что в растительных тканях на протяжении 2007-2021 гг. концентрации меди, никеля, свинца, кадмия, цинка и мышьяка варьировали в широких пределах, что вероятно объясняется различной способностью накапливать металлы разными видами сельскохозяйственных культур. Так максимальные концентрации никеля и меди были зафиксированы в овсе в 2012 году. Самые высокие содержания цинка отмечались в 2007-2008 гг. в ячмене. В растительных тканях кукурузы, отобранной в 2015 году, содержания всех проанализированных металлов на порядок ниже по сравнению с предыдущими годами. Содержания никеля, меди, свинца, цинка, кадмия в 2020 году значительно превышали содержания в 2015 г. Следует отметить, что содержание мышьяка в 2018 году в разы превышает все предыдущие и последующие годы наблюдений.

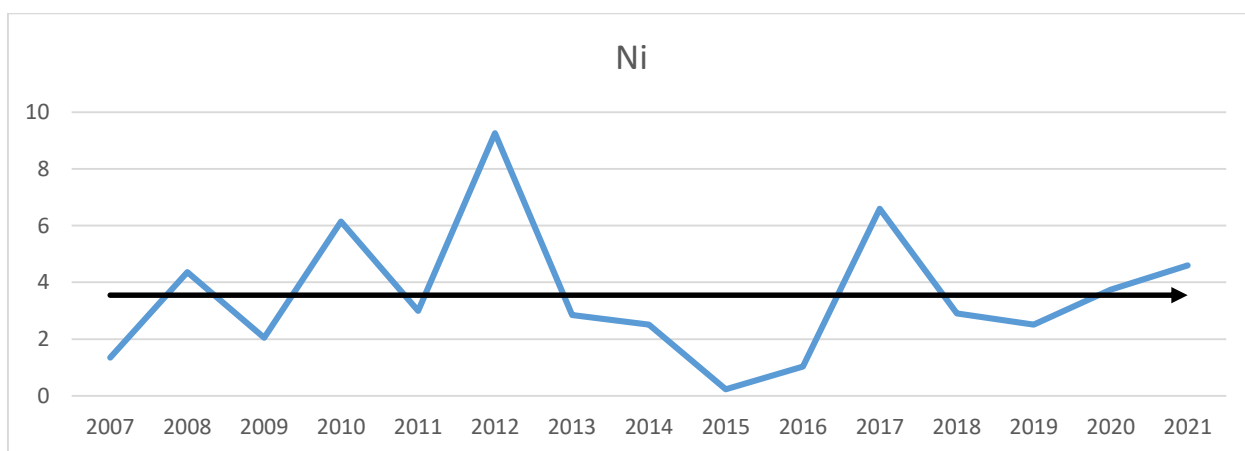


Рисунок 6 - График содержания никеля в растениях площадки ППП4 за период 2007-2021 гг.

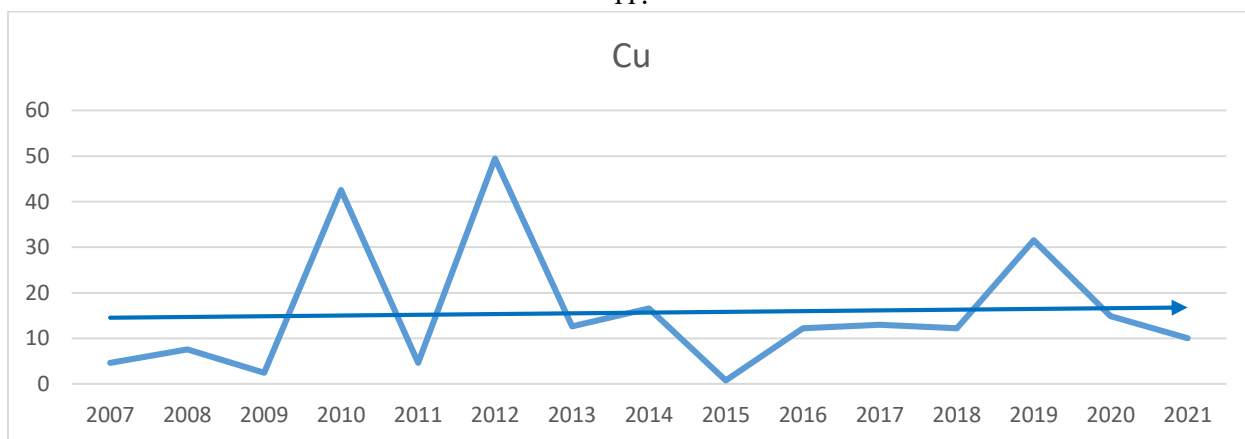


Рисунок 7 - График содержания меди в растениях площадки ППП4 за период 2007-2021 гг.

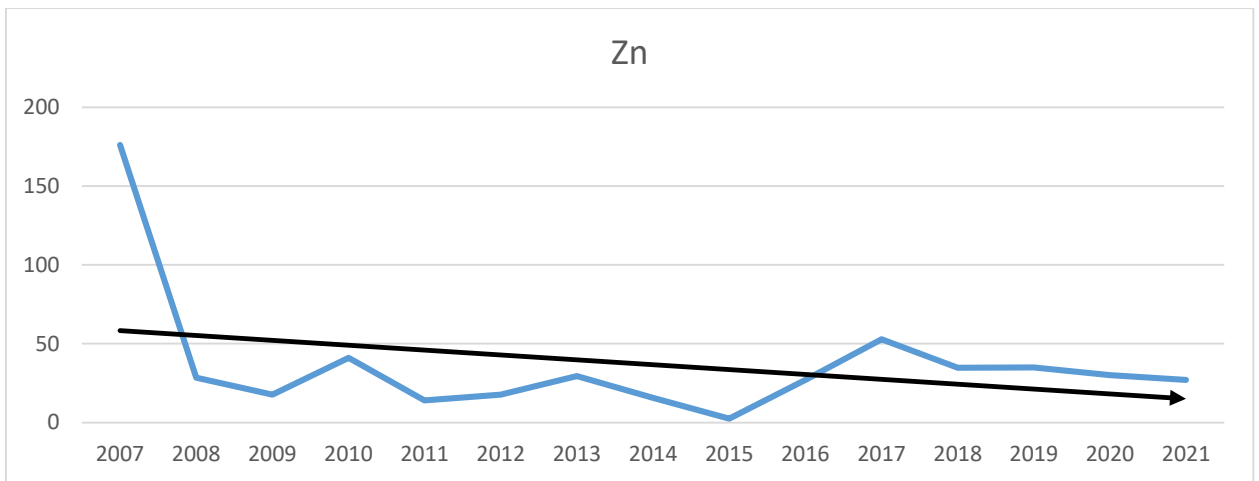


Рисунок 8 – График содержания цинка в растениях площадки ППП4 за период 2007-2021 гг.

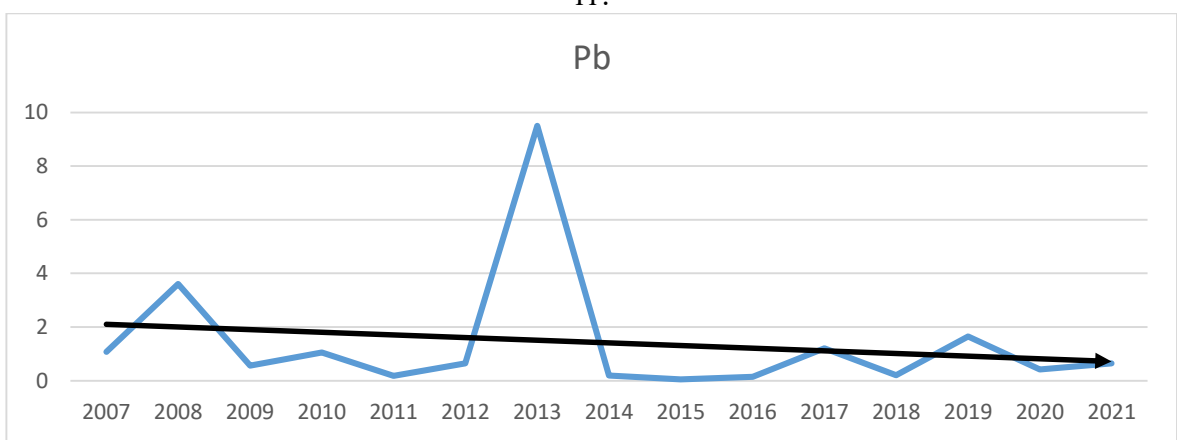


Рисунок 9 - График содержания свинца в растениях площадки ППП4 за период 2007-2021 гг.

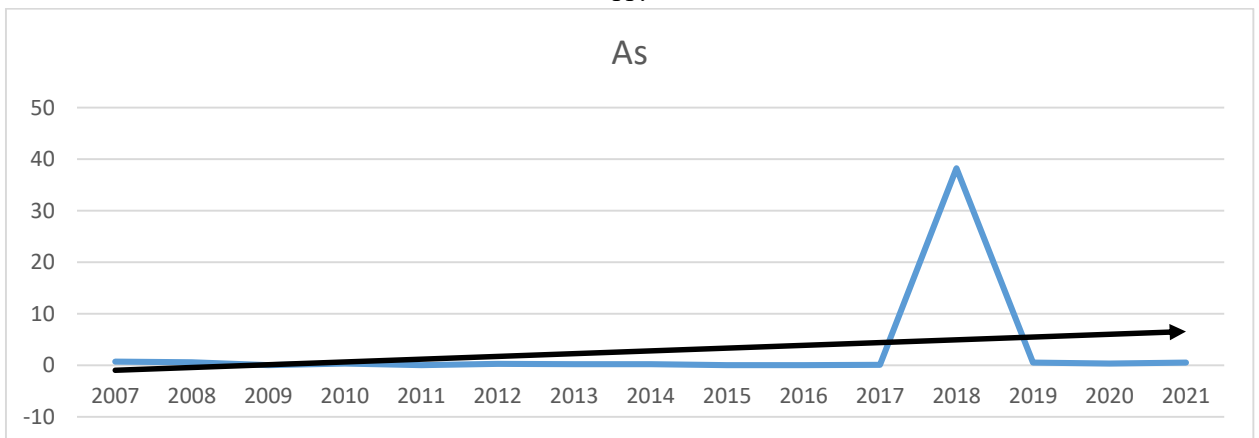


Рисунок 10 - График содержания мышьяка в растениях площадки ППП4 за период 2007-2021 гг.

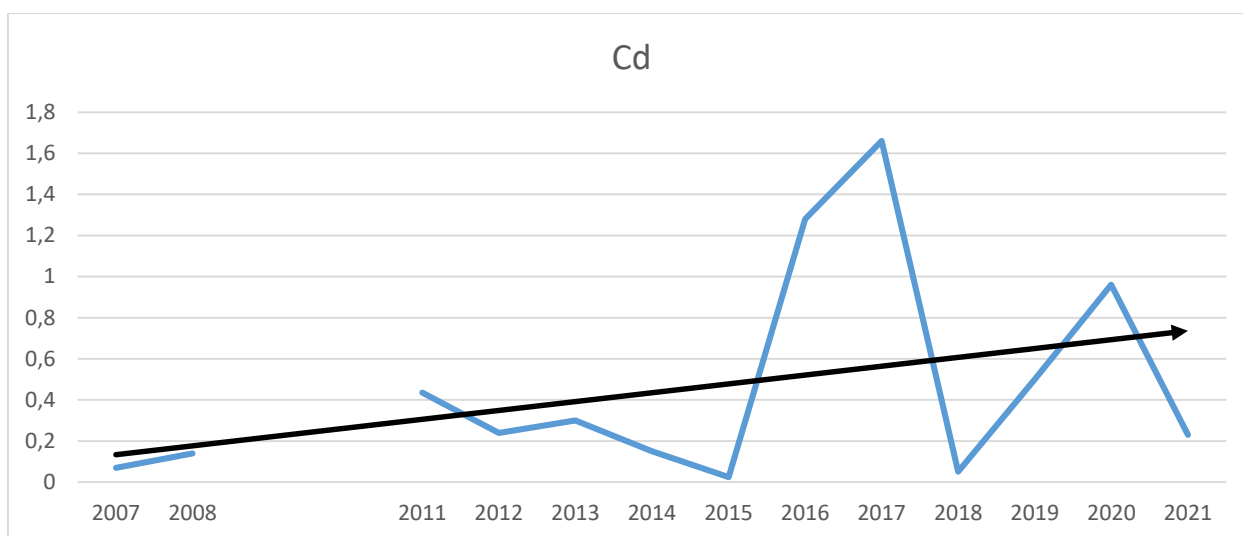


Рисунок 11 - График содержания кадмия в растениях площадки ППП4 за период 2007-2021 гг.

Таким образом, исследование состояния растительности в 2021 г. показало сходство геоботанических описаний с описаниями предыдущих лет мониторинга только на площадях ППП-4 и ППП-5, выступающих в качестве условно-фоновых. Значимые изменения в структуре и составе сообществ на ППП-1, ППП-2, ППП-3, являющихся загрязненными. Изменения количества видов на пробных площадях значимы и свидетельствуют о формировании монодоминантных сообществ в комплексе с мертвопокровными участками на загрязненных территориях.

На площадках ППП-4 и ППП-5 состояние растительности хорошее, количество видов травянистой растительности не изменилось или несколько увеличилось по сравнению с 2010-2017 гг. Некоторые нарушения состояния растительности (слабое запыление и изменение флористического состава по сравнению с регионально-фоновым) связаны с различными видами антропогенной и техногенной деятельности: сельскохозяйственное использование, рекреация, локальные свалки мусора, аэрогенные выбросы предприятий и т.п.

ППП-3 занимает промежуточное положение между загрязненными и незагрязненными участками по состоянию растительности. Количество видов травянистой растительности снизилось в 2 раза в 2017 г по сравнению с 2010-2011 гг.

Наиболее сильно нарушена растительность ближайших к отвалу участков ППП-1 и ППП-2, что проявилось в увеличении доли усыхающих и сухостойных деревьев сосны, изменении типов растительных группировок в связи с осветлением соснового леса данных участков. Кроме того, на этих площадках выявлено запыление листовых пластинок растений, наличие рудеральных кустарников и травянистой растительности, увеличение площади мертвопокровных участков леса с увеличенной мощностью запыленной

подстилки. Количество видов травянистой растительности снизилось на ППП-1 и на ППП-2 по сравнению с 2010-2017 гг. Тем не менее, кустарники и деревья подлеска на ППП-1 цветут и плодоносят, травянистые виды цветут. Состояние доминирующих видов кустарников (малина, шиповник, жимолость) – хорошее.

Библиографический список

1. Елохин В. А. Результаты мониторинга растительности за период 2007-2019 гг в зоне влияния шлакового отвала / Безопасность технологических процессов и производств: Труды III Международной научно-практической конференции. 26 мая 2021 г., г. Екатеринбург / отв. редактор В. А. Елохин; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2021. – 101 с.

2. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнений окружающей среды металлами. - М.: Гидрометеиздат, 1981.

3. Определитель сосудистых растений Среднего Урала. М.: Наука, 1994.

4. Полевая геоботаника (в четырех томах). Л., 1972.

УДК: 551.3

ОСНОВНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ 2021 ГОДА И АКТИВНОСТЬ ОПАСНЫХ ЭКЗОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ УРАЛЬСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

ЕЛОХИНА С.Н.¹, ЕЛОХИН В.А.¹, МЫЗНИКОВА Т.С.², ЦВЕТОВ Н.В.²

¹ФГБОУ ВО «Уральский Государственный Горный Университет»,

²ФГБУ «Гидроспецгеология», филиал «Уральский региональный центр ГМСН»,

Аннотация: Оценка современного состояния опасных экзогенных геологических процессов и прогноз его изменения на основе ведения государственного мониторинга состояния недр по территории Уральского федерального округа, выполняется по результатам обследования пунктов государственной опорной наблюдательной сети и плановых обследований. Развитие и активность опасных ЭГП происходило в соответствии с климатическими характеристиками 2021 года, которые отличались по температурному режиму превышением нормы на всей территории округа. Количество атмосферных осадков на рассматриваемой территории, кроме северной части, наоборот составило меньше нормы.

Ключевые слова: активность опасных экзогенных геологических процессов, климатические условия, Уральский федеральный округ

THE MAIN CLIMATIC CHARACTERISTICS OF 2021 AND THE ACTIVITY OF DANGEROUS EXOGENOUS GEOLOGICAL PROCESSES ON THE TERRITORY OF THE URAL FEDERAL DISTRICT

Abstract: The assessment of the current state of dangerous exogenous geological processes and the forecast of its changes based on the state monitoring of the state of the subsoil on the territory of the Ural Federal District is carried out based on the results of the survey of the points of the state reference observation network and scheduled surveys. The development and activity of dangerous EGPs occurred in accordance with the climatic characteristics of 2021, which differed in temperature regime by exceeding the norm throughout the district. The amount of precipitation in the territory under consideration, except for the northern part, on the contrary, was less than normal.

Key words: activity of dangerous exogenous geological processes, climatic conditions, Ural Federal District

Территория Уральского федерального округа (УФО) расположена в пределах 4 инженерно-геологических регионов: Предуральского, Пайхой-Новоземельского, Уральского и Западно-Сибирского, в каждом из которых развиваются характерные комплексы экзогенных геологических процессов (ЭГП) (рис. 1).

Для оценки современного состояния и прогноза активности ЭГП на территории УрФО в 2021 г., в рамках выполнения государственного мониторинга состояния недр (ГМСН), наблюдения за экзогенными геологическими процессами проведены на 33 пунктах государственной опорной наблюдательной сети (ГОНС) ЭГП и на 15 участках плановых инженерно-геологических обследований. При выполнении инженерно-геологических обследований активно используются беспилотные воздушные средства (БВС): Phantom 4 Pro и Mavic Mini, для фотодокументации и создания цифровых моделей рельефа. Применение БВС позволяет провести детальную оценку масштаба проявления процесса, а сопоставление снимков разных лет - оценить скорость его развития.

По типам наблюдаемых ЭГП участки распределились следующим образом: овражная эрозия – 21 участок, оползневой процесс – 12, гравитационный комплекс процессов – 9, суффозионный – 8, карстово-суффозионный – 7, подтопление – 3, оседание поверхности над старыми горными выработками – 2, криогенный комплекс процессов – 1 участок.

Активность того или иного процесса по участкам оценивалась в процентном отношении: частотным, линейным и площадным способами. На территории УрФО активность большинства экзогенных геологических процессов – карстово-суффозионного, гравитационного комплекса (оползни, обвалы, осыпи), овражной эрозии, суффозии, подтопления, находится в зависимости от метеорологических факторов – температуры и количества выпавших атмосферных осадков. Исключение составляет активизация опасных ЭГП в результате хозяйственной деятельности человека.

Характерной особенностью 2021 года является недостаток выпавших осадков на территории Свердловской, Челябинской, Курганской, Тюменской областей и их количество выше нормы на территории ХМАО-Югры и ЯНАО. По данным метеостанции Челябинск осадков выпало 61 % от нормы, в Кургане 73 %, в Екатеринбурге 79 %, в Тюмени 60 %. На территории Ханты-Мансийска и Салехарда осадков выпало выше нормы – соответственно 122% и 111%. Температурный фон на всей территории Уральского федерального округа был выше нормы (рис. 2).

В результате активность большинства ЭГП в 2021 году оказалась низкой.

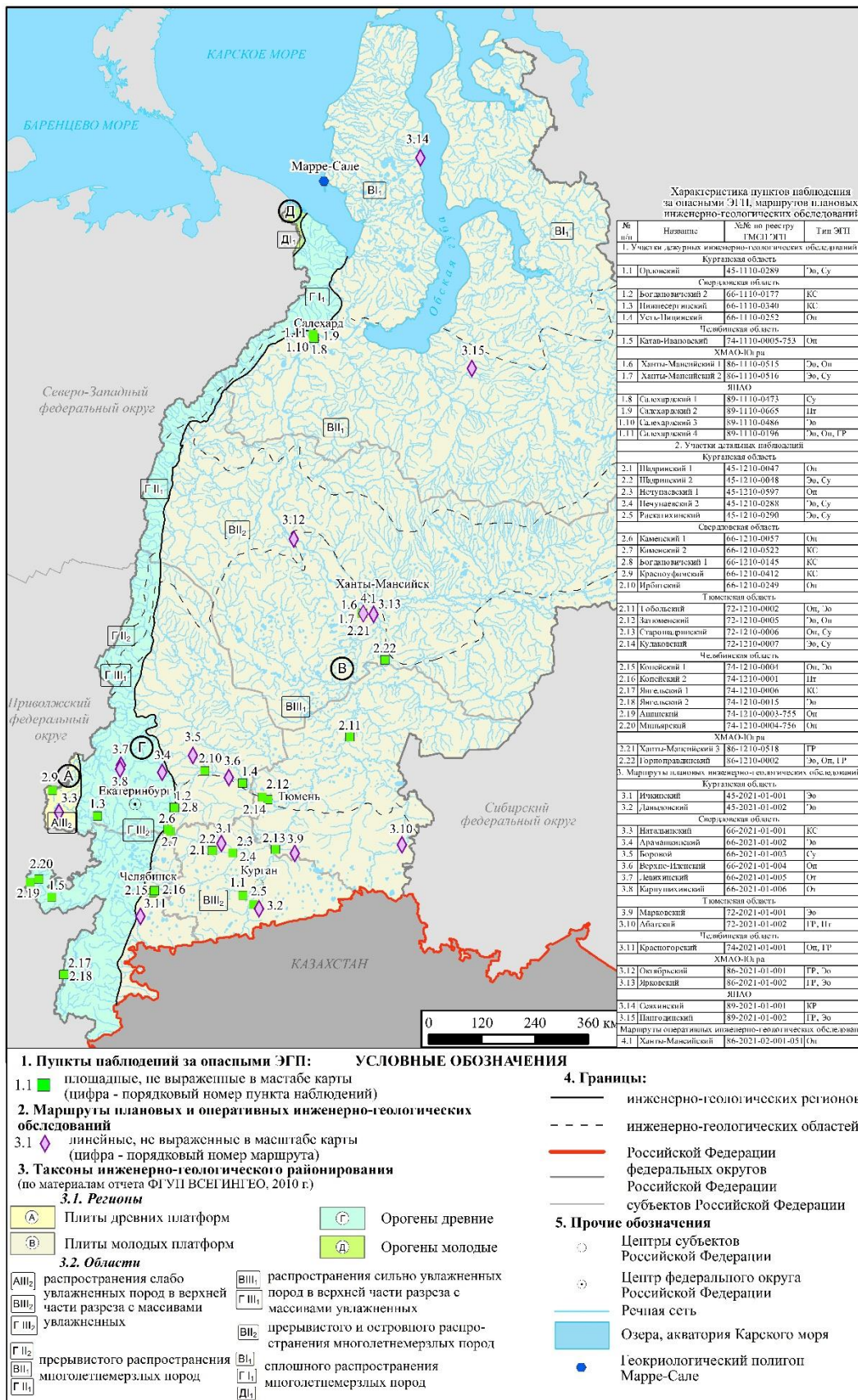


Рисунок 1 - Карта наблюдательной сети мониторинга ЭПЗ на территории Уральского федерального округа в 2021 г.



Рисунок 2 - Графики температуры воздуха и осадков в 2021 году (нормы и фактические) по метеостанциям г. Челябинск, Курган, Екатеринбург, Тюмень (по материалам ГМСН)

Количество выпавших осадков ниже нормы в Свердловской, Челябинской, Курганской и Тюменской областях, обусловили преимущественно низкую активность большинства опасных ЭГП, развивающихся на данных территориях (табл. 1). И наоборот, выпавшие на территории ХМАО-Югры осадки выше нормы, обусловили высокий уровень активности гравитационного комплекса процессов, оползневой эрозии, овражной эрозии, суффозии. На территории ЯНАО и особенно на севере (п-в Ямал) зафиксирована очень высокая активность криогенного комплекса процессов (термоэрозии, термоабразии), как следствие многолетнего роста положительных температур и деградации многолетней мерзлоты.

Таблица 1 - Сводная таблица активности опасных ЭГП на территории УФО в 2021 г.
(по материалам ГМСН)

Наименование участка	Региональная активность опасных ЭГП			
	очень высокая >50 %	высокая 25-50 %	средняя 10-25 %	низкая <10 %
Курганская область				
<i>Западно-Сибирский инженерно-геологический регион</i>				
Шадринский-1	-	-	-	Оп
Шадринский-2	-	-	-	Эо, Су
Нечунаевский-1	-	-	Оп	Эо
Нечунаевский-2	-	-	-	Эо, Су
Раскатихинский	-	-	Эо	Су
Орловский	-	-	-	Эо, Су
Ичкинский	-	-	-	Эо
Давыдовский	-	-	-	Эо
Свердловская область				
<i>Предуральский инженерно-геологический регион</i>				
Красноуфимский	-	-	КС	-
Натальинский	-	-	КС	-
<i>Уральский инженерно-геологический регион</i>				
Каменский-1	-	-	-	Оп
Каменский-2	-	-	-	КС
Богдановичский-1	-	-	КС	-
Богдановичский-2	-	-	-	КС
Нижнесергинский	-	КС	-	-
Арамашкинский	-	-	-	Эо
Левихинский	-	-	От	-
Карпушихинский	-	-	-	От
<i>Западно-Сибирский инженерно-геологический регион</i>				
Ирбитский	-	-	-	Оп
Усть-Ницинский	-	-	-	Оп
Боровой	-	-	-	-
Верхне-Иленский	-	Оп	-	-

Тюменская область				
<i>Западно-Сибирский инженерно-геологический регион</i>				
Тобольский	-	-	-	Оп, Эо
Старошадринский	-	-	-	Оп
Затюменский	-	-	-	Эо
Кулаковский	-	Эо	-	Су
Марковский	Эо	-	-	-
Абатский	-	-	ГР	Пт
Челябинская область				
<i>Предуральский инженерно-геологический регион</i>				
Ашинский	-	-	Оп	-
<i>Уральский инженерно-геологический регион</i>				
Янгельский-1	-	-	-	КС
Янгельский-2	-	-	-	Эо
Миньярский	-	-	-	Оп
Катав-Ивановский	-	-	-	Оп
<i>Западно-Сибирский инженерно-геологический регион</i>				
Копейский-1	-	-	-	ГР
Копейский-2	-	-	-	ПТ
Красногорский	-	Оп	-	-
Ханты-Мансийский автономный округ-Югра (ХМАО)				
<i>Западно-Сибирский инженерно-геологический регион</i>				
Ханты-Мансийский-1	-	Эо	-	-
Ханты-Мансийский-2	-	Эо, Су, Оп	-	-
Ханты-Мансийский-3	-	-	ГР	-
Горноправдинский	-	Эо, Оп, ГР	-	-
Октябрьский	-	ГР, Эо	-	-
Ярковский	-	ГР, Эо	-	-
Ямало-Ненецкий автономный округ (ЯНАО)				
<i>Западно-Сибирский инженерно-геологический регион</i>				
Салехардский-1	-	-	-	Су
Салехардский-2	-	-	-	Пт
Салехардский-3	-	-	-	Эо
Салехардский-4	-	-	Оп, ГР	Эо
Сеяхинский	Тэ, Та	-	-	-
Пангодинский	-	-	ГР, Эо	-

В 2021 г. на территории Уральского федерального округа преобладал низкий и средний уровень активности *карстово-суффозионного процесса* (рис. 3). Исключение составляет Нижнесергинский участок, геоморфологическое положение которого на возвышенном борту р. Серга и геоло-гидрогеологическими условиями обуславливают на его территории преимущественно высокую активность процесса.

Региональная активность *гравитационного комплекса процессов* (оползни, обвалы, осыпи) оценена по результатам обследования 21 участка. На территории Уральского инженерно-геологического региона на участках Миньярский, Катав-Ивановский, Каменский активность оползневой процесса низкая, что соответствует климатическим условиям года. В Предуралье активность оползневой процесса на Ашинском участке в 2021 году оценивается как средняя, что связано с техногенными факторами формирования оползневой тела (рис. 4).



Рисунок 3 - Карстовые воронки в с. Новое Село, Красноуфимского МР Свердловской области (снимок БВС)



Рисунок 4 - Оползень по автодороге на горнолыжный комплекс Аджигардак (ТН 1), связанный с дорожным строительством на Ашинский участок в Челябинской области (снимок БВС)

Также исключение составляет высокая активность оползневого процесса, развивающаяся на борту отработанного карьера на Красногорском участке (рис. 5).



Рисунок 5. Оползень на восточном борту затопливаемого угольного разреза в пос. Красногорский Челябинской области (фото с БВС)

Активно продолжается развитие оползневого процесса на Верхне-Иленском участке в Свердловской области, обусловленный техногенным подъемом уровня грунтовых вод (рис. 6).

В ХМАО-Югре на четырех участках из пяти отмечена высокая активность гравитационного комплекса, что связано с повышенным количеством осадков, выпавших в течение года на территории округа (рис. 7). На территории ЯНАО по данным обследования двух участков активность гравитационного комплекса процессов средняя.

Наблюдения за процессом *овражной эрозии* в границах УФО в 2021 г. проведены на 21 участке, из которых 19 участков расположены на площади Западно-Сибирского инженерно-геологического региона. Региональная активность овражной эрозии в 2021 году признана низкой на площади Уральского региона (Янгельский и Арамашкинский участки), в пределах Западно-Сибирского региона (участок Раскатихинский и др.).

Напротив активность *комплекса криогенных процессов* (термоэрозии и термоабразии) в Ямальском районе ЯНАО оценена как очень высокая. Например, на участке Сеяха, выявлен широкий спектр проявлений: бугры пучения, полигональные грунты, булгуньяхи, термоэрозионные овраги (рис. 8), таяние многолетней мерзлоты по берегам Обской Губы.



Рисунок 6 - Оползень на участке дома № 17 по ул. Жукова в д. Верхняя Иленка Свердловской области (фото с БВС)



Рисунок 7 - Активизация оползневой процесса в г. Ханты-Мансийске, на участке Восточной объездной автодороги



Рисунок 8 - Активный термоэрозионный процесс в районе села Сеяха, Ямальского района ЯНАО

Таким образом, результаты ГМСН в 2021 году по территории УФО подтверждают развитие и активность опасных ЭГП в природных условиях в соответствии с климатическими характеристиками. Только влияние техногенных факторов в той или иной степени активизирует течение экзогенной геологической активности.

ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ НА СОСТОЯНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ И РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ОПЕРАТОРОВ

ЕФИМОВА М. Е., ПЛАХОВА Л. В.

ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

Аннотация. Специфика операторской деятельности заключается в высокой нагрузке на физиологические системы организма, длительном напряжении, высоком уровне сенсорных нагрузок, синдроме монотонии, что усиливает развитие утомления и приводит к негативному воздействию на функциональное состояние операторов. Вызванные этим нарушения в организме человека могут приводить к снижению работоспособности, появлению профессиональных заболеваний и негативно влиять на ошибочность действий операторов. В данной работе выполнено обследование операторов на основе разработанного экспресс опроса по оценке уровня работоспособности и утомляемости, проведена оценка влияния условий труда операторов на состояние их здоровья. Предложен комплекс профилактических мер, включающих малозатратные методы коррекции физиологического состояния оператора. Данные методы позволяют снизить возможность возникновения соматических нарушений здоровья работников, а также повысить надежность их профессиональной деятельности.

Ключевые слова: операторская деятельность, работоспособность, напряженность трудового процесса, монотония, утомление.

THE INFLUENCE OF FACTORS OF THE PRODUCTION ENVIRONMENT ON THE STATE OF SAFETY AND OPERABILITY OF OPERATORS

Abstract: The specificity of operator activity lies in the high load on the physiological systems of the body, prolonged stress, high level of sensory loads, monotony syndrome, all of which increases the development of fatigue and leads to a negative impact on the functional state of operators. The disorders caused by this in the human body can lead to a decrease in working capacity, occupational diseases and negatively affect the work of operators. In this work, a survey of operators was carried out on the basis of an express survey developed to assess the level of performance and fatigue, an assessment was made of the influence of working conditions of operators on their health. A set of preventive measures is proposed, including low-cost methods of correcting the physiological state of the operator. These methods make it possible to reduce the possibility of somatic health disorders of employees, and also to increase the reliability of their professional activities.

Keywords: operator activity, efficiency, intensity of the labor process, monotony, fatigue.

В настоящее время существует общемировая тенденция роста доли автоматизированных технологических процессов в различных областях деятельности, в

результате чего ведущее значение приобретает роль операторского труда [2]. Работа операторов характеризуется высокой нагрузкой на физиологические системы организма, длительным напряжением сенсорных систем, высокой ответственностью за возможные ошибочные действия, а также нерациональным режимом труда и отдыха. Данные факторы приводят к функциональным и биохимическим нарушениям в организме, к снижению работоспособности, появлению хронического утомления и переутомления, появлению профессиональных заболеваний [4-5]. На фоне утомления и снижения работоспособности увеличивается количество ошибочных действий операторов, которые могут служить причиной аварийных ситуаций.

Находясь в удалении от управляемого оборудования, на основании показателей приборов и устройств операторы должны судить о его состоянии и состоянии работы предприятия в целом. На протяжении всей рабочей смены операторы работают с закодированной информацией и ее последующим декодированием, сопоставлением полученной информации с реальным состоянием оборудования. Они работают, в основном, в двух режимах: наблюдения и реагирования. Периоды длительного наблюдения резко сменяются высокой активностью в моменты целевых или нежелательных отклонений в работе оборудования и аварийных ситуациях, сопровождающейся высокой ответственностью за быстроту и правильность принятия решения. При этом возможно появление состояния эмоционального стресса, при котором оператор несвоевременно реагирует на сложившуюся ситуацию, допускает ряд серьезных ошибок, либо вовсе не принимает своевременных мер по устранению аварийной ситуации [6].

Длительность сосредоточенного наблюдения за показателями в среднем составляет 70-80% рабочей смены, регулировка параметров работы оборудования – 10-15 %. На отдых уходит не более 5% от рабочей смены. Большую часть рабочего времени операторы проводят в вынужденной позе «стоя» - более 60 %.

Высокое умственное напряжение, длительная напряженная нагрузка на системы организма, в том числе высокие сенсорные и эмоциональные нагрузки, синдром монотонии, высокий уровень ответственности за ошибочные действия, а также 12-часовые смены, работа в ночное время и недостаточная продолжительность регламентированных перерывов усиливают развитие утомления, приводят к негативному воздействию на функциональное состояние операторов, что ведет к снижению работоспособности, развитию профессиональных заболеваний и увеличению ошибочности действий, что может служить причиной аварийных ситуаций и несчастных случаев на производстве [3].

Статистический анализ данных по аварийности показал, что более 30% аварий связаны с неправильными и несвоевременными действиями операторов.

Одним из методов оценки уровня работоспособности и утомляемости является проведение экспресс – опроса по специально разработанному опрос-листу. В опрос-лист входило 10 вопросов с вариантами ответов. В опросе приняло участие 20 операторов исследуемого предприятия.

Результаты опроса показали, что все опрошенные отмечают высокую умственную и информационную нагрузку, высокую степень ответственности и зрительное напряжение. 90% опрошенных указали, что во время рабочей смены испытывают утомление и ухудшение внимания; 60 % опрошенных жалуются на сонливость во время рабочей смены; 20 % опрошенных отметили частую головную боль.

Анализ информации по заболеваемости операторов показал, что для них характерны нарушения со стороны сердечно-сосудистой системы и органов зрения и варикозная болезнь. К наиболее уязвимым группам относятся работники в возрасте старше 50 лет, а также со стажем работы более 15 лет.

Среди болезней сердечно-сосудистой системы наиболее часто регистрируются вегетососудистая дистония и гипертоническая болезнь. Болезни глаз представлены в основном миопией, вызванной прежде всего высокими требованиями к зрительной работе, зрительным функциям работников и продолжительностью зрительной работы в течение рабочей смены. Варикозная болезнь нижних конечностей вызвана в первую очередь вынужденной позой «стоя» (до 60 % рабочей смены).

Данные факты свидетельствуют о необходимости ранней диагностики и коррекции начальных признаков переутомления и снижения функциональных резервов организма оператора. В связи с этим для повышения работоспособности операторов, снижения вероятности возникновения соматических нарушений здоровья, а также для повышения надежности профессиональной деятельности операторов необходима разработка способов оценки операторского труда и профилактических методов коррекции их физиологического и нервно-психического состояния.

Поскольку труд операторов характеризуется нервно-эмоциональным напряжением и значительным напряжением сенсорных систем на фоне развивающегося синдрома «монотонии», основным методом оптимизации состояния работника могут служить профилактические мероприятия, включенные в трудовые смены персонала и разработка рациональных внутрисменных режимов труда и отдыха с учетом закономерных изменений периодов работоспособности [1].

Для восстановления функционального состояния работников предлагается применять немедикаментозные малозатратные методы: двигательную активность,

гимнастику для глаз и микропаузы, позволяющие повысить работоспособность со стабильной эффективностью в течение всего рабочего дня.

Двигательная активность в виде упражнений легкой нагрузки на мышцы торса и конечностей позволяют восстановить мышечный тонус и активировать кровообращение. Гимнастика для глаз усиливает кровоток в органе зрения, снимает зрительное напряжение и утомление, тренирует мышечный аппарат глазного яблока. Данный комплекс является простым, не требует специальной подготовки и навыков, позволяет освоить его в течение одной рабочей смены и довести выполнение движений до автоматизма.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. А.А. Амантаева. Профилактика стрессового состояния у работников с высоким психоэмоциональным напряжением / А.А. Амантаева, Г.К. Ерденова, П.А. Кошерова, А.А. Мусина, Р.К. Сулейменова // Вестник КазНМУ, №1. – 2015. – С. 333-335.
2. А.А. Балагинин. Надежность профессиональной деятельности операторов сложных эргатических систем / А.А. Балагинин. – СПб.: ЛГУ им. А. С. Пушкина, 2006. – 144 с.
3. И.А. Екимова. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие для технических вызов. – Томск: Эль Континент, 2012. – 212 с.
4. Н.Л. Вишневская. Оценка влияния факторов малой интенсивности и показателей психолого-эргономических составляющих производственной среды на здоровье операторов высокотехнологичных производств / Н. Л. Вишневская, Л. В. Плахова // Современные проблемы науки и образования. – 2017. – № 1. – С. 31-39.
5. Н.Л. Вишневская. Оценка сочетанного влияния факторов малой интенсивности производственной среды и трудового процесса на работоспособность и ошибочность действий операторов высокотехнологичных энергетических комплексов / Н. Л. Вишневская, Л. В. Плахова, П. Поledняк, А. Бернатик // Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2017. - № 2. – С. 183-190.
6. П.И. Дмитриев. Человеческий фактор в обеспечении безопасности функционирования электростанций. Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. - № 1 (13). – 2011. – С. 121-124.

ВЫЯВЛЕНИЕ ЗОН ВЕРТИКАЛЬНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ДЕГТЯРСКОЙ ЗОНЫ ПОСТЭКСПЛУАТАЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ РАДАРНОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ

КИНДЛЕР А.А.¹, ЗЫРЯНОВА Е.С.², ХУДЯКОВ А.А.²

¹ФГБУ «Гидроспецгеология», филиал «Уральский региональный центр ГМСН»,

²ФГБОУ ВО «Уральский Государственный Горный Университет»,

Аннотация: В статье рассматривается пример практического использования дифференциальной радарной интерферометрии, как метода сбора геопространственных данных в рамках государственного мониторинга состояния недр. В качестве рассматриваемого объекта выбрана Дегтярская зона постэксплуатации.

Ключевые слова: мониторинг состояния недр, оперативная аэрофотосъемка, радарная съемка, Дегтярский рудник.

DETECTION OF ZONES OF VERTICAL DEFORMATIONS OF THE DEGTYARSKAYA POST-OPERATION ZONE USING DIFFERENTIAL RADAR INTERFEROMETRY

Abstract: The article considers an example of the practical use of differential radar interferometry as a method of collecting geospatial data in the framework of state monitoring of the state of the subsoil. The Degtyar post-exploitation zone was chosen as the object under consideration.

Key words: monitoring of the state of the subsoil, operational aerial photography, radar photography, Degtyarsky mine.

Технологии дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) на сегодняшний день являются одним из основных инструментов для изучения территории, получившие распространение во множестве сфер, где применение классических инструментальных методов во многих случаях может быть затруднительно. Так, например, развертка геодезической (реперной) сети в пределах селитебных территорий является труднореализуемой ввиду высокой вероятности утери реперов (застройка территории, вандализма местного населения и т.д.).

Выделяется два основных способа дистанционного получения информации о поверхности Земли: оптические системы (пассивные); радарная спутниковая интерферометрия (активные).

Оптические системы (они же пассивные) основаны на естественном отражении (или вторичном тепловом излучении) объектов на поверхности Земли. Результатами съемки являются спутниковые карты. Оценка состояния территории на основе оптических космоснимков позволяет выявить площадное изменение отдельного проявления (границы провала и др.), однако оценка вертикального смещения затруднительна ввиду недостаточной информативности открытых картографических ресурсов.

При ведении мониторинга территории компенсировать недостаток позволяет применение методов, основанных на GPS. На месте проведения работ определяется трехкомпонентный вектор смещений, по периметру отдельного проявления. Однако данный метод является трудозатратным при сложной форме или большой протяженности проявления процесса.

Компенсировать недостатки озвученных способов позволяет применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Каждый полученный снимок хранит в себе информацию в виде непрерывной серии точек с записанной в них информацией (координаты и абсолютная высота), в то время как при геодезической съемке частота точек обуславливается масштабом проводимых работ (расстояние между точками сети измеряется десятками метров), соответственно, при построении рельефа по геодезическим данным будет использоваться интерполяция (добавление промежуточных значений между наблюдаемыми точками) [8].

Приведенный способ подходит для отдельных проявлений или локальных участков наблюдения (карьер, провал и др.), оценка больших площадей (например, территория рудника в целом) требует значительных денежных и временных затрат как на проведение съемки, так и на обработку полученной информации. Помимо этого, применение БПЛА рационально для незастроенных участков, что также накладывает ограничение на проводимую съемку.

Выходом из сложившейся ситуации является (наряду с данными оптического диапазона), получение сведений через радарные системы, обладающие собственным источником излучения (активные системы), где выявление объектов происходит за счет облучения объектов и поверхности электромагнитными волнами и фиксации полученных отраженных импульсов.

Частным примером второй технологии является метод радарной спутниковой интерферометрии. Принцип работы заключается в совместной обработке фазовых полей, полученных съемкой одного и того же участка местности одновременно двумя антенными системами, либо одной антенной на двух витках орбиты [4].

В течение прошедших лет множество научных работ показало эффективность дифференциальной радарной интерферометрии (DInSAR) для выявления вертикальных деформаций грунта. Несмотря на быстрое развитие и усовершенствование технологии DInSAR, для территории России подобные исследования все еще являются крайне редкими и в большинстве случаев носят экспериментальный характер [6].

В статьях отечественных авторов обозначены существующие проблемы мониторинга деформаций земной поверхности при подземной разработке. Описаны основные преимущества метода космической радарной интерферометрии перед другими маркшейдерско-геодезическими методами наблюдений. Проанализирован опыт применения космической радарной интерферометрии для мониторинга подработанных территорий на зарубежных и российских месторождениях [7]. Основным интересом для горнодобывающей области представляют работы, посвященные определению деформации земной поверхности и анализу сопутствующих им рисков.

При дифференциальной интерферометрии, использующей данные разновременной съемки, возможно решение задачи выявления смещений подстилающей поверхности сантиметрового и даже миллиметрового масштаба [2]. Важными параметрами, которые измеряются методом, являются амплитуда и фаза сигнала. Для успешного интерферометрического анализа требуется высокая точность совмещения точек (корегистрация), относящихся к одной области поверхности Земли.

К сожалению, качественному интерферометрическому анализу радарных данных препятствует растительный покров, который может разрушать детерминированные разности фаз разновременных радарных изображений. Более длинные промежутки времени между двумя наблюдениями также ухудшают качество интерпретации измеренных фазовых разниц. Другой источник ослабления когерентности сигнала или декорреляции – это геометрическая разница в угле падения между двумя наблюдениями [5].

Применение данных радарной съемки в рамках государственного мониторинга состояния недр (ГМСН) начато с 2022 года в экспериментальном режиме.

Для примера рассмотрим метод дифференциальной радарной интерферометрии при мониторинге вертикальных деформаций поверхности Земли на территории Дегтярской зоны постэксплуатации. Участок выбран как показательный объект, где ввиду активной горнодобывающей деятельности на территории, проявился целый спектр опасных природно-техногенных геологических процессов. Несмотря на то, что работы на руднике прекращены еще в 1995 году, в настоящий момент территория рудника покрыта сетью провалов различного размера и канав, карьерными и подотвальными озерами, терриконами (высотой 50-60 м), а почвенный покров восстановлен частично и характеризуется малой

мощностью. По данным многолетних обследований, выполненных в рамках ГМСН, отмечается факт того, что процессы на территории не только не затухли, а напротив продолжают [3]. Помимо загрязнения поверхностных и подземных вод самоизливом шахтных вод, на рекультивированном (глубиной 60 м) в 2012 году провале над старыми горными выработками фиксируются многочисленные трещины и просадки, на подработанном пространстве под горой Лабаз фиксируются трещины оседания. Развертка геодезической (реперной) сети на данных участках затруднительна ввиду высокой вероятности ее утери.

Обработка результатов дистанционного зондирования осуществлялась на основе доступных данных, полученных со спутника Sentinel-1 и программного обеспечения Европейского Космического Агентства (ESA). Для обработки были использованы снимки, полученных в период с 2015 по 2021 гг. в октябре месяце.

При обработке применялись космоснимки полученные в режиме интерферометрической съёмки: использовались данные L1 комплексного изображения SLC, в поляризации VV, в широкозахватном интерферометрическом режиме IW с пространственным разрешением 5x20 м. Выбранный режим снимков предназначен для анализа объектов, расположенных на суше. Расстояние между пикселями задано как 10 м. При обработке данных происходила потеря когерентности из-за наличия на территории высокой растительности и деревьев. По рассчитанным данным, с последующей маскировкой областей с плохой когерентностью, получены карты вертикальных смещений поверхности Земли (рис. 1).

Как видно из рисунка в период с 2015 по 2021 гг. общая активность процесса на участке рекультивированного провала снизилась. Проведённый анализ атмосферных осадков по метеостанции «Ревда» не показал взаимосвязь скорости вертикальной деформации от количества осадков. Вероятно, снижение скорости произошло ввиду заполнения части пустот, оставленных горными выработками, и естественного уплотнения отсыпанного грунта.



Рисунок 1 - Карты вертикальных смещений поверхности Земли на участке рекультивированного провала

На основании проведенных для всей территории рудника вычислений методом DInSAR, построена схема вертикальной деформации территории, на которой вынесены и подтверждены участки проявлений экзогенных геологических процессов в пределах Дегтярской зоны постэксплуатации. Полученная посредством обработки радарных снимков информация, не противоречит многолетним результатам наблюдений (рис. 2).

Дифференциальная радарная интерферометрия может использоваться как вспомогательный метод и не исключает использование традиционных инструментальных методов, применяемых в работе на исследуемых объектах. В отличие от используемых инструментов для определения смещения поверхности (нивелирование и геодезическая привязка реперов) интерферометрические снимки со спутников обладают большой площадью охвата территории [1], при высокой частоте записанных в рамках одного снимка точек. Помимо этого, входной порог применения технологии на текущий момент ограничен только временем подготовки сотрудника, исходные материалы и программное обеспечение находятся в открытом доступе и являются полностью бесплатными.

Полученные результаты съемки могут учитываться как потенциальные для выбора участков обследования с последующей заверкой и дальнейшим мониторингом вертикальных смещений инструментальными способами.

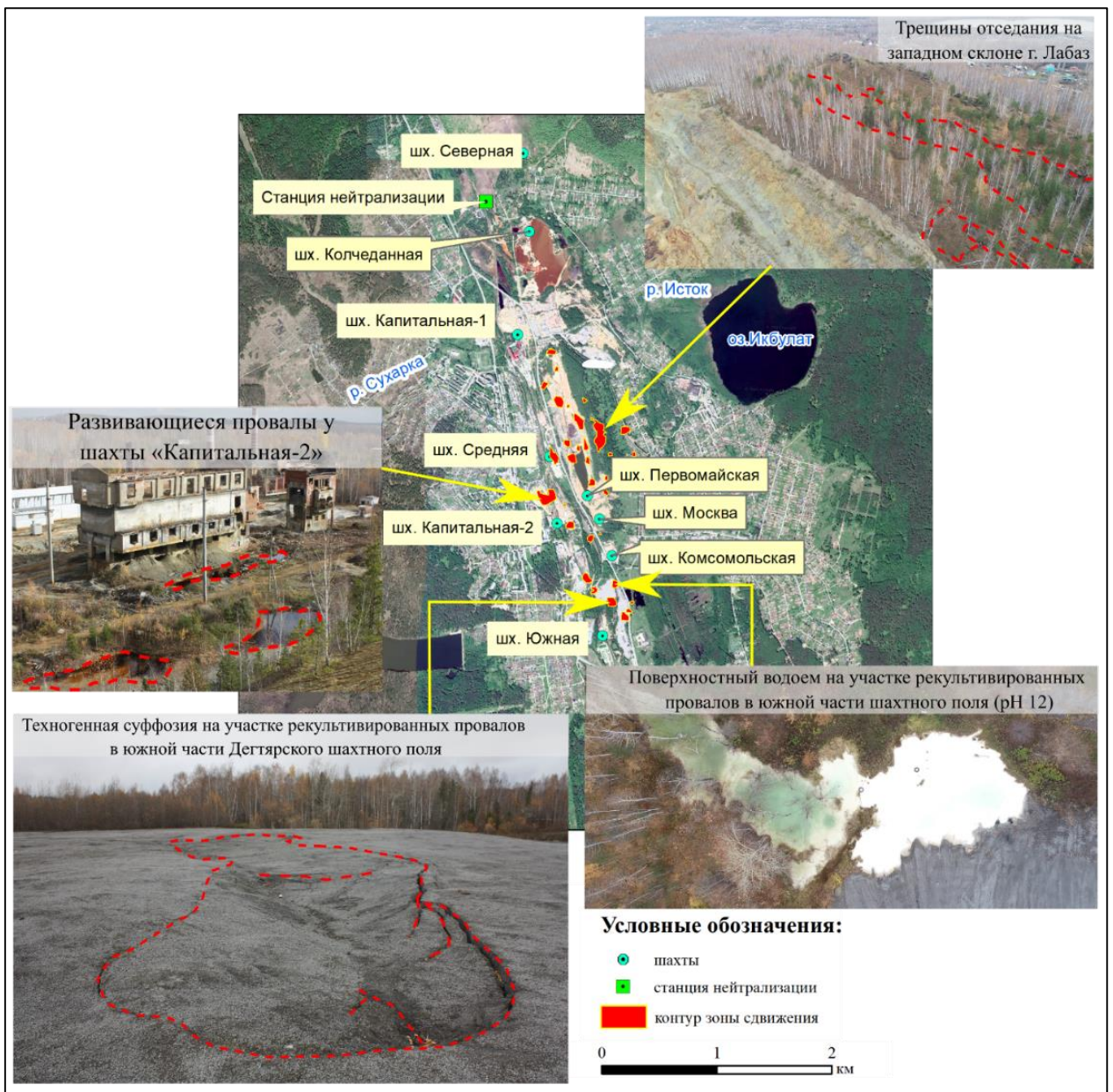


Рисунок. 2 - Выявленные и подтвержденные зоны вертикальной деформации в пределах Дегтярской зоны постэксплуатации

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основании построенных схем получены (не противоречащие результатам многолетних наблюдений) участки вертикальной деформации поверхности в пределах Дегтярской зоны постэксплуатации.

2. На основании анализа многолетнего периода съемки с 2015 по 2021 годы установлено, что процессы вертикальной деформации на рекультивированном участке протекают на текущий момент. Определена величина вертикальных просадок для каждого периода.

3. Применение метода дифференциальной радарной интерферометрии является перспективным и экономически целесообразным для поиска участков и оценки величины вертикального смещения поверхности для значительных по площади или труднодоступных территорий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Арсеньев-Образцов С.С., Поздняков А.П. [2020]. Применение метода радарной спутниковой интерферометрии InSAR для решения задач промысловой геологии и разработки нефтегазовых месторождений. ФГАОУ ВО «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина», 3 (798), Москва, 38-44.
2. Елизаветин И.В., Виноградов А.Н. и др. [2018]. Анализ применимости методов дифференциальной интерферометрии для задач геотехнического мониторинга Арктической зоны. Программные системы: теория и приложения, 9 (4), Переславль-Залесский, 461-475.
3. Елохина С.Н., Киндлер А.А. [2020] Мониторинг состояния недр в период горнопромышленной постэксплуатации на Урале (Дегтярский участок). Известия Уральского государственного горного университета, 1 (57), Екатеринбург, 105-117.
4. Кривенко А.А., Кашников Ю.А. [2010]. Мониторинг деформационных процессов земной поверхности методами дифференциальной интерферометрической обработки радарных данных. Записки горного института, 188, Санкт-Петербург, 225-228.
5. Нугманов И.И., Чернова И.Ю. и др. [2015]. Информативность методов радиолокационной интерферометрии для оценки современных движений земной коры в нефтедобывающих районах Республики Татарстан. Известия высших учебных заведений. Горный журнал, 2, Екатеринбург, 133-141.
6. Пономаренко М.Р., Кутепов Ю.И. [2020]. Космические методы в составе комплексного деформационного мониторинга земной поверхности горного предприятия. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 12, Москва, 103-113.
7. Сосновский А.В. [2020]. Интерферометрическая обработка данных космических радиолокаторов с синтезированной апертурой при создании цифровых моделей рельефа земной поверхности: состояние и проблемы. Ural Radio Engineering Journal (УрФУ), 4 (2), Екатеринбург, 198-233.
8. Федосеева Н.А. [2017]. Перспективные области применения беспилотных летательных аппаратов. Научный журнал, 9 (22), Иваново, 26-29.

АНАЛИЗ ПОВРЕЖДАЕМОСТИ ЗАЗЕМЛЯЮЩЕЙ СЕТИ В КАРЬЕРАХ

КОМЛЕВА Е.Н.

ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», Южно-Уральский государственный университет

Аннотация: В данной работе рассмотрены возможные причины повреждения заземляющей сети в карьере при воздействии факторов, влияющих на состояние заземляющих устройств.

Ключевые слова: заземляющая сеть, заземляющие устройства, факторы, коррозия, механическое повреждение.

GROUNDING NETWORK DAMAGE ANALYSIS IN QUARRIES

Abstract: In this paper, possible causes of damage to the grounding network in a quarry under the influence of factors affecting the state of grounding devices are considered.

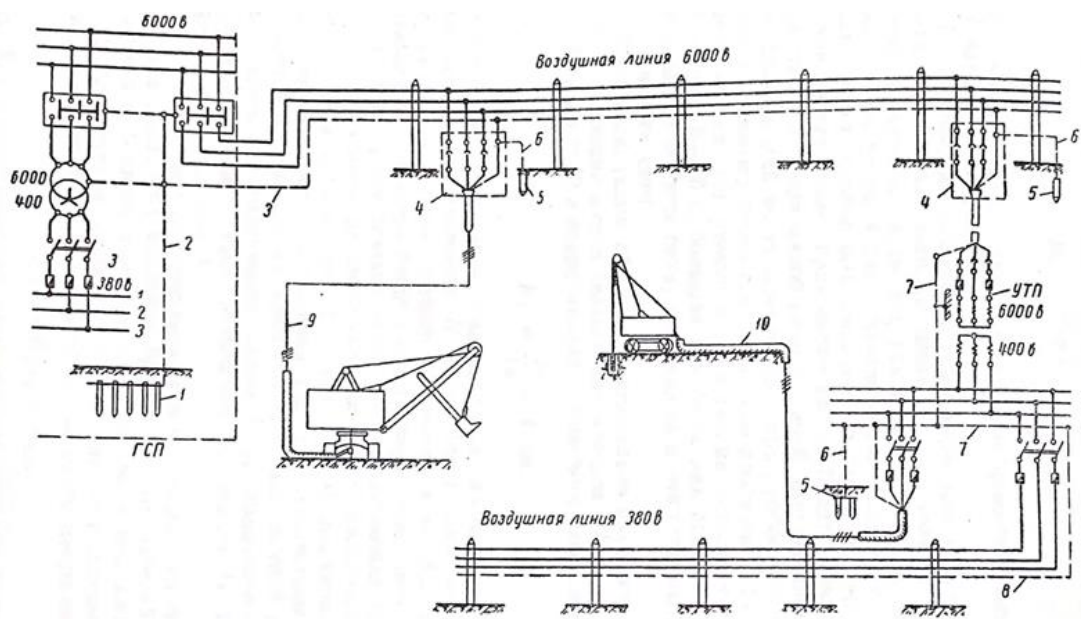
Keywords: grounding network, grounding devices, factors, corrosion, mechanical damage.

В горнодобывающей промышленности, в особенности при добыче горючих полезных ископаемых, часто происходят аварии, характеризующиеся обрушением породы, разрушением коммуникаций, нанесением вреда здоровью персонала. Обеспечение электробезопасности персонала при работе с производственным оборудованием является одной из первостепенных задач при создании безопасных условий труда, так как все несчастные случаи, происходящие по причине поражения электрическим током, являются тяжелыми и могут привести к смертельному исходу. Одним из средств защиты, обеспечивающих безопасность при работе с электрооборудованием, является заземление. Следует отметить, что заземляющее устройство обеспечивает не только электробезопасность, но и снижает вероятность появления источников энергии воспламенения, которые могут привести к возникновению пожароопасных ситуаций.

1 Устройство заземляющей сети в карьере. Рассмотрим устройство защитного заземления в карьере. Как правило, заземление на открытых горных разработках применяется с общей заземляющей сетью как для установок до 1000 В, так и свыше. Основное заземление не закладывают внутри карьера, а выносят его вне карьера. Из-за этого увеличивается протяженность такой системы, что потребует более тщательного контроля ее состояния.

Основной заземлитель располагается около главной питающей подстанции карьера. Для заземления оборудования в карьере служит заземляющий провод, который закрепляется на опорах воздушных линий. К заземляющему проводу присоединяются

корпуса приключательных пунктов, возле которых дополнительно устанавливают местный заземлитель, присоединенный с помощью отвода к заземляющему проводу. В свою очередь экскаваторы заземляются с помощью заземляющей жилы гибкого кабеля, так что один конец заземляющей жилы кабеля присоединяется к заземляющему проводу, а другой к экскаватору. Передвижные машины и механизмы заземляются при помощи заземляющих жил гибких карьерных кабелей, так что один конец жилы соединяется к заземляющей шине, а другой к заземляющему болту на корпусе машины [2]. Примерная схема устройства защитного заземления в карьере приведена на рисунке 1.



1 – главный заземлитель, 2 – заземляющая шина, 3 – заземляющий провод сети 6000 В, 4 – приключательные пункты, 5 – местные заземлители, 6 – отводы от местных заземлителей, 7 – заземляющие шины, 8 – заземляющий провод сети 380 В, 9 – заземляющая жила гибкого кабеля, 10 – заземляющая жила гибких кабелей для заземления передвижных машин и механизмов

Рисунок 1 – Схема устройства защитного заземления в карьере

2 Возможные причины повреждения заземляющей сети в карьере. Для раскрытия данного вопроса рассмотрим частный случай заземляющей сети в угольном разрезе. Уголь является сложной многокомпонентной системой. Влага в нем подразделяется на следующие виды и формы связи: свободная вода, влага капиллярно-связанная, влага адсорбционно-связанная [7]. Учитывая то, что влага в угле присутствует предполагаем, что повреждение главного заземлителя и местных заземлителей приключательных пунктов может возникнуть вследствие воздействия повышенной влажности в месте заложения заземлителя.

Как известно, повышенная влажность оказывает значительное влияние на скорость протекания коррозии, увеличивая ее. Со временем коррозия разрушает заземлитель, толщина металла уменьшается, на поверхности могут появиться коррозионные язвы.

Эффективность заземляющего устройства, подвергнутого воздействию влажности, снижается. При возникновении нестационарных режимов в сети, при протекании токов короткого замыкания или тока молнии по заземляющему проводнику к заземлителю приведет его разрушению.

Вскрышные породы (породы, которые покрывают и вмещают в себя полезное ископаемое, в дальнейшем подлежат выемке и перемещению в отвалы), как и шахтные породы имеют неоднородный химический и минералогический состав, даже в пределах одного угольного бассейна [3]. К примеру, возьмем состав угольной породы шахты Хмельницкой, расположенной в Свердловском районе, Луганской области [5]. Химический элементный анализ показал присутствие в образце породы, вес. %:

- подгруппа углерода: C – 44,46; Si – 9,14; Ti – 0,5;
- щелочные и щелочноземельные металлы: Na – 0,15; Mg – 0,18; K – 1,0;
- легких металлов: Al – 4,76;
- халькогены: O – 37,11; S – 0,47;
- галогены: Cl – 0,1;
- подгруппы железо: Fe – 1,2;
- подгруппа меди: Cu – 0,5.

Значительное влияние на коррозионную активность грунтов оказывает химический состав грунта, а именно наличие и состав водорастворимых соединений. Содержание в грунте водорастворимых соединений невелико, но их наличие необходимо для образования порового электролита и формирования его удельного сопротивления. Следовательно, они влияют на протекание всего процесса коррозии. Содержание иона Cl^- определяет увеличение коррозионной активности, так как при соединении с водородом, содержащимся в грунтовых водах, фактически может образоваться кислота, которая приводит к повышению кислотности почвы. Появляется более агрессивная среда, которая воздействует на заземляющее устройство и ведет к его разрушению. Наличие катиона Na^+ в составе грунта оказывает влияние на водо- и воздухопроницаемость, то есть определяет соотношение жидкой и газообразной компоненты в грунте, что приводит к изменению коррозионных свойств грунта [4].

Анализируя состав угольной породы и учитывая процесс протекания коррозии в грунте, предполагаем, что воздействие влажностью породы и ее химическим составом приводит к повреждению коррозией главного и местных заземлителей.

Необходимо брать в расчет, что механическое повреждение заземляющей сети карьера может возникнуть вследствие воздействия человеческого фактора. Как отмечалось выше, в связи с тем, что главный заземлитель располагают на достаточном удалении от

заземляемого оборудования, данная система становится протяжённой. От главного заземлителя располагают заземляющие шины, которые соединяют с заземляющими проводами. Повреждение заземляющих шин может возникнуть вследствие непреднамеренного воздействия техники.

Повреждение заземляющей сети приводит к неисправности всей системы, обеспечивающей электробезопасность при добыче полезных ископаемых в карьере. состояние заземляющего устройства оказывает влияние на образование источников энергии воспламенения. При неисправном состоянии не происходит достаточный отвод образовавшегося статического электричества, что может являться причиной возникновения одного из источников энергии воспламенения – искрового разряда. Образование искрового разряда наиболее пожаро-, взрывоопасно при добыче полезных ископаемых, преимущественно при угледобыче. При производстве работ по добыче угля, к примеру подземным способом, присутствуют метан и уголь. Уголь, находясь в форме аэрогеля – пожароопасен, аэрозоля – взрывоопасен [1,6].

Таким образом, при проведении горнодобывающих работ важно создать должную систему контроля заземляющих устройств, при этом учитывая, что повреждение заземляющей сети в карьере может привести как к созданию опасности, связанной с воздействием электрического тока на человека, так и к возникновению пожароопасной ситуации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 31613–2012 Электростатическая искробезопасность. Общие технические требования и методы испытаний. – М.: Стандартинформ, 2013 – 20 с.
2. Белых, Б. П. Защитные заземления и зануления в горнорудной промышленности / Б. П. Белых. – Свердловск : Металлургия, 1956. – 156 с.
3. Болдырев, А. С. Технический прогресс в промышленности строительных материалов / А. С. Болдырев, В. И. Добужинский, Я. А. Рекитар. – М. : Стройиздат, 1980. – 399 с.
4. Трофимов, В. Т. Грунтоведение / В. Т. Трофимов, Ю.А. Васильчук, Е.А. Вознесенский, Г. А. Голодковская, Р.С. Зиангиров, В.А. Королев. – М. : Изд-во МГУ, 2005. – 1024 с.
5. Хоботова, Э.Б. 6. Радиационно-химическое обоснование использования твёрдых промышленных отходов в качестве технических материалов : монография / Э.Б. Хоботова, М.И. Уханёва, И.В. Грайворонская, Ю.С. Калмыкова. – Харьков, ХНАДУ, 2012.–260 с.
6. Шевцов, Н. Р. Взрывозащита горных выработок (курс лекций): Учебное пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп / Н. Р. Шевцов. – Донецк : ДонНТУ, 2002. – 280 с.
7. Широков, И. Б. Контроль влажности угольных пород при помощи радиоволн / И. Б. Широков, П. А. Евдокимов Е. И. Широкова // Энергетические установки и технологии. – Севастополь, 2021. – С. 136–143.

**СОВРЕМЕННЫЕ ЦИФРОВЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ УПРАВЛЕНИЯ
ТЕХНОГЕННЫМИ РИСКАМИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБЪЕКТОВ
ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ**

КУНЕВИЧ В. А., БУЛАВКА Ю. А.

Полоцкий государственный университет

Аннотация. Выполнен анализ используемых современных цифровых инструментов интегрированных решений для целей управления техногенными рисками при эксплуатации объектов газораспределительных систем. Показано, что внедрение современных цифровых информационных технологии на объектах газораспределительных систем способствуют созданию условий для безопасного и бесперебойного снабжения газом всех категорий потребителей и повышает эффективность выполнения производственных задач при эксплуатации объектов газораспределительной системы, снижая при этом влияние человеческого фактора.

Ключевые слова: объекты газораспределительных систем, программный комплекс, цифровой инструмент, газовые сети

**MODERN DIGITAL TOOLS FOR MANAGING MAN-MADE RISKS IN THE
OPERATION OF GAS DISTRIBUTION SYSTEM FACILITIES**

Annotation. The analysis of the modern digital tools used for integrated solutions for the purposes of man-made risks management during the operation of gas distribution system facilities was carried out. It is shown that the introduction of modern digital information technologies at gas distribution system facilities contributes to the creation of conditions for safe and uninterrupted gas supply to all categories of consumers and increases the efficiency of performing production tasks during the operation of gas distribution system facilities, while reducing the impact of the human factor.

Keywords: Objects of gas distribution systems, software package, digital tool, gas networks

Объекты газовой отрасли относятся к числу наиболее опасных объектов промышленности, на которых ежегодно происходят тысячи аварий [1, 2]. Обеспечение промышленной безопасности на объектах газораспределительных систем на сегодняшний день является одним из приоритетных направлений деятельности соответствующих

предприятий и организаций. Статистически подтверждённый рост уровней техногенных рисков на объектах газоснабжения и газораспределения, требует разработки высокоэффективных профилактических мероприятий [3-12], в т.ч. разработки и внедрению цифровых системы контроля, мониторинга и учета состояния промышленной безопасности.

Современные цифровые инструменты позволяют газоснабжающим организациям осуществлять объединение систем в единый пульт дистанционного мониторинга и управления территориально распределенными объектами газораспределительной системы. Один из вариантов подобного цифрового инструмента интегрированных решений является «Система телеметрии газорегуляторных пунктов, шкафных регуляторных пунктов и станций катодной защиты», позволяющая оперативно получать достоверную информацию, осуществлять предупреждение об аварийных ситуациях с объектов газораспределительной системы в разной степени отдаленности. Интерфейс системы телеметрии газорегуляторных пунктов ГРП/ ШРП и станций катодной защиты, используемых на ряде белорусских организаций приведен на рисунке 1.

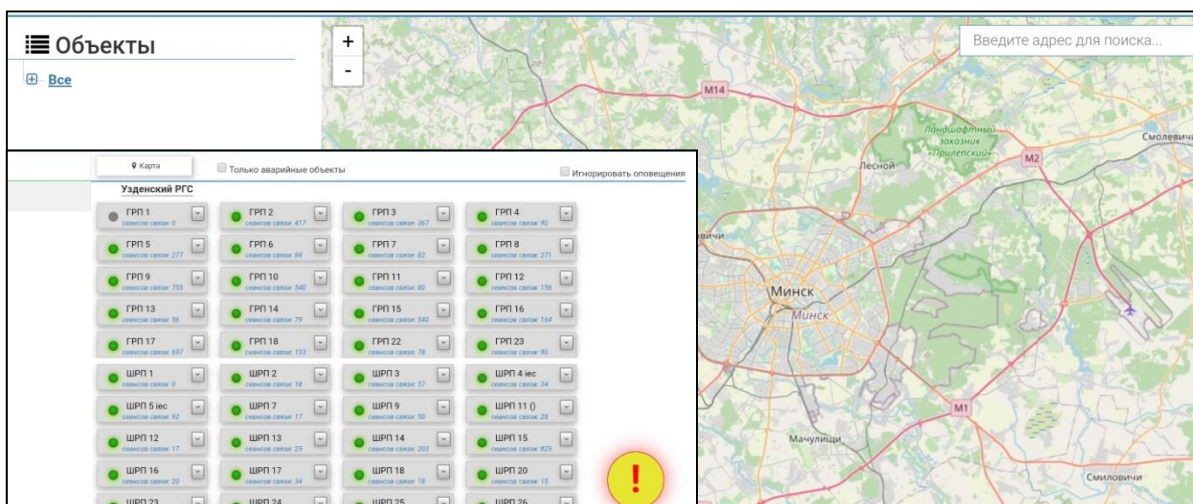


Рисунок 1 – Интерфейс системы телеметрии газорегуляторных пунктов ГРП/ ШРП и станций катодной защиты

Показанная на рисунке 1 система телеметрии позволяет осуществлять контроль рабочих параметров пунктов защиты, учёта и распределения газа с последующей передачей полученной информации по каналу сотовой связи стандарта GSM /GPRS на сервер газоснабжающей организации для сбора и анализа данных. Центр операционной системы сбора данных устанавливается на существующие сервера газоснабжающих организаций и не требует без приобретения нового серверного оборудования. Функции, рассматриваемой

системы телеметрии газорегуляторных пунктов ГРП/ ШРП и станций катодной защиты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Функции системы телеметрии газорегуляторных пунктов ГРП/ ШРП и станций катодной защиты

Вид деятельности	Функции системы
Сбор информации	Сбор данных с датчиков с интервалом времени, задаваемых программно (от 30 до 600 сек). Осуществляется съём таких показаний как: <ul style="list-style-type: none"> – Давление – измеряется на входе и на выходе; – Наличие и значение загазованности в помещении; – Возможность срабатывания запорных устройств; – Температура – в помещении, в системе отопления; – Учет потребления различного рода потребителями.
Контроль	Контроль за состоянием датчиков срабатывания предохранительных запорных клапанов, датчиков охранной и пожарной сигнализации, контроль за состоянием источников питания.
Передача сигналов	При возникновении аварийных ситуаций передаёт сигнальные СМС и выдаёт аварийные сообщения на экран монитора диспетчера и на заранее определённый телефонный номер
Телерегулирование (телеуправление)	Дистанционное управление и регулирование технологическим оборудованием
Радиоканал	Используется в качестве канала связи (гарантируемый ведомственный канал)

Комплексный анализ работы данного цифрового инструмента показал, что оснащение объектов газоснабжения и газораспределения системами телеметрии, позволяет не только оперативно получать достоверную информацию с большого количества территориально разбросанных объектов, но и увеличить безопасность и эксплуатационную надёжность системы газоснабжения вследствие повышения оперативности управления и предупреждения аварийных ситуаций.

На рынке программных продуктов предлагают к внедрению мультипрограммный комплекс «Панорама», данная цифровая система управления представляет собой комплекс, охватывающий весь процесс эксплуатации объектов газораспределительной системы. Интерфейс мультипрограммного комплекса «Панорама» приведен на рисунке 2. Исходные данные и обобщенная информация поступает из базовых программ, используемых различными профильными службами для объединения в единую интегрированную централизованную базу. На рисунке 2 показана карта Республики Беларусь, с нанесенными газовыми сетями, магистральные газопроводы обозначены желтым цветом, при увеличении масштаба на карте отображается детализация объектов газоснабжения и газораспределения, а именно: газопроводы высокого давления (синим и фиолетовым цветом), затем сети среднего давления (зеленым цветом) и внутриквартальные сети низкого давления (красным цветом), ГРП, ШРП.

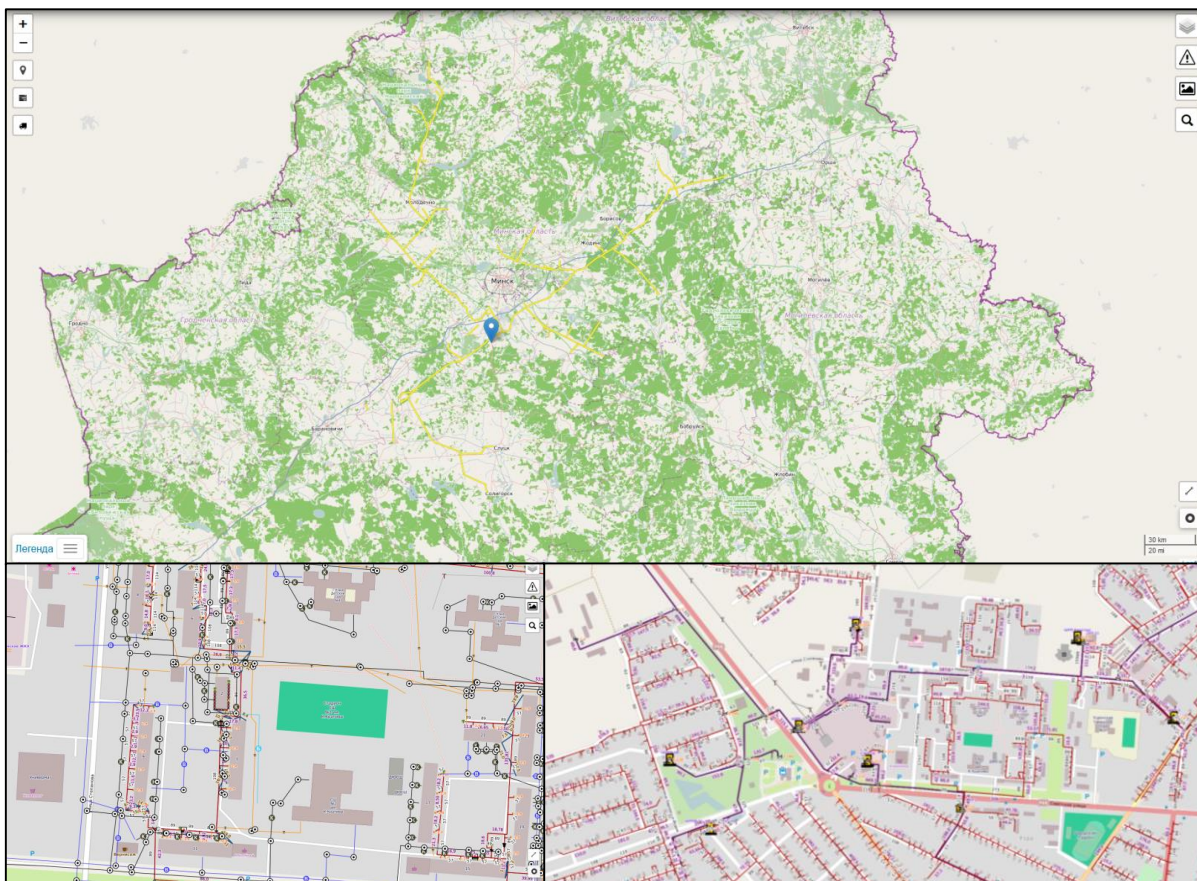


Рисунок 2 – Интерфейс мультипрограммного комплекса «Панорама»

Достоинством является обозначение необходимых параметров для выполнения всех видов эксплуатационных работ на системах газоснабжения: диаметры газопроводов, длины участков, привязки и их длины, а также подземные сети смежных коммуникаций. Выбор в мультипрограммном комплексе «Панорама» требуемого ГРП или ШРП дает возможность получить всю необходимую информацию о параметрах их работы. Комплекс «Панорама» также позволяет производить гидравлический расчет любого потребителя и определять возможность его присоединения к определенному газопроводу.

«Наружные сети» – еще один цифровой программный комплекс, используемый при эксплуатации объектов газоснабжения и газораспределения, позволяющий дистанционно, в режиме реального времени производить выдачу разрешений на право производства работ в охранной зоне объектов газоснабжения, с дальнейшим периодическим контролем данных работ, после вызова представителя газоснабжающей организации. Интерфейс цифрового программного комплекса «Наружные сети» приведен на рисунке 3.

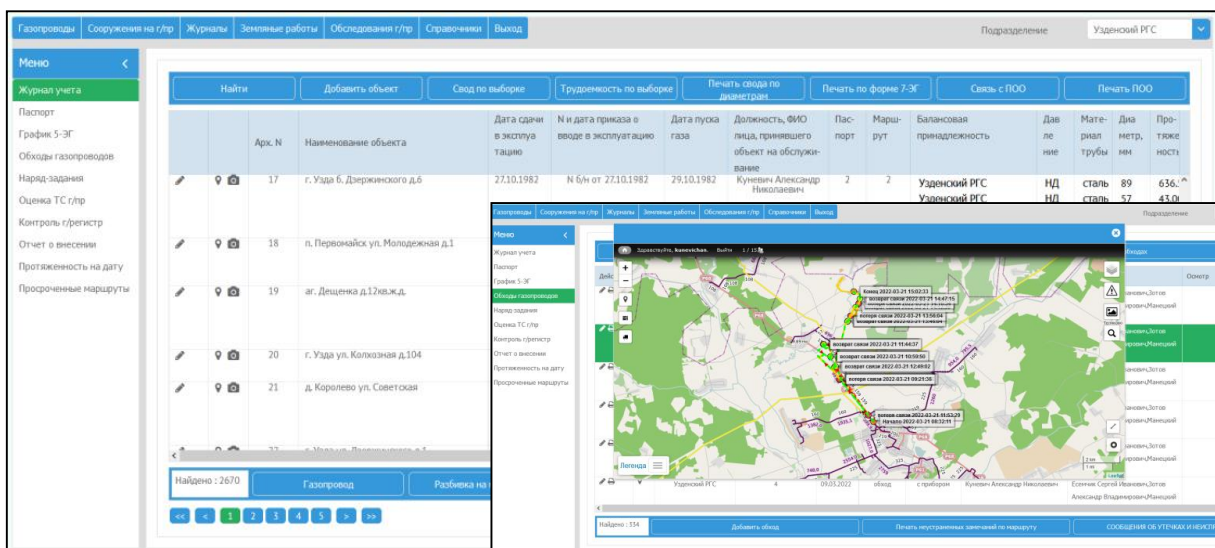


Рисунок 3 – Интерфейс программного комплекса «Наружные сети»

Программный продукт «Наружные сети» позволяет осуществлять контроль объектов введенных в эксплуатацию, выдачу наряд-заданий и рапорта на обход маршрута газопровода, учет запорных устройств на объектах газоснабжения, их техническое обслуживание и ремонт. С помощью данного цифрового инструмента составляются ежемесячные графики по обходу газопровода по маршрутам и дням недели, годовые графики по техническому обслуживанию запорной арматуры. «Наружные сети» позволяют вести удаленный контроль за процессом проведения обхода маршрута газопровода, за количеством найденных и устраненных замечаний в период его проведения, а так же протяженность пройденного пути.

«Мириада» – это современный цифровой инструмент, благодаря которому возможна успешная оптимизация рабочих процессов и развитие газоснабжения в целом. Данная программа позволяет отслеживать и контролировать выполнение работ, начиная от поступления заявки до выставления счета за выполненные работы. Программный комплекс «Мириада» представляют собой карты с нанесенными на нее домами и сооружениями, газовыми сетями, газовыми объектами и смежными коммуникациями. Новые объекты добавляются на карту сотрудниками специальных служб, что позволяет в реальном времени с высокой достоверностью владеть необходимой доступной информацией по газовым сетям. Интерфейс цифрового программного комплекса «Мириада» приведен на рисунке 4.

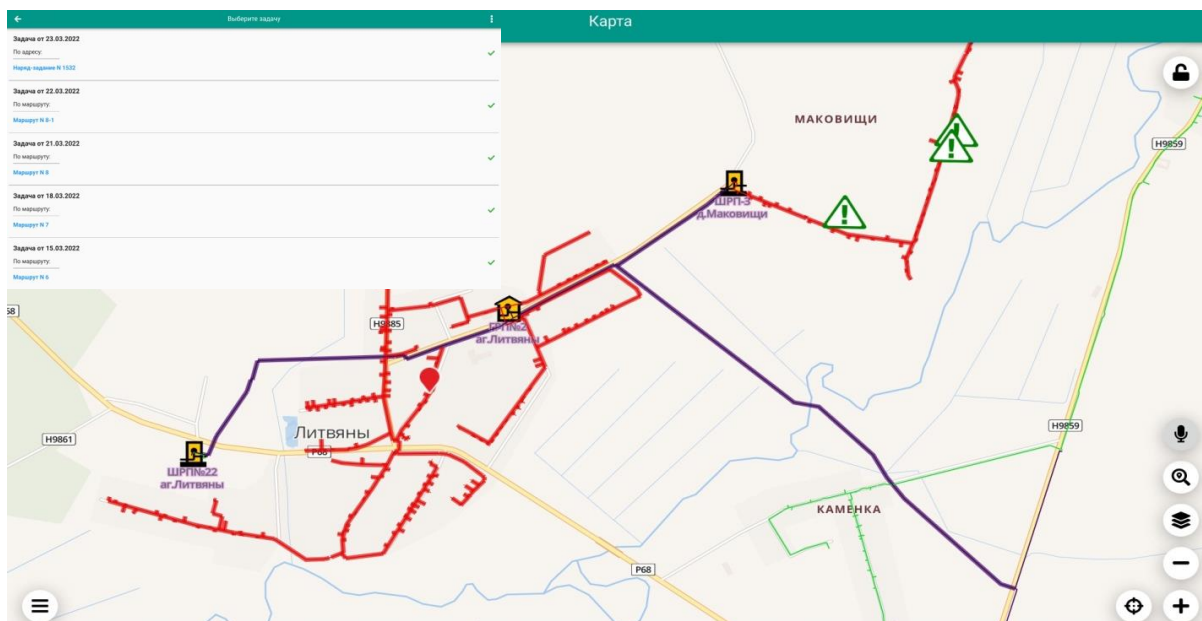


Рисунок 4 – Интерфейс программного комплекса «Мириада»

Программный комплекс «Мириада», как и мультипрограммный комплекс «Панорама» объединяет в себе информацию из уже существующих и используемых газоснабжающей организацией программ, что позволяет оптимизировать работу различных специальных служб организации. Особенность данного инновационного продукта заключается в широком спектре возможностей. Благодаря программному комплексу «Мириада», возможно формирование актов выполненных работ (и других документов установленных форм) непосредственно на месте их производства, составление графиков и многое другое.

Анализ используемых цифровых продуктов для целей управления техногенными рисками при эксплуатации объектов газораспределительных систем показал, что данные технологии уже сегодня являются обязательными и необходимым инструментарием для специальных служб объектов газоснабжения и газораспределения.

Внедрение и использование рассмотренных цифровых инструментов будет способствовать оптимизации режимов эксплуатации объектов газораспределительных систем, позволит совершенствовать надзор и производственный контроль за данными объектами и, как следствие, эффективно управлять техногенными рисками на объектах повышенной опасности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Kozhemyatov, K.Y. Analysis of equipment life cycle at oil refinery/ Kozhemyatov K.Y., Bulauka Y.A. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – Vol. 687.- art. No 066038.- DOI:10.1088/1757-899X/687/6/066038
2. Kozhemyatov, K.Y. The improving of the safety level of the equipment working under excessive pressure / K.Y. Kozhemyatov, Y.A. Bulauka // Topical Issues of Rational Use of Natural Resources 2019- Taylor & Francis Group, London, – 2020 –. Volume 2 .- art. No 349509- DOI: 0.1201/9781003014638, .- P.822-831.
3. Скобеев, О.А. Методика расчетов показателей надежности и безопасности системы газораспределения и времени восстановления системы при аварии/ О.А.Скобеев, Э.М. Малая // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона. -2017. -№ 8.- С. 225-227.
4. Быльев, Ю.В., Оценка уровня промышленной безопасности опасных производственных объектов систем газораспределения/ Ю.В. Быльев, А.Н. Медведева, Р.В. Афанасьев, Ю.А. Минаев, И.Н. Лобарь //European Research. – 2015. – № 8 (9). –С. 38-40.
5. Куневич, В.А. Повышение уровня промышленной безопасности при эксплуатации объектов газораспределительных систем // Сбор. мат. молодёжной научно-практ. конф. «Рациональное природопользование и техносферная безопасность» –ДГУ: 2021.-С. 29-36.
6. Отчет о НИР (промежуточный) «Анализ опыта управления риском, идентификация опасностей и оценка критериев риска, управление риском при эксплуатации газораспределительных систем Республики Беларусь». – ГАЗ-ИНСТИТУТ, 2012
7. Поляков, В.И. Оценка риска аварий при эксплуатации трубопроводных газораспределительных систем /В. И. Поляков, С. А. Захаревич, В. М. Русь// Надежность и безопасность магистрального трубопроводного транспорта: сборник тезисов VIII международной научно-технической конференции (25-28 ноября 2014 г., г. Новополюцк) / редколлегия : В.К. Липский, и др. - Новополюцк : ПГУ, 2014. – С. 9-11
8. Сухарев, М.Г, Статистический анализ аварийности газораспределительных систем / М.Г. Сухарев, А.Г. Лапига, Э.В. Калинина // ТЕРРИТОРИЯ НЕФТЕГАЗ. – 2010. – № 4.- С. 16-19
9. Карасевич, А.М. Анализ надежности и безопасности распределительных систем газоснабжения по статистическим данным / А.М. Карасевич, М.Г. Сухарев, Э.В. Калинина, А.Г. Лапига, Ю.В Дроздов. // Обз. инф. М.: ООО «Газпром экспо», 2009. 112 с.
10. Брюханов, О. Н. Газоснабжение / О. Н. Брюханов, В. А. Жила, А. И. Плужников. - Москва: РГГУ, 2017. - 448 с.
11. Мелькумов, В. Н. Определение оптимального маршрута трассы газопровода на основе карт стоимости влияющих факторов / В. Н. Мелькумов, И. С. Кузнецов, Р. Н. Кузнецов // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. - 2009. - № 1. - С. 21-27.
12. Аралов, Е.С. Анализ статистических данных по аварийности в системах газоснабжения/ Е.С. Аралов, С.Г. Тульская, К.А. Скляр, Д.О. Бугаевский // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации . – 2019. – №1 (14).- С. 9-14

**РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО РЕАГИРОВАНИЮ НА ПРОГНОЗ ЧС
ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА НА ОСНОВЕ МОНИТОРИНГА И
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЧС НА ТЕРРИТОРИИ ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО
АВТОНОМНОГО ОКРУГА**

МАЙНИНГЕР В.А., ЕЛОХИН В.А.

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

Аннотация. За период с 29.06.2021 г. до 06.07.2021 г. (наиболее опасный период) на территории автономного округа зарегистрировано 56 пожаров, 19 дорожно-транспортных происшествий. Анализ обстановки в данном регионе позволил выполнить прогноз ЧС и разработать рекомендации по их минимизации.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, пожар, дорожно-транспортное происшествие.

**DEVELOPMENT OF RECOMMENDATIONS FOR RESPONSE TO THE FORECAST
OF MAN-CAUSED EMERGENCIES ON THE BASIS OF MONITORING AND
PREDICTION OF EMERGENCIES ON THE TERRITORY OF THE KHANTY-
MANSIYSK AUTONOMOUS REGION**

Annotation. For the period from 06/29/2021 to 07/06/2021 (the most dangerous period), 56 fires and 19 traffic accidents were registered on the territory of the Autonomous Okrug. An analysis of the situation in this region made it possible to carry out an emergency forecast and develop recommendations for minimizing them.

Keywords: emergency, fire, traffic accident.

Под мониторингом понимается система постоянного наблюдения за явлениями, процессами, происходящими в природе и техносфере, для предвидения нарастающих угроз для человека и среды его обитания. Общей целью мониторинга опасных явлений и процессов в природе и техносфере является повышение точности и достоверности прогноза чрезвычайных ситуаций на основе объединения интеллектуальных, информационных и технологических возможностей различных ведомств и организаций, занимающихся вопросами мониторинга отдельных видов опасностей. В данной статье мною были проанализированы данные об источниках выбранного вида ЧС, а именно:

За период с 29.06.2021 г. до 06.07.2021 г. на территории автономного округа зарегистрировано 56 пожаров (АППГ 55 пожаров). В результате пожаров пострадало 2 человека, материальных ценностей на сумму 45 565 000 рублей.

Основные причины пожаров: нарушение правил эксплуатации электроприборов, неисправность электронагревательных приборов, газового оборудования, несоблюдение правил пожарной безопасности при эксплуатации бытовых электроприборов.

За этот же период на территории автономного округа зарегистрировано 19 дорожно-транспортных происшествий. В результате ДТП погиб 1 человек, пострадало 25 человек в том числе 8 детей.

Основные причины происшествий: погодные условия, нарушение правил дорожного движения и скоростного режима.

Обстановка на территории автономного округа стабильная.

Техногенные пожары в зданиях и сооружениях жилого, социально-бытового и культурного назначения на территории автономного округа ожидаются на уровне и несколько выше среднегодовалых значений (*Таблица 1*).

Всего на территории округа прогнозируется возникновение 40-50 техногенных пожаров.

Таблица 1. Среднегодовое количество техногенных пожаров за неделю в июле за период 2016-2020 гг.

Районы	Количество	Городские округа	Количество
Белоярский	1	Когалым	2
Березовский	1	Лангепас	1
Кондинский	1	Мегион	1
Нефтеюганский	1	Нефтеюганск	1
Нижневартовский	2	Нижневартовск	5
Октябрьский	1	Нягань	1
Советский	2	Покачи	0
Сургутский	3	Пыть-Ях	0
Ханты-Мансийский	1	Радужный	0
		Сургут	8
		Урай	1
		Ханты-Мансийск	1
		Югорск	1

Данные мониторинга служат основой для прогнозирования. В общем случае прогнозирование – это творческий исследовательский процесс, в результате которого получают гипотетические данные о будущем состоянии какого-либо объекта, явления, процесса.

Прогнозирование чрезвычайных ситуаций – это опережающее отражение вероятности возникновения и развития чрезвычайной ситуации на основе анализа причин ее возникновения, ее источника в прошлом и настоящем.

Прогнозирование включает в себя ряд элементов. Один из них — информация об объекте прогнозирования, раскрывающая его поведение в прошлом и настоящем, а также закономерности этого поведения. В ХМАО прогноз ЧС техногенного характера за соответствующий период выглядит следующим образом:

Чрезвычайные ситуации, обусловленные дорожно-транспортными происшествиями с гибелью 5 и более человек, не прогнозируются.

Крупных ДТП на федеральных и территориальных дорогах с большим числом пострадавших не прогнозируется. На автотрассах округа прогнозируется возникновение 5-10 ДТП, наиболее опасные участки:

- федеральные автодороги: 739-741 км Р-404 Тюмень – Тобольск – Ханты-Мансийск (Нефтеюганский район);

- территориальные автодороги: 196-197 км Сургут – Нижневартовск (Нижневартовский район);

Всего на территории округа ожидается 20-30 ДТП.

Основные причины: погодные условия, нарушение ПДД и скоростного режима.

Возникновение аварий, способных достигнуть масштабов ЧС локального уровня и выше на энергосистемах и объектах ЖКХ, не прогнозируется.

Возникновение аварий, способных достигнуть масштабов ЧС локального уровня и выше на потенциально опасных объектах, не прогнозируется.

Возникновение аварий на авиа и ж/д транспорте, способных достигнуть масштабов ЧС локального уровня и выше, не прогнозируется.

Таким образом, после изучения обстановки в данном регионе рекомендуются следующие мероприятия:

- обеспечить контроль пожарной безопасности на объектах с массовым пребыванием людей;

- обеспечить проведение профилактических рейдов по предупреждению пожаров, гибели и травматизма людей в местах проживания лиц, ведущих антисоциальный образ жизни и неблагополучных семей, с распространением агитационных материалов.

- собственникам индивидуальных жилых объектов проверить электроустановки и проводку на предмет износа. Провести техническое обслуживание;

- председателям СНТ обеспечить контроль за территориями на предмет возникновения пожаров в период роста нагрузки на электросети;

- организовать информационное освещение проводимых мероприятий, информирование населения о мерах пожарной безопасности, в т. ч. при эксплуатации печного отопления;

- обеспечить проведение профилактических рейдов, бесед с дачниками на предмет предупреждения пожаров в садовых товариществах, индивидуальных дачных участках с распространением тематических материалов по основным правилам пожарной безопасности;

- держать на постоянном контроле обеспечение пожарной безопасности в лесах и парковых зонах, не допускать бесконтрольных палов травы;

- через все доступные каналы оповещения регулярно проводить агитационную и разъяснительную работу среди населения по соблюдению мер пожарной безопасности в лесах.

- обеспечить усиленный контроль пожарной безопасности на территориях с введенным особым противопожарным режимом. Отслеживать возникновение и распространение лесных пожаров вблизи населенных пунктов;

- при возникновении неблагоприятных и опасных метеорологических явлений, влияющих на безопасность дорожного движения, обеспечить усиленное несение службы патрульными экипажами ДПС в т.ч. на стационарных постах;

- реализовать меры по предупреждению аварийных ситуаций на участках автомобильных дорог (наиболее подверженных возникновению ДТП);

- организовать взаимодействие с центрами медицины катастроф для своевременного реагирования на возможные ДТП.

- в случае необходимости организовать места размещения водителей и пассажиров маршрутов дальнего следования (межрайонных, межобластных и пр.);

- осуществить контроль технического состояния транспорта, используемого для перевозки людей и опасных грузов (АХОВ, нефтепродуктов), предрейсовой подготовки водителей.

- рекомендовать ограничить, без особой необходимости, выезд на автотранспорте (при поступлении прогноза об опасных явлениях погоды (ОЯ) или получении штормовых предупреждений).

- информировать и пропагандировать о необходимости соблюдения безопасной дистанции и бокового интервала при управлении автомобилем, не допущения резких ускорений, торможений и перестроений.

- обеспечить контроль готовности спасательных служб к реагированию на ДТП.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Официальный сайт МЧС России Главное управление по Ханты-Мансийскому автономному округу – Режим доступа: <https://86.mchs.gov.ru/>.
2. С.В. Горбунов, С.Н. Грязнов, А.В. Ильков, В.П. Малышев, М.В. Пучков. Организация мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций// Журнал Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. – 2015. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/organizatsiya-monitoringa-i-prognozirovaniya-chrezvychaynyh-situatsiy>. Дата обращения 24.03.2022.
3. С.В. Горбунов, Ю.Д. Макиев, В.П. Малышев. Мониторинг и прогнозирование чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера// Журнал Технологии гражданской безопасности – 2012. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/monitoring-i-prognozirovanie-chrezvychaynyh-situatsiy-prirodnogo-i-tehnogennogo-haraktera>. Дата обращения 24.03.2022.

УДК 331.4

ВЫБОР СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ДЛЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ ПРИ РАБОТЕ НА ВЫСОТЕ

ПУРИКОВ Д.Е., ЕЛОХИН В.А.

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

Аннотация: в статье описаны основные средства индивидуальной защиты для пользователя при работе на высоте, повышающие безопасность при их выполнении, а так же представлены основные критерии этих средств.

Ключевые слова: средства индивидуальной защиты, безопасность, работник, высота.

SELECTION OF PERSONAL PROTECTION EQUIPMENT FOR THE USER WHEN WORKING AT HEIGHTS

Annotation. the article describes the basic personal protective equipment for the user when working at height, which increase safety during their implementation, as well as the main criteria for these means.

Key words: personal protective equipment, safety, worker, height.

Работа на высоте, являясь опасным производственным фактором, всегда рискованна, и для того чтобы свести эти риски к минимуму, нужно соблюдать требования охраны труда и соблюдать меры безопасности, в частности, используя необходимые средства индивидуальной защиты.

Согласно приказу №782н от 16.11.2020 г. «Об утверждении правил по охране труда при работе на высоте», действующим с 1 января 2021 года, к работам на высоте относятся следующие работы, при которых:

а) существуют риски, связанные с возможным падением работника с высоты 1,8 м и более, в том числе:

– при осуществлении работником подъема на высоту более 5 м, или спуска с высоты более 5 м по лестнице, угол наклона которой к горизонтальной поверхности составляет более 75°;

– при проведении работ на площадках на расстоянии ближе 2 м от неогражденных перепадов по высоте более 1,8 м, а также, если высота защитного ограждения площадок менее 1,1 м;

б) существуют риски, связанные с возможным падением работника с высоты менее 1,8 м, если работа проводится над машинами или механизмами, поверхностью жидкости или сыпучих мелкодисперсных материалов, выступающими предметами.

Действующие правила охраны труда требуют, чтобы у всех работников, в том числе работающих на высоте, имелись средства индивидуальной защиты (далее СИЗ). Каждый работодатель в соответствии со статьей 221 ТК РФ должен бесплатно обеспечивать работников необходимым комплектом СИЗ. В случае допуска к работе без СИЗ, либо с таковыми, но без сертификатов соответствия (согласно ТР ТС 019/2011), либо с истекшим сроком годности, на организацию накладываются штрафы в размере до 150000 рублей.

Системы обеспечения безопасности работ на высоте делятся на следующие виды: удерживающие системы, системы позиционирования, страховочные системы, системы спасения и эвакуации.

Данные системы должны соответствовать существующим условиям на рабочих местах, характеру и виду выполняемой работы, учитывать эргономические требования и состояние здоровья работника. С помощью системы регулирования и фиксирования, а также подбором размерного ряда соответствовать росту и размерам работника.

Существующие системы обеспечения безопасности работ на высоте, как правило, состоят из трёх компонентов:

- а) анкерного устройства;
- б) привязи (страховочной, для удержания, для позиционирования, для работ в положении сидя, спасательной);
- в) соединительной подсистемы (строп, канат, карабин, амортизатор или устройство функционально его заменяющее, средство защиты втягивающего типа, средство защиты от падения ползункового типа на гибкой или на жесткой анкерной линии, устройство для позиционирования на канатах).

Анкерные устройства – это специальные средства, устанавливаемые на или в опору и используемые для присоединения к опоре средств индивидуальной защиты от падения с высоты. К их числу относятся анкерные стропы, обхватывающие опору, структурные анкеры, устанавливаемые внутрь опоры, а также множество других специализированных средств, обеспечивающих надежное присоединение к опоре.

Все анкерные устройства можно разделить на временные и постоянные. Временные устанавливаются на опору только на время проведения работ, и снимаются с нее сразу же после завершения. Постоянные устанавливаются на опору на длительное время для периодического проведения работ.

Выбор анкерных устройств зависит от типа выполняемых работ, факторов падения, допустимости или недопустимости перемещения работника в процессе работы, а так же направления перемещений.



Рисунок 1 – Анкерные устройства

Привязи представляют собой систему состоящую из ремней и элементов крепления, исключающую возможность падения работника.

Существует несколько типов привязей:

- Страховочная;
- Привязь для положения сидя;
- Привязь для удержания и позиционирования.

Страховочная привязь предназначена для удержания тела работника во время падения и после остановки падения. Должна применяться во всех без исключения случаях, когда возможно падение работника.

Привязь для положения сидя необходима при выполнении работ методом канатного доступа. Точка крепления, расположенная в районе живота, и лямки, охватывающие пояс и каждую ногу, позволяют работнику сохранять положение сидя, находясь в состоянии подвеса. В случае выполнения работ длительностью более 30 минут при системе канатного доступа привязь должна компоноваться рабочим сиденьем.

Следует заметить, что перечисленные выше привязи не являются взаимоисключающими. Именно этот факт даёт возможность производителям СИЗ создавать изделия, которые могут одновременно сочетать в себе несколько качеств. Стоимость различных привязей колеблется в пределах от 2 тысяч рублей за самые простые системы до 70 и более тысяч рублей, за страховочные системы, сочетающие в себе несколько привязей. Обязательным фактором, вне зависимости от цены привязи, является соответствие выдвигаемым требованиям по выдерживаемой нагрузке на разрыв, температурному режиму и сроку годности. Разница между одинаковыми по типу привязями различных ценовых категорий заключается в непосредственном удобстве и комфорте для работника, в виде скорости одевания и снятия системы, количества регулировок, наличия мягкие демпфирующих подушек и так далее.



Рисунок 2 – Страховочные привязи



Рисунок 3 – Привязи для положения сидя



Рисунок 4 – Привязи для удержания и позиционирования

Так же следует заметить, что согласно пункту 132 «Правил по охране труда при работе на высоте» запрещается использование безлямочных предохранительных поясов ввиду риска травмирования или смерти вследствие ударного воздействия на позвоночник работника при остановке падения, выпадения работника из предохранительного пояса или невозможности длительного статичного пребывания работника в предохранительном поясе в состоянии зависания. Это обуславливается тем, что при срыве возникает большая динамическая нагрузка на позвоночник, приводящая к сильнейшим ударным нагрузкам, способным привести к смерти, а так же возникает риск паралича нижних конечностей.

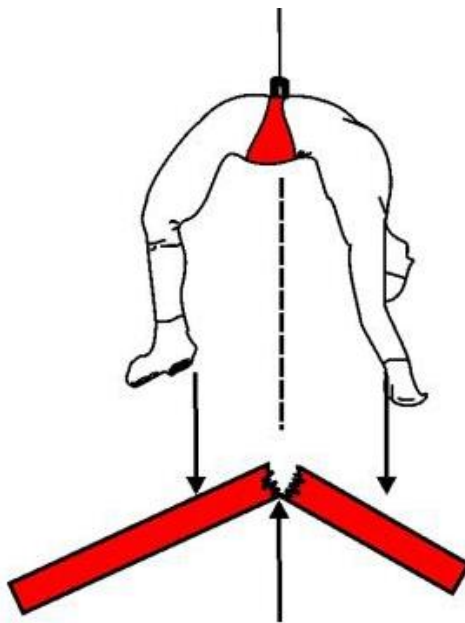


Рисунок 5 – Неприемлемая нагрузка на позвоночник

Соединительно-амортизирующая подсистема – все, что соединяет привязь работника с анкерными устройствами. Соединительная подсистема может быть представлена большим ассортиментом различных средств.

В самом простом случае работник присоединяется к опоре или к анкерному устройству при помощи стропа. Существует несколько различных видов стропов.

Страховочные стропы предназначены для остановки возможного падения и должны быть оснащены амортизатором рывка – элементом, поглощающим энергию падения для снижения силы рывка до безопасной величины

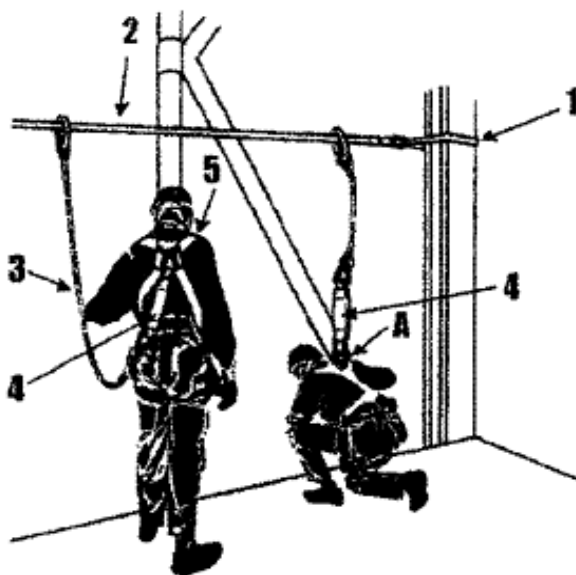
Удерживающие стропы ограничивают передвижение работника определенным радиусом для предотвращения возможного падения.

Строп для позиционирования – строп, присоединяемый к поясному ремню, предназначенный для обхвата конструкции и фиксации работника в позиции удобной для выполнения работ.

Выбор соединительно-амортизирующей подсистемы зависит от типа привязи, допустимости риска срыва работника, допустимости или недопустимости его перемещения и так далее.

Подсоединение соединительно-амортизирующей подсистемы к работнику осуществляется за элемент привязи, имеющий маркировку А.

Подсоединение к точке, расположенной на спине и помеченной на схеме буквой А, является предпочтительным, поскольку исключает возможность случайного ее отсоединения (отстегивания) самим работником и не создает помех при выполнении работ.



1 – структурный анкер на каждом конце анкерной линии; 2 – анкерная линия из гибкого каната или троса между структурными анкерами, к которым можно крепить средство индивидуальной защиты; 3 – строп; 4 – амортизатор; 5 – страховочная привязь как компонент страховочной системы для обхвата тела человека с целью предотвращения от падения с высоты, который может включать соединительные стропы, пряжки и элементы, закрепленные соответствующим образом, для поддержки всего тела человека и для удержания тела во время падения и после него.

Рисунок 6 – Соединительно-амортизирующая подсистема

На данный момент, выбор СИЗ обширен, что позволяет обеспечить работников самыми различными по своей конфигурации системами для безопасного проведения высотных работ. Наиболее распространенными производителями СИЗ для осуществления высотных работ на российском рынке являются такие фирмы как VENTO, CAMP, Safe-Тес, Honeywell, ЯЭМЗ, PETZL, ЗМ, HIGH SAFETY, Tractel, MSA. Но независимо от этого, проблема охраны труда стоит достаточно остро: согласно данным РОССТАТ по состоянию на 2021 год наибольший процент смертности среди рабочих – выпадает на выполнение высотных работ. И основные причины этого – несоблюдение мер безопасности рабочими, и отсутствие необходимого количества и качества средств индивидуальной защиты.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации №782н от 16 ноября 2020 г. «Об утверждении Правил по охране труда при работе на высоте»;
2. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации №290н от 1 июня 2009 г. (с изменениями на 12 января 2015 года) «Об утверждении Межотраслевых правил обеспечения работников специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты»;
3. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 019/2011 от 9 декабря 2011 г. (с изменениями на 28 мая 2019 года);
4. Трудовой кодекс Российской Федерации (с изменениями на 25 февраля 2022 года) (редакция, действующая с 1 марта 2022 года);
5. Интернет-магазин производителя спецодежды Vento. Электронный источник. Режим доступа: <https://vento.ru/>;
6. Интернет-магазин производителя спецодежды Honeywell. Электронный источник. Режим доступа: <https://www.honeywell.ru/>;
7. Интернет-магазин спецодежды «Восток-сервис». Электронный источник. Режим доступа: <https://vostok.ru/>;
8. Интернет-магазин спецодежды «ТЕХНОАВИА». Электронный источник. Режим доступа: <https://technoavia.ru/>.

ИЗУЧЕННОСТЬ ПРИРОДЫ ВЗРЫВОВ СУЛЬФИДНОЙ ПЫЛИ

ТЕТЕРЕВ Н.А., МАЙНИНГЕР В.А., ФЕДУЛОВА А.М., ДЕМИНА Т.В.

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

Ключевые слова: пылевые взрывы; сульфидная пыль; взрывчатость колчеданной пыли, химический анализ, содержание серы в руде, концентрация пыли.

Аннотация: Приводятся результаты лабораторных исследований влияния физико-химических свойств сульфидной пыли на ее взрывчатость. Эксперименты проводились в пылевзрывной камере. Показано, что при разработке медно-колчеданных месторождений сульфидная пыль, взвешенная в воздухе, способна взрываться при воздействии на нее взрывных газов. Взрыв пыли обусловлен окислением сульфидов кислородом воздуха. Во взрывных газах образуется диоксид серы с содержанием до 1 %.

STUDY OF THE NATURE OF SULFIDE DUST EXPLOSIONS

Abstract: The results of laboratory studies of the influence of the physicochemical properties of sulfide dust on its explosiveness are presented. The experiments were carried out in a dust explosion chamber. It is shown that in the development of copper-pyrite deposits, sulfide dust suspended in air can explode when exposed to explosive gases. Dust explosion due to the oxidation of sulfides by atmospheric oxygen. Explosive gases form sulfur dioxide with a content of up to 1 %.

Key words: Dust explosions; sulfide dust; explosive pyrite dust, chemical analysis, sulfur content in ore, dust concentration.

В отличие от взрывов метана и угольной пыли вопросы, связанные с природой взрывов сульфидной пыли, изучены в недостаточной степени [1]. Имеется очень незначительное количество исследований, проведенных в этом направлении, и еще меньшее количество работ, опубликованных в печати.

За рубежом первые исследования взрывчатых свойств сульфидной пыли были проведены в «Горном бюро» США в 1926 году [2]. Толчком к проведению исследований послужил взрыв пыли на шахте «Unitedverde», повлекший за собой человеческие жертвы и большие разрушения.

Взрыв произошел при проходке восстающего по массивному колчедану с содержанием серы 45 %. На участке взрыва были отобраны пробы руды. После проведения

химического и минералогического анализа пробы подвергали испытаниям на взрывчатость в опытной штольне [3,4].

Штольня (Питсбургская галерея) представляла из себя стальную трубу диаметром 190 см и длиной 30 м. На одном конце штольни находилась мортира, в которую помещался заряд ВВ. Колчеданная пыль размещалась на полках, прикрепленных вдоль штольни, а в некоторых опытах непосредственно в устье мортиры. Источником воспламенения служили заряды различных взрывчатых веществ.

В результате проведенных экспериментов было установлено, что колчеданная пыль, содержащая большое количество серы, является весьма взрывоопасной. Для воспламенения пыли оказалось достаточным 75 г заряда динамита и 100 г аммонита. Взрывы пыли сопровождались резким повышением температуры и давления в штольне. Содержание сернистого газа в пробах воздуха, отобранных сразу после взрыва, достигало 2,46 %.

В 1924 году некоторые исследования в области взрывов сульфидной пыли были проведены горной кафедрой Урало-Казахстанской пром-академии [5]. Был изучен химический и дисперсный состав пыли, взятой в забоях Калатинского и Белореченского рудников. На этих же рудниках произведено два экспериментальных взрыва с целью выявления возможности воспламенения пыли при взрывных работах.

Первый опыт был произведен в полевой выработке сечением 4 м². В забой были доставлены куски колчедана, в которых пробурили три шпура и зарядили их динамитом. 60 кг пыли было раскидано по бокам выработки на участке длиной 8 м. Аналогичным был второй эксперимент с той лишь разницей, что взрывание производилось в колчеданном забое. В обоих случаях были зафиксированы взрывы пыли с выделением сернистого газа до 0,48 %.

В 1935 году институтом УНИХИМ [6] была проведена работа по изучению взрывчатых свойств пиритных хвостов. Производился следующий опыт. Пыль с содержанием серы 36-39 % подавалась в распыленном состоянии в вертикальную трубчатую печь. Температура печи при этом изменялась в больших пределах. Было установлено, что при достижении температуры 350 °С начиналось слабое выделение SO₂ без пламени и искрения. При 400 °С начиналось искрообразование на стенках трубки и, наконец, при 500 °С в печи наблюдалось сплошное пламя.

Параллельно изучение взрывчатых свойств пыли производилось в кварцевой колбе. Источником зажигания служила здесь платиновая спираль. Взрыв пыли фиксировался визуально по наличию в колбе пламени. В ходе исследований было получены

минимальные взрывоопасные концентрации пыли (по данным экспериментов 0,1-0,2 г на 1 л).

Значительная работа по изучению природы взрывов сульфидной пыли была проведена в 1959-60 г институтом ЦНИГР. Целью исследований являлось создание предохранительных ВВ для шахт, опасных по сульфидной пыли. Исследования проводилось в пылевзрывной камере емкостью 2,5 л. Нагрев камеры осуществлялся посредством нихромовой спирали, замурованной в стенки камеры. Вспышка пыли фиксировалась фотоэлементом ЦГ-3 с передачей сигнала на осциллограф. В камере определялась минимальная температура вспышки различных сульфидных минералов, а также колчеданной руды, взятой на одном из участков Дегтярского рудника.

Была найдена зависимость минимальной температуры вспышки Дегтярской пыли от влажности и дисперсности. С увеличением влажности пыли от 0,15 % до 3 % температура вспышки повысилась с 380⁰ до 480⁰. При увеличении крупности пыли с 50 мк до 300 мк температура вспышки повысилась с 380⁰ до 470⁰.

Для изучения воспламеняемости пыли от взрывного импульса были произведены эксперименты в опытном штреке. Взрывание ВВ производилось в стальной mortarе. Пыль взвешивалась в воздух посредством распылительной mortarы. Количество пыли бралось из расчета создания концентрации 500-600 г/м³. При испытании использовалась пыль Дегтярского рудника. В штреке были определены предельные заряды для различных типов ВВ.

В 1960...80 г.г институтом «Унипромедь» и Свердловским горным институтом проводились исследования взрывов сульфидной пыли в результате которых разработаны:

- Временная инструкция по борьбе со взрывами сульфидной пыли на колчеданных рудниках (1963г).
- Инструкция по предупреждению взрывов сульфидной пыли на подземных рудниках, разрабатывающих пиритосодержащие колчеданные руды (1983г).

Этими документами были установлены:

1. Признаки сопровождающие взрыв сульфидной пыли:
 - значительное до 1 % содержания сернистого газа после взрывных работ;
 - следы распространения пламени по выработке до 25 м и при проходке и дроблении негабаритов и до 100 м при скважинной отбойке;
 - Повреждение крепи и забойного оборудования, являющиеся следствием добавочного избыточного давления на фронте образующейся ударной воздушной волны.
2. Минимальная взрывоопасная концентрация пыли, составляющая 80 г/м³.
3. Нижний взрывоопасный предел содержания серы в руде 35 %.

4. Температура вспышки пыли до 1000-1200 °С в зоне взрыва.

Этими же документами разработан ряд мероприятий по предупреждению взрывов сульфидной пыли, основными из которых являются орошение забоя перед производством взрывных работ и применение гидропаст в качестве забоечного материала.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ермолаев А.И., Тетерев Н.А. Анализ исследований в области пылевых взрывов и их предупреждения на подземных рудниках//Известия вузов. Горный журнал.-2015.-№8-с.75-80.

2. Тетерев Н.А., Ермолаев А.И., Бурмистренко В.А., Мицевич В.В, Исследование взрывоопасности колчеданных руд Сибайского месторождения IV Международная научно-техническая конференция "инновационные геотехнологии при разработке рудных и нерудных месторождений".с.68-71 Екатеринбург, 21-22 апреля 2015 г.

3.Gardner E.D., Stein E. Explusibilityof Sulphide Dusts at The Metall Mines, Report the Mining bureau USA 1926.

4. Бенуни А.Х. Подземные пожары на колчеданных рудниках и борьба с ними. ГИТИ, 1932

5. Бенуни А.Х. Подземные пожары на колчеданных рудниках и борьба с ними. ОНТИ-НКТП, 1936.

6. Бахаревич Н.С., Романов А.И. Чувствительность сульфидной пыли к термическому и взрывному импульсу. Взрывное дело. Сборник 49/6, 1962.

СПОСОБЫ КОНДЕНСАЦИОННОГО УКРУПНЕНИЯ И ОСАЖДЕНИЯ МЕЛКОДИСПЕРСНОЙ ПЫЛИ

ТЕТЕРЕВ Н.А., МАЙНИНГЕР В.А., ФЕДУЛОВА А.М., ГРЕБЕНКИН С.М.

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

Аннотация: В статье показан эффективный способ очистки воздуха для подземного рудника – это конденсационное укрупнение пыли с помощью системы туманообразователя. Эффект данного метода заключается в увлажнении и охлаждении рудничного воздуха. Распыленные тонкодисперсные капли воды притягивают к себе частицы пыли.

Ключевые слова: туманообразование, мелкодисперсная пыль, системы пылеподавления, осаждение пыли в шахтных выработках.

METHODS OF CONDENSATION GROWTH AND DEPOSITION OF FINE DUST

Abstract: The article shows an effective method of air purification for an underground mine - this is condensation dust enlargement using a fogging system. The effect of this method is to moisten and cool mine air. Sprayed fine drops of water attract dust particles to themselves.

Key words: fogging, fine dust, dust suppression systems, dust deposition in mine workings.

Сдувание и осаждение пыли в шахтных выработках. В шахтах по мере удаления от источников пылевыведения незначительно уменьшается запыленность воздуха. Это явление объясняется осаждением частиц пыли на бока, кровлю и почву выработок. Наблюдениями установлено, что пыль осаждается на поверхности выработок при малых скоростях вентиляционной струи. В рудных шахтах накопление пыли в вентиляционных выработках происходит при скорости движения воздуха до 5 м/с.

Осаждение мелкодисперсных пылевых частиц в вентиляционном потоке возможно под влиянием гравитационных сил, турбулентно-диффузионных процессов и инерционных сил. Теоретические и экспериментальные исследования показывают, что в турбулентном потоке на достаточном удалении от стенок мелкодисперсная пыль полностью увлекается пульсациями воздушного потока. Силы гравитации на перемещение мелкодисперсных частиц влияния почти не оказывают. Подсчитано, что в горизонтальной выработке при

скорости вентиляционной струи более 0,5 м/с осаждение пыли с размерами частиц менее 10 мкм под действием гравитации практически исключено.

Частицы, взвешенные в неподвижной атмосфере, медленно оседают под действием силы тяжести; в закрытом сосуде они осаждаются в конечном счете на дно, если же они достаточно малы, то вследствие диффузии часть их будет осаждаться на стенках. Если коагуляция не имеет места, то градиент концентрации частиц в моно- или полидисперсном аэрозоле и скорость их оседания могут быть легко вычислены как для неподвижного, так и для перемешиваемого аэрозоля. Если же частицы подвергаются действию сил инерции, возникающих в потоке воздуха при изменении его направлении, либо испытывают действие термических или электрических сил, то картина становится более сложной. В некоторых случаях эти силы могут быть настолько велики, что по сравнению с вызванным ими движением гравитационным оседанием и диффузией можно пренебречь.

При полном перемешивании вихревыми потоками частицы, перемещаясь поперек потока, достигают пристенного слоя и при определенных условиях могут переходить в этот слой. В непосредственной близости от стенок имеется ламинарный подслой толщиной α_L . Относительно механизма диффузии внутри ламинарного подслоя существуют две точки зрения: одна из них принадлежит Прандтлю и Тейлору, вторая – Ландау и Левичу.

Согласно первой точки зрения внутри ламинарного подслоя передача вещества происходит исключительно за счет молекулярной диффузии. По Ландау и Левичу, турбулентные пульсации проникают в ламинарный подслой, затухая лишь у самой стенки. Коэффициент турбулентной диффузии вблизи стенки резко уменьшается. На расстоянии от стенки, равной α_L , его значение становится равным значению коэффициента молекулярной диффузии.

Фукс Н.А., произведя соответствующие расчеты, нашел, что по гипотезе Прандтля и Тейлора скорость диффузионного осаждения пропорциональна коэффициенту броуновской диффузии в первой степени, по Ландау и Левичу – в степени 0,75. Это означает, что с уменьшением размеров частиц, эффективность осаждения должна возрастать, так как коэффициент диффузии мелких частиц выше, чем крупных.

Экспериментальные данные по осаждению частиц на стенках трубы свидетельствуют как раз об обратном, т.е. в действительности эффективность осаждения крупных частиц выше, чем мелких.

Аналогичные явления наблюдаются и в шахтных выработках. Дисперсный анализ взвешенной пыли показывает, что в первую очередь осаждаются более крупные частицы, а субмикроскопические частицы остаются во взвешенном состоянии значительно дольше.

Следовательно, диффузионное осаждение частиц, в пределах ламинарного пограничного слоя не может быть преобладающим.

Инерционное осаждение частиц в шахтных выработках может быть двух видов: 1- осаждение на препятствиях при обтекании их потоком воздуха

2- осаждение под действием пульсации турбулентного потока.

При встрече с препятствием линии тока начинают изгибаться (рисунок 1.). Частицы же вследствие инерции стремятся сохранить первоначальное направление движения и попадают в препятствие. Установлено, что, если число Стокса меньше некоторого критического значения, равного примерно 0,1 осаждения частиц на препятствия не происходит.

В горных выработках размеры выступов шероховатостей колеблются от 0,05 до 0,3 м. При применении гидрообеспыливания основное количество дисперсных частиц имеет размеры менее 10 мКм. Скорость воздушного потока в очистных выработках не превышает 4 м/с. Соответствующие расчеты показывают, что первый вид инерционного осаждения не может оказать решающего влияния на процесс выпадения частиц из шахтных вентиляционных потоков.

Сдувание пыли происходит при изменении режимов проветривания, когда увеличиваем скорости движения воздуха до некоторого критического значения под динамическим воздействием потока начинается унос пыли со стенок выработки. Кроме того, относительно крупные частицы пыли, выпавшие ранее, могут разрушаться под действием физико-химических и механических факторов и затем повторно поступать в воздух, образуя аэрозоль.

Большое влияние на взмучивание пыли потоком воздуха оказывает изменение сечение выработки в период технологического процесса. Так, например, в аккумуляющих выработках масса руды, поступающая из рудовыпускной воронки, уменьшает сечение выработки, создавая повышенную скорость в узком сечении и способствуя срыву ее с поверхности отбитой руды. В откаточных выработках при движении груженых вагонеток навстречу вентиляционному потоку относительная скорость воздушной струи возрастает, что также приводит к срыву пыли с поверхности транспортируемого полезного ископаемого.

Избежать загрязнения воздушного потока повторно сдуваемой пылью можно путем создания таких вентиляционных режимов, при которых аэродинамические силы, действующие на осевшие ранее пылинки, были бы меньше молекулярных сил притяжения, удерживающих их. Однако, этот вопрос недостаточно изучен.

В.Н. Воронин, Л.Д. Воронина и А.Д. Багриновский рекомендуют такие режимы проветривания выработок, при которых скорость движения воздушной струи около сильно запыленных поверхностей не превышала бы 0,3 м/с. Эту скорость они считают критической скоростью срыва пыли. Лабораторные эксперименты, выполненные авторами в конической трубе прямоугольного сечения, показали, что срыв кварцевой пыли наступает при скорости 4,5–4,8 м/с. Критические скорости срыва мелкодисперсной пыли по результатам экспериментальных исследований разных авторов составляют от 2 до 12 м/с. Таким образом, в настоящее время нет единого мнения о величине критической скорости, при которой наступает срыв пыли в горных выработках.

При расчете и организации противопылевых вентиляционных режимов, необходимо значить не только критическую скорость, при которой происходит срыв пыли, но и величину уноса ее с запыленной поверхности в зависимости от скорости вентиляционной струи. Этот вопрос изучался В.Н. Ворониным, Л.Д. Ворониной и А.Д. Багриновским. В основу их теоретических выводов положена гипотеза о том, что количество пыли, сдуваемой с единицы площади запыленной поверхности, находится в линейной зависимости от разности скорости воздушного потока и критической скорости, при которой начинается срыв пылевых частиц. Однако, экспериментальные работы, выполненные другими исследователями этого не подтвердили. Зависимость величины уноса пыли с запыленной поверхности от скорости воздушного потока описывается уравнение вида:

$$\Phi = a \cdot (V - V_k)^b \quad (2.1)$$

Где Φ – величина уноса пыли чистым потоком воздуха, мг/(с·м²);

V – скорость движения воздуха, м/с;

V_k – критическая скорость, м/с;

a и b – экспериментальные постоянные. Значение b по результатам исследований разных авторов колеблется в пределах от 1,7 до 3 [10, с.33,47].

Анализируя механизм осаждения частиц пыли с диаметром более 0,1 мк из турбулентного потока воздуха в трубе, Оуэн пришел к выводу, что перемещение частиц в большей части потока может быть описано на основе теории турбулентной диффузии. Последний же этап приближения частиц к стенке состоит в «свободном полете» частиц под действием турбулентных импульсов, длина которых не зависит ни от размера, ни от скорости частицы. Сравнение с опытами Доуэсаи Слекапоказало, что теория Оуэна дает приемлемые значения скорости осаждения: впрочем, возможно, что согласие было случайным, и в действительности расстояние свободного полета все же изменяется (подобно инерционному пробегу) с изменением размера и скорости частиц [11 с.187].

Чем больше турбулентность, тем сильнее происходит оседание пыли в результате столкновения их о стенки.

Пылеподавление орошение водой. В рудных шахтах вода широко применяется как средство предупреждения пылеобразования. Вода применяется для смачивания отбитой горной массы, а также для пылеподавления с помощью орошения.

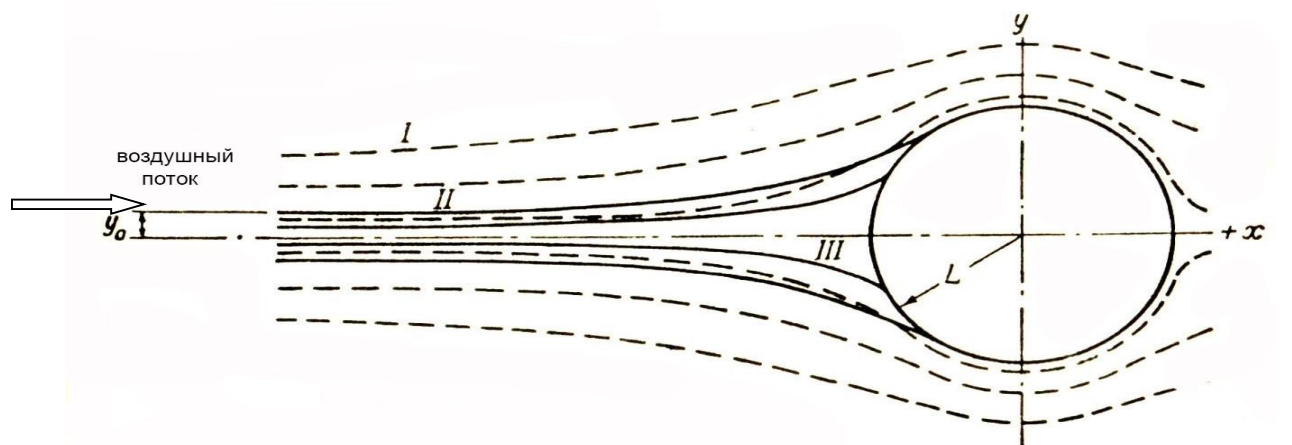
Несмотря на длительный период применения гидрообеспыливания в горной промышленности до сегодняшнего дня еще отсутствуют точные зависимости, позволяющие определить степень очистки запыленного воздуха. При орошении водой эффективность пылеподавления водяными завесами в каждом конкретном случае определяется опытным путем.

Отсутствие указанных зависимостей не позволяет точно рассчитать эффективность применяемых оросителей и создать новые, с высокой степенью пылеулавливания.

Принцип подавления пыли водяными аэрозолями состоит в том, что капли воды, сталкиваясь с витающими частицами пыли, захватывают их и оседают под действием силы тяжести, т.е. в данном случае имеет место инерционный захват пыли неравномерно движущимися препятствиями (каплями) [12 с.194].

Капля представляет собой препятствие в виде сферы размером 100 мкм и больше, а пыль от 1 до 10 мкм. Вода подается под давлением 6 атм. из центрального квершлага. В данном случае система не является эффективной из-за крупных капель воды.

Осаждение в условиях турбулентности происходит при высоких скоростях течения, но в этом случае возможен срыв частиц с предмета воздушным потоком.



– линия тока, II – траектория касающейся частицы; III– траектория оседающей частицы

Рисунок 1 – Линии тока воздуха и траектории частиц при обтекании сферического препятствия

Для крупных частиц заметную роль может играть оседание, а броуновская диффузия становится важной лишь для мелких частиц.

Коэффициент захвата E может быть определен как отношение числа частиц, соударяющихся с препятствием, к числу частиц, которые соударялись бы, если линии тока не отклонялись бы препятствием. Рисунок 1. показывает действительные траектории частиц в случае сферического препятствия. Если частицы равномерно распределены в воздухе, а радиус частиц пренебрежимо мал по сравнению с радиусом сферы, то $E=y_0/L$ (где y_0 — расстояние от центральной линии, оси x , до крайней линии тока, двигаясь по которой частицы еще захватываются сферой; L – радиус сферы).

Для эффективности захвата важны три фактора:

- 1) распределение скоростей течения среды вблизи препятствия;
- 2) траектория частицы, зависящая от ее массы, сопротивления среды её движению, размера и формы препятствия и скорости воздушного потока;
- 3) прилипаемость частиц к препятствию.

Поле течения около препятствия меняется с изменением числа Рейнольдса Re , соответствующего течению воздуха относительно препятствия. При больших Re искривление линий тока становится заметным лишь вблизи препятствия и, за исключением узкого граничного слоя, поле течения близко к полю течения идеальной жидкости (рисунок 1). Когда же Re мало, течение определяется, вязкостью и влияние вызванного препятствием искривления линий тока наблюдается на сравнительно больших расстояниях от препятствия. Резкое искривление линий тока перед самым препятствием при больших Re приводит к усилению влияния инерции частиц, тогда как постепенное искривление линий тока при малых Re уменьшает вероятность соударения частиц с препятствием.

Если скорость воздуха и размер частицы достаточно малы, то движение введенной в воздушный поток частицы будет подчиняться стоксовскому закону сопротивления. В противном случае сила, действующая на сферическую частицу, может быть определена по данным о коэффициенте лобового сопротивления. В любой момент времени действующая на частицу ускоряющая сила равна силе сопротивления среды, соответствующей разнице в скоростях движения частицы и среды [11, с.181-183].

Конденсационное укрупнение и осаждение пыли с помощью систем туманообразования. Конденсационный метод укрупнения пыли заключается в предварительном увлажнении воздуха в горной выработке перед очагом пылеобразования, где за счет конденсации водяных паров на частичках пыли происходит снижение

запыленности воздуха. Опыты показали, что увлажнение воздуха до 80% снижает его запыленность на рабочем месте машиниста [7с.61].

Снижение температуры воздуха при полном его насыщении влагой ведет к ее конденсации на пыли. Это явление представляет большой теоретический и практический интерес, потому что это связано с укрупнением пылинок, которые являются объектом конденсации. Образуется точка росы.

Точка росы – это температура охлаждения окружающего воздуха, при которой водяной пар, который в нём содержится, начинает конденсироваться, образуя росу, то есть это температура выпадения конденсата. Данный показатель зависит от двух факторов: температуры воздуха и его относительной влажности. Точка росы газа тем выше, чем выше его относительная влажность, то есть она приближается к фактической температуре окружающего воздуха. И наоборот, чем ниже влажность, тем ниже точка росы (таблица 1).

Это явление можно использовать для повышения эффективности очистки воздуха. Снижение температуры воздуха происходит вследствие уменьшения его давления и плотности. Снижение температуры насыщенного воздуха приводит к перенасыщению и конденсации влаги. Что в свою очередь приводит к укрупнению частиц влаги и осаждению на них микрочастиц пыли [2,с. 203].

Температурное осаждение является результатом действия радиометрических сил в поле температурного градиента, вынуждающих частицы двигаться от теплого источника к холодному. На этом принципе основаны несколько типов пробоотборных устройств [1, с.175].

Пылеподавление с помощью системы туманообразования снижает уровень ПДК пыли и сохраняет здоровье персонала предприятия. Частицы, диаметром менее 10 микрон, оседают на взвешенные в воздухе частицы пыли, увеличивают их вес и таким образом оседают на почву (рисунки 2-3).

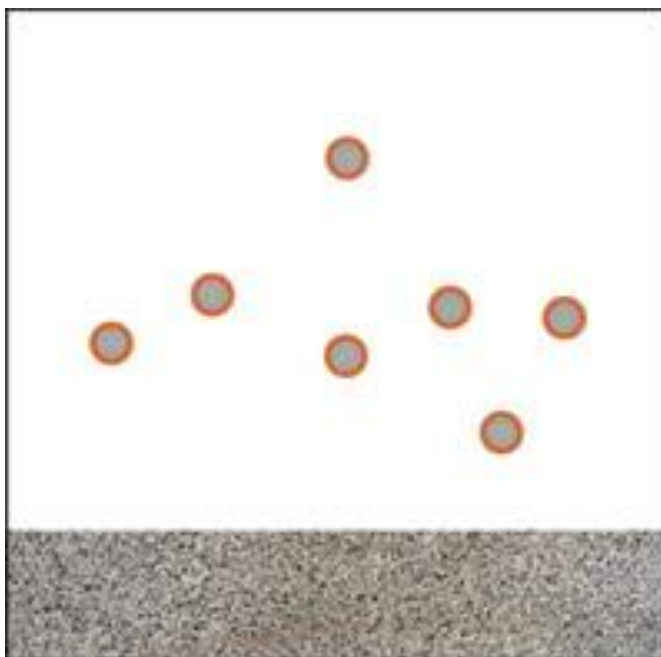


Рисунок 2 – Пыль, возникающая во время технологических процессов, свободно летает в воздухе

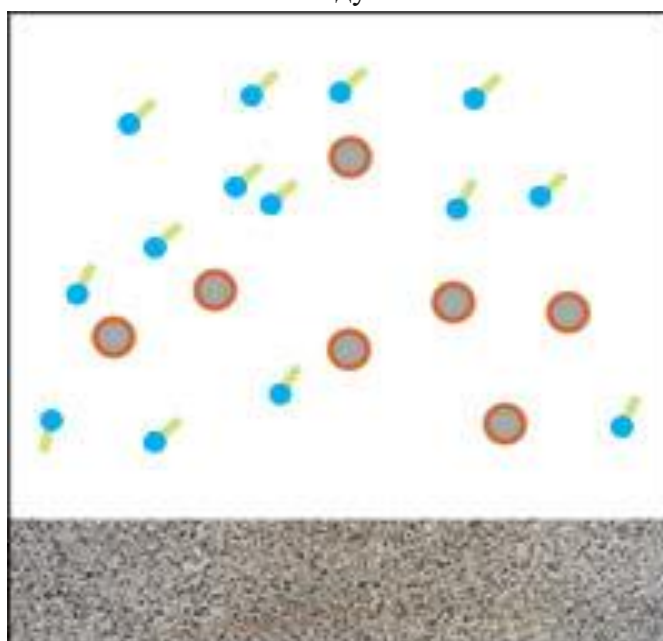


Рисунок 3 – С помощью системы туманообразования в воздух подаются микрочастицы воды с температурой ниже температуры пыли.

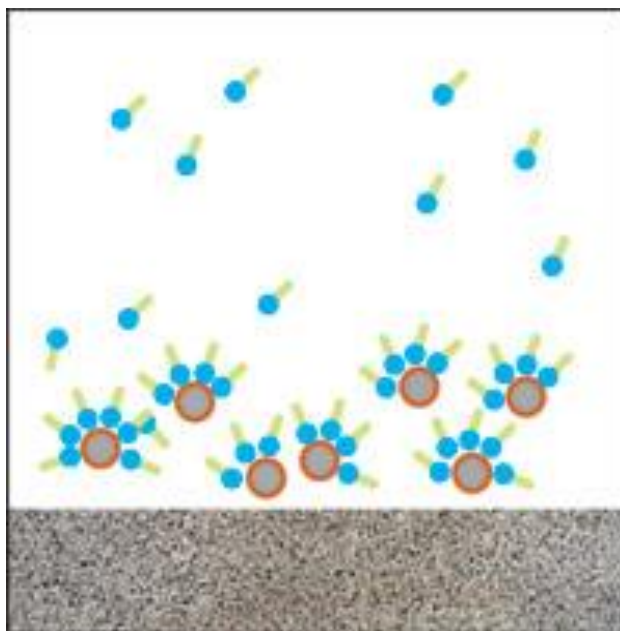


Рисунок 4 – Пыль, соединяясь с частицами воды, становится тяжелее и быстро осаждается на землю.

Эффективный способ конденсационного укрупнения пыли—это увлажнение и охлаждение воздуха. Рассмотрим систему туманообразования Spraystream HP-41.

Серия HP отличается самым тонким распылом и максимальной эффективностью и предназначена для осаждения мелкодисперсной пыли.

Основные характеристики:

- Низкошумный вентилятор.
- Встроенный фильтр.
- Осциллятор до 360°.
- Регулируемый угол наклона по вертикали от -10° до 50°.
- Расход воды 1400 л/ч.
- Дальность выброса водяной взвеси 45 м.
- Автономная система Spraystream 41 (пушка на колесной раме с насосом ВД

и генератором) [13].

Автономная система решает следующие задачи:

- обеспечить содержание пыли в воздухе рабочей зоны ниже ПДК, установленных гигиеническими нормативами РФ;
- улучшить условия труда шахтеров;
- повысить производительность труда
- снизить пожароопасность, за счет уменьшения концентрации в воздухе мелкодисперсной пыли ;

- снизить износ машин и оборудования

Система туманообразования устанавливается на участках выработки с выдержанным сечением.

Пример:

Площадь выработки $S=18 \text{ м}^2$, скорость движения воздуха $V=2 \text{ м/с}$ (см. рисунок 1).

Объем воздуха проходящего в выработке будет, $\text{м}^3/\text{с}$:

$$Q_{\text{возд}} = S \cdot V, \text{ м}^3/\text{с} \quad (2.2)$$

где S – площадь выработки м^2 ,

V – максимальная скорость движения воздуха в выработке, м/с .

$$Q_{\text{возд}} = 18 \cdot 2 = 36 \text{ м}^3/\text{с}$$

Масса тела – есть произведение плотности вещества, из которого состоит тело на его объем, кг :

$$m = \rho \cdot V, \text{ кг} \quad (2.3)$$

где ρ – плотность вещества, у воды 1000 кг/м^3 ,

V – объем тела, м^3 ($1 \text{ л} = 0,001 \text{ м}^3$).

$$m = 1000 \cdot 0,001 = 1 \text{ кг}$$

Масса воды в 1 литре составляет 1000 грамм.

Расход воды туманообразователя $L_T = 1400 \text{ л/ч}$

$$\frac{1400}{3600} \cdot 1000 = 390 \text{ г/с}$$

Масса водяных паров, абсолютная влажность воздуха, г/м^3 :

$$P_a = \frac{L_T}{Q_{\text{возд}}}, \text{ г/м}^3 \quad (2.4)$$

где L_T – расход воды туманообразователя, г/с ,

$Q_{\text{возд}}$ – объем воздуха проходящего в выработке, $\text{м}^3/\text{с}$.

$$P_a = \frac{390}{36} \approx 11 \text{ г/м}^3$$

Влажность воздуха (содержание воды в воздухе) определяется двумя параметрами: абсолютная и относительная влажность.

Абсолютная влажность – это количество воды, в граммах, содержащейся в одном кубическом метре воздуха, единица измерения – грамм в метре кубическом, г/м^3 .

Чем больше влажность воздуха, тем выше вероятность осаждения пыли. При ста процентах относительной влажности воздуха осаждение пыли сможет быть достигнуто за счет охлаждения рудничного воздуха.

Относительная влажность – количество влаги в воздухе по отношению к максимальному количеству влаги, которое может содержаться в воздухе при тех же температурных условиях. Этот показатель является ключевым фактором при определении потенциала охлаждения. Чем ниже относительная влажность, тем больше воды может быть испарено и, соответственно, больше тепла удалено из воздуха.

Относительная влажность сто процентов – это точка росы, которая приводит к конденсации влаги с осаждением пыли со стенок выработки [14]

Таблица 1 – Определение точки росы

°C	Точка росы в °C при относительной влажности воздуха в %							
	30	40	50	60	70	80	90	95
26	7,1	11,4	14,8	17,6	20,1	22,3	24,2	25,1
25	6,2	10,5	13,9	16,7	19,1	21,3	23,2	24,1
24	5,4	9,6	12,9	15,8	18,2	20,3	22,3	23,1
23	4,5	8,7	12	14,8	17,2	19,4	21,3	22,2
22	3,6	7,8	11,1	13,9	16,3	18,4	20,3	21,1
21	2,8	6,9	10,2	12,9	15,3	17,4	19,3	20,2
20	1,9	6	9,3	12	14,4	16,4	18,3	19,2
19	1	5,1	8,3	11,1	13,4	15,3	17,3	18,2
18	0,2	4,2	4,7	10,1	12,5	14,5	16,3	17,2
17	-0,6	3,3	6,5	9,2	11,5	13,5	15,3	16,2
16	-1,4	2,4	5,6	8,2	10,5	12,6	14,4	15,2
15	-2,2	1,5	4,7	7,3	9,6	11,6	13,4	14,2
14	-2,9	0,6	3,7	6,4	8,6	10,6	12,4	13,2

Процесс охлаждения – это адиабатический процесс. Распыленная специальным образом вода сразу же испаряется, поглощая энергию (теплоту) из воздуха в помещении, при этом температура воздуха снижается. Специальный насос прокачивает воду через контур водопровода высокого давления, где форсунки под давлением до 50 атм. распыляют воду по выработке. Проходя через очень маленькое отверстие форсунки (0,15 – 0,5 мм) – вода распыляется и создает туман мельчайших капель, средний размер которых не превышает 10 микрон. Испаряясь эти капли поглощают тепло из воздуха.

С помощью адиабатического метода охлаждения (туманообразования) можно эффективно охлаждать воздух, но при определенных условиях и для определенных задач, так как при этом повышается влажность воздуха. Эффективность такого процесса зависит от относительной влажности (рисунок 5).

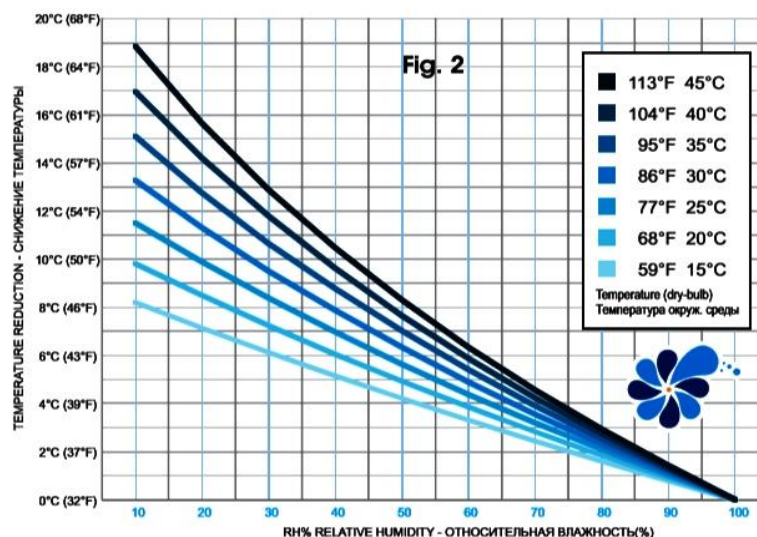


Рисунок 5 – Показатели системы туманоохлаждения.

По графику 5 видно, что при увеличении относительной влажности воздуха уменьшается температура.

В выработке температура 20 °С и относительная влажность воздуха 50%, если увеличить до 80% влажность с помощью пушки, то воздух охладится на 4°С.

Преимущества адиабатических методов охлаждения в том, что охлаждение за счет испарения воды (без дополнительного контура охлаждения) существенно снижает стоимость оборудования и его эксплуатации. Так же существует ресурс повышения адиабатического КПД за счет специальных технических методов и мероприятий [15].

В заключении хочется отметить, что рудничная пыль является опасным производственным фактором, так как она ускоряет износ оборудования, снижает производительность труда, является причиной загрязнения окружающей среды и оказывает вредное воздействие на организм человека, вызывая заболевание легких – пневмокониоз.

Современные системы пылеподавления водой являются эффективным, так как из-за крупных капель в системе орошения не происходит инерционного осаждения пыли на этих каплях. Частицы пыли движутся поперек изогнутых линий тока, которые создают капли воды, вследствие чего не происходит осаждение. Данная проблема стоит очень остро с точки зрения охраны труда и поэтому нами предложен более эффективный способ очистки воздуха для подземного рудника – это конденсационное укрупнение пыли с помощью системы туманообразователя.

Эффект данного метода заключается в увлажнении и охлаждении рудничного воздуха. Распыленные тонкодисперсные капли воды притягивают к себе частицы пыли.

Системы туманообразования уменьшают концентрации тонкодисперсной пыли до уровня меньше ПДК и будут являться неотъемлемой частью безопасности горного производства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ветошки, А.Г. Процессы и аппараты пылеочистки: учебное пособие / А.Г. Ветошкин.–Пенза: изд-во Пенз. гос. ун-та, 2005 г.–210 с.
2. Скочинский, А.А. Рудничная вентиляция: учебное пособие /акад.А.А. Скочинский, проф. В.Б. Комаров.– 2-е изд., Москва: углетехиздат, 1951 г.– 627 с.
3. Чекман, И.С. Аэрозоли–дисперсные системы: монография / И.С. Чекман, м А.О. Сыровая, С.В. Андреева, В.А. Макаров.–Киев-Харьков, 2013 г.–101с.
4. Исследование запыленности воздуха в рабочих помещениях: метод.указ. по выполнению лаб.– Томск: изд-во ТПУ, 2004 г. – 10 с.
5. Сайт «Studbooks.net». Проходка горных выработок. Вентиляция горных выработок. Способы и схемы вентиляции.Сайт - [https://studbooks.net/1758493/geografiya/ventilyatsiya_gornyh_vyrabotok].
6. НПАОП 0.00-1.34-71 Единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений подземным способом. Режим доступа – Консультант Плюс.
7. Медведев, И.И. Проветривание калийных рудников: учебное пособие / проф.д.т.н. И.И. Медведев.–М. Недра,1970 г.–207 с.
8. Гигиенические нормативы ГН 2.2.5.3532 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны». Режим доступа – Консультант Плюс.
9. Сайт «Studbooks.net». Приборы для определения запыленности воздуха.[https://studbooks.net/927435/ekologiya/pribory_opredeleniya_zapylennosti_vozduha].
- 10.Дьяков, В.В. Противопылевые вентиляционные режимы на рудниках: учебное пособие / В.В. Дьяков, В.И. Ковалев.–М. Недра, 1984 г. – 209 с.
- 11.Х.Грин, В.Лейн. Аэрозоли – пыли, дымы и туманы.–2-е изд., стер.–Л.: Химия, Ленинградское отделение, 1972.–427 с.
- 12.Янов, А.П. Защита рудничной атмосферы от загрязнений: учебное пособие / А.П. Янов, В.С. Ващенко.–М. Недра, 1977 г. – 263 с.
- 13.Сайт «v-tumane.ru». Системы туманообразования и охлаждения[<https://v-tumane.ru/prodazha/pylepodavlenie>].
- 14.Сайт «vbokna.ru».Точка росы.[<http://vbokna.ru/okna/parametry/tochka-rosy>].
- 15.Сайт «teplonsk.ru». Статьи. Адиабатическое охлаждение – испарением воды. [<http://teplonsk.ru/articles/109/>].

МЕРОПРИЯТИЯ ПО НОРМАЛИЗАЦИИ СОСТАВА АТМОСФЕРЫ В КАРЬЕРЕ

ТЕТЕРЕВ Н.А., МАЙНИНГЕР В.А., ФЕДУЛОВА А.М., КУЗНЕЦОВ А.М.
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

Аннотация. Представлен ряд мероприятий по нормализации состава атмосферы карьеров.

Ключевые слова: атмосфера, карьер, мероприятия.

MEASURES TO NORMALIZE THE COMPOSITION OF THE ATMOSPHERE IN THE QUARRY

Abstract: The paper Presents a number of measures to normalize the composition of the atmosphere of the quarries.

Key words: atmosphere, quarry, events.

В настоящее время на действующих, реконструируемых и вновь создаваемых карьерах одним из основных вопросов является обеспечение нормальной атмосферы, отвечающей требованиям санитарных норм и правил и гарантирующей безопасную и высокопроизводительную работу.

Для надежной защиты атмосферы от загрязнений необходимо проведение комплекса профилактических мероприятий, учитывающих горногеологические, горнотехнические и метеорологические условия. Комплексность решения задачи и значительные материальные затраты определяют целесообразность выбора рациональных решений, обоснованных технико-экономическим сравнением [1].

Проектирование комплекса мероприятий по нормализации состава атмосферы в карьерах выполняется в следующем порядке:

1) оценивается удельное значение всех источников, вредные вещества которых, по данным прогноза, вызывают повышенное загрязнение воздуха на рабочих местах и общей атмосферы карьера. Исходя из этого, устанавливаются основные виды оборудования и отдельные источники, примеси которых играют главную роль в общем балансе их поступления в карьер;

2) обосновывается и выбирается комплекс инженерно-технических мероприятий по борьбе с пылью и газами, которые могут состоять из следующих двух основных групп: подавления и связывания вредных примесей; улавливания пыли. Для подавления и связывания вредных газов применяются вода, различные растворы, каталитические и термочелатитические способы. Подавление и связывание пыли осуществляется с помощью воды, растворов, пен, битумов, солей, коллоидов,

синтетических веществ, растительности или при помощи комбинации этих способов [5]. Для улавливания пыли применяются разные мокрые (инерционные, барботажные, конденсационные, коагуляционные, пенные, электрические и центробежные), сухие (гравитационные, инерционные, фильтрационные, электрические и ультразвуковые) и комбинированные способы;

3) оценивается общая требуемая эффективность комплекса мероприятий по предупреждению загрязнения воздуха, исходя из установленных прогнозом концентрации, максимально превышающих предельно допустимые как для общей атмосферы карьера, так и для атмосферы примыкающих к нему населенных пунктов. За окончательную требуемую эффективность, на основе которой должен проектироваться указанный комплекс, должно приниматься ее большее значение из полученных для карьера и примыкающей территории;

4) оценивается общая фактическая эффективность выбранного комплекса инженерно-технических мероприятий и сопоставляется с установленной расчетом общей требуемой эффективностью;

5) если первая равна или превышает вторую, то дальнейшие работы по проектированию заключаются в проверке достаточности выбранных средств для обеспечения нормального состава воздуха на рабочих местах; в выборе при необходимости средств искусственной вентиляции для предупреждения загрязнений атмосферы при штилях и инверсиях, а также в проработке сметной части и штатного расписания рассматриваемого специального раздела технического проекта карьера;

6) если общая фактическая эффективность выбранного комплекса инженерно-технических мероприятий меньше требуемой эффективности, то обосновывается наиболее рациональное сочетание дополнительных вентиляционных, технологических и организационных мероприятий [2].

При проектировании вентиляции прежде всего следует ориентироваться на мероприятия, направленные на повышение эффективности естественного проветривания (путем рационального расположения отвалов и поверхностных сооружений, въездных, выездных и разрезных траншей; ориентации карьера в соответствии с розой ветров, а также повышения эффективности проветривания отдельных рабочих мест за счет рационального расположения забоев и оборудования, соответствующей ориентировки траншей и съездов, установления ветрозащитных и направляющих ветровой поток устройств), а затем – на искусственную вентиляцию (использование изотермических или неизотермических свободных струй, проветривания с помощью выработок или труб, а также комбинированный способов) [6].

При проектировании технологических мероприятий следует ориентироваться на применение технологий, резко снижающих или исключаящих выделение вредных газов и пыли, а также на использование в технологическом комплексе отдельных новых машин или механизмов с меньшей интенсивностью газо- и пылевыведения [3].

К основным мероприятиям организационного характера относятся: ведение горных работ, обеспечивающее оптимальную схему естественной вентиляции карьеров; отработка нагорных карьеров без образования замкнутых выемок; планомерная отработка уступов и горизонтов; расположение забоев на наветренном борту карьера, а оборудования – у верхних бровок уступов; правильная организация буровзрывных работ с рациональной сеткой скважин, величиной и конструкцией заряда, очередностью взрывания, проведения его в периоды максимума суточного хода ветра, сокращающих расход ВВ и объем вторичного дробления; составление паспортов расположения оборудования в карьере, обеспечивающих распространение вредных примесей, минуя рабочие места, а также наложение пылевых потоков; определение мест рационального расположения внешних источников примесей [4].

При соблюдении данных мероприятий состав атмосферы карьеров нормализуется.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.

1. Борьба с пылью в рудных карьерах/ В.А. Михайлов, П.В. Бересневич, В.Г. Борисов и др. – М.: Недра, 1981. – 216 с.
2. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
3. Никитин В.С. Проблема нормализации состава атмосферы в глубоких карьерах. М., изд. ИГД им. А.А. Скочинского, 1967.
4. Нормализация атмосферы глубоких карьеров/Отв. ред. Н.З. Битколов, В.В. Пененко. – Л.: Наука, 1986. – 295 с.
5. Мероприятия по нормализации состава атмосферы карьеров. Тетерев Н.А., Вахонина В.В., Кузнецов А.М. В сборнике: Экологическая безопасность и техносферная безопасность горнопромышленных регионов труды V Международной научно-практической конференции, 2017.С.252-255
6. Меры борьбы с пылью как профессиональной вредностью. Логинов И.В., Белоусов С.С., Тетерев Н.А., Ермолаев А.И. В сборнике: Проблемы совершенствования управления природными и социально-экономическими процессами на современном этапе Труды IV Международной научно-практической конференции. Отв. ред. Т.М. Чодураев, Г.С. Садыкова, А.И. Семячков. 2018. С. 67-69.

МЕТОДИКА ПРОВЕТРИВАНИЯ ТУПИКОВЫХ ВЫРАБОТОК ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПРОХОДЧЕСКИХ РАБОТ

ТЕТЕРЕВ Н.А., МАЙНИНГЕР В.А., ФЕДУЛОВА А.М., ДЕМИНА Т.В.,
ПОТАПОВ В.В.

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

Аннотация: В статье рассмотрены наиболее применяемые в настоящее время разновидности способов проветривания при проходе горизонтальных выработок, а также их преимущества и недостатки. Проанализированы варианты сочетания видов проветривания при комбинированном способе. Приведен пример расчетов по определению необходимого количества воздуха для проветривания проходческих выработок и выбора вентиляционного оборудования и соответствующей схемы проветривания.

Ключевые слова: Тупиковая выработка, схема проветривания, эффективность, расчет.

WAYS OF VENTILATION OF DEAD-END WORKINGS WHEN CARRYING OUT GOING WORKS

Abstract: The article discusses the most currently used varieties of ventilation methods during the penetration of horizontal workings, as well as their advantages and disadvantages. The variants of the combination of types of ventilation with the combined method are analyzed. An example of calculations is given to determine the required amount of air for ventilation of tunneling workings and the choice of ventilation equipment and the corresponding ventilation scheme.

Key words: Dead-end production, ventilation scheme, efficiency, calculation.

Комбинированная отработка месторождения не влияет на способы и схемы вентиляции проходческих работ. Влияние на проветривание этих выработок может оказывать общешахтное перераспределения воздуха.

Поэтому, для условий проходческих выработок длиной до 300 м могут быть приняты традиционно используемые на подземных работах способы и схемы вентиляции. Таковыми являются нагнетательный, всасывающий и комбинированные способы проветривания, а также их модификации. Наиболее применяемые в настоящее

время разновидности способов проветривания при проходе горизонтальных выработок приведены на рис. 1-12.

При нагнетательном способе проветривания свежий воздух подаётся в призабойную

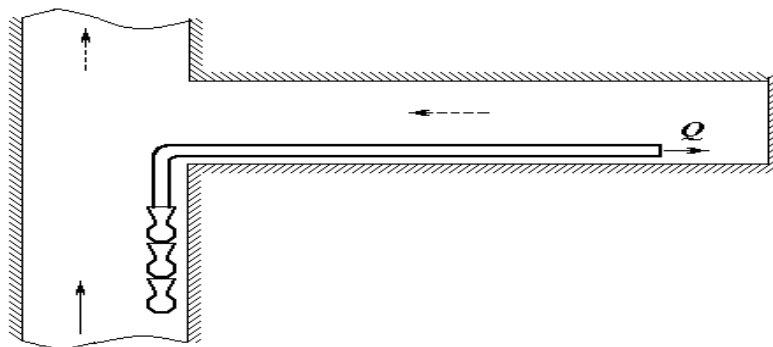
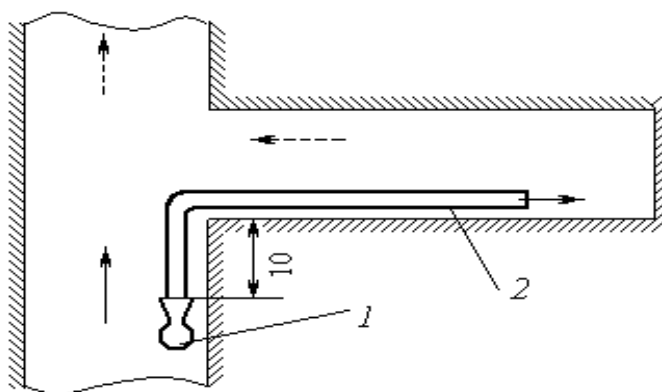


Рисунок 1 - Проветривание длинных выработок при каскадной установке вентиляторов

часть выработки, а загрязнённый воздух удаляется по выработке (рис. 1). Вентилятор при таком способе проветривания располагается в выработке, по которой поступает сквозная струя, на расстоянии не ближе 10 м от устья проходческой выработки.

При проветривании длинных тупиковых выработок нагнетательное проветривание может осуществляться по схемам с каскадной (рис. 2) и рассредоточенной (рис. 3) установкой вентиляторов.



1 – вентилятор; 2 – нагнетательный трубопровод.
Рисунок 2 - Нагнетательное проветривание

Эффективность нагнетательного способа может быть повышена за счёт использования эжекционно-фильтрующих насадок (рис. 4).

При схеме проветривания, показанной на рис. 4, тупиковая выработка проветривается за счёт нагнетательного вентилятора, установленного в выработке со сквозной струёй. Для увеличения количества воздуха, циркулирующего в призабойной части выработки, на конце нагнетательного трубопровода монтируется специальная эжекционная насадка. За счёт эжектирующего действия струи, выходящей из нагнетательного трубопровода, часть воздуха, поступающего из забоя, подсасывается в насадку и, после смешивания с чистым воздухом, вновь направляется в призабойную часть выработки.

При непрерывных пылевыведениях для очистки повторно используемого воздуха от пыли в насадке устанавливается фильтр. При проветривании выработок после взрыва ВВ установка фильтра нецелесообразна, так как он быстро будет забит пылью и количество эжектируемого воздуха резко уменьшится.

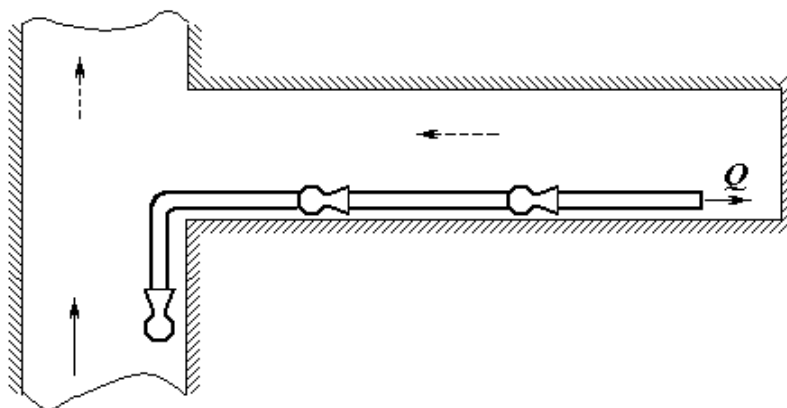
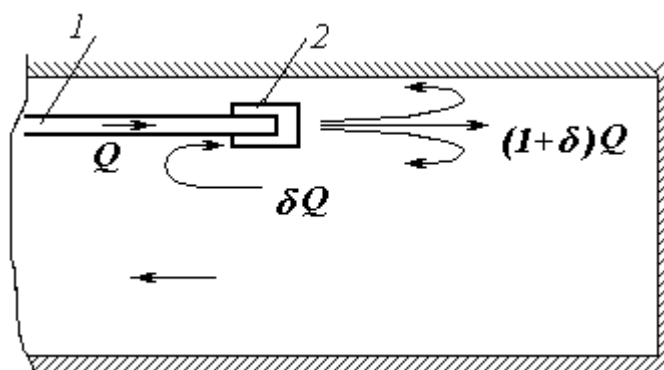


Рисунок 3 - Проветривание длинных выработок при рассредоточенной установке вентиляторов



1 – трубопровод; 2 – эжекционная насадка; Q – расчётное количество воздуха; δ – коэффициент эжекции.

Рисунок 4 - Схема эжекционно-рециркуляционного нагнетательного проветривания

Проветривание призабойной зоны как с применением насадки, так и без неё, происходит за счёт действия свободной турбулентной струи.

Схемы эжекционно-фильтрующих насадок показаны на рис. 5.

Коэффициент эжекции без фильтра для насадки, показанной на рис. 5, *a*, составляет $\delta = 0,3$; для насадки на рис. 5, *b* – $\delta = 0,67$; для насадки на рис. 5, *c* – $\delta = 0,97$.

Длину камеры смешивания рекомендуется выбирать в зависимости от диаметра трубопровода: при диаметре $\varnothing = 300$ мм – 1,2 м; $\varnothing = 400$ мм – 1,4 м; $\varnothing = 500$ мм – 1,7 м; $\varnothing = 600$ мм – 1,9 м; $\varnothing = 1000$ мм – 2,5 м.

Применение эжекционно-рециркуляционного нагнетательного проветривания с насадкой, показанной на рис. 5, *a*, позволяет при непрерывном пылевыведении (бурение, погрузка) снизить запылённость в забое в $1,5 \div 2$ раза [8].

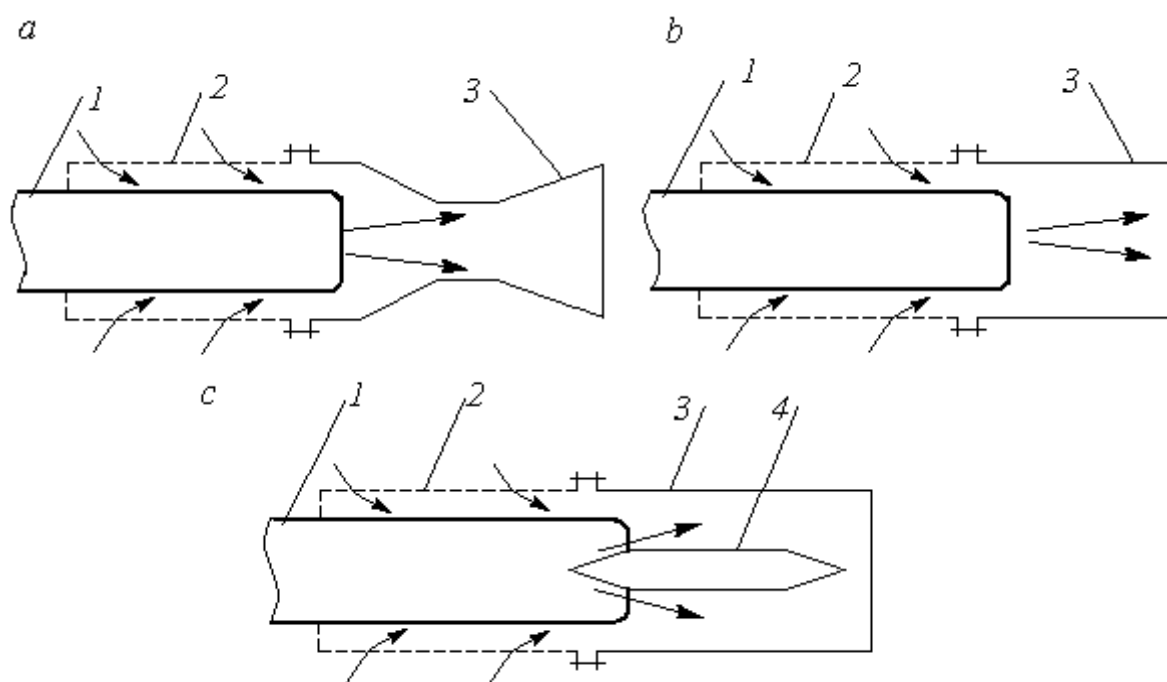
Всасывающий способ характеризуется тем, что загрязнённый воздух из призабойной зоны удаляется вентилятором по трубопроводу, а по выработке от устья к забою движется свежая струя (рис. 6).

Этот способ проветривания очень эффективен в тех случаях, когда конец вентиляционных труб отстоит от забоя на расстояние 2 – 3 м, но последнее осуществить очень трудно.

Зависимость эффективности всасывающего проветривания от длины выработки невелика, поэтому данный способ рекомендуется для проветривания выработок большой протяженности.

Основной недостаток способа – невозможность применения гибких трубопроводов. Этот недостаток может быть устранён, если вентилятор устанавливать не в выработке со свежей струёй, а непосредственно в тупиковой выработке близ забоя (рис. 7).

Трубопровод на рис. 7 состоит из отрезка жесткого трубопровода l_1 , наращиваемого по мере проведения выработки, и гибкого трубопровода l_2 . При увеличении длины выработки l вентилятор переносят ближе к забою, а часть жесткого трубопровода, оказавшуюся при этом на стороне нагнетания, заменяют гибким.



1 – нагнетательный трубопровод; 2 – камера фильтрации; 3 – камера смешивания потоков; 4 – сердечник.
 Рисунок 5 - Схемы эжекционно-фильтрующих насадок (ЭФН)

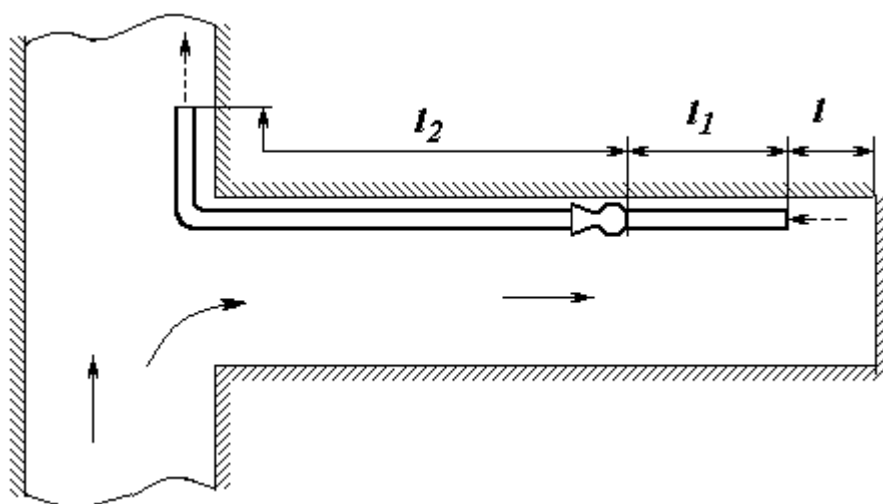


Рисунок 6 - Всасывающее проветривание

Комбинированный способ проветривания представляет сочетание нагнетательного и всасывающего способов. При этом используются их основные положительные качества: проветривание призабойной зоны осуществляется активной свободной турбулентной струёй от нагнетательного вентилятора, а удаление загрязнённого воздуха производится по трубопроводу всасывающим вентилятором.

Наиболее распространённый вариант комбинированного проветривания с использованием двух вентиляторов, один из которых – всасывающий – установлен на свежей струе воздуха в основной (сквозной) выработке, а другой – нагнетательный – в проветриваемой выработке (рис. 8).

Для устранения рециркуляции загрязнённого воздуха через нагнетательный трубопровод его количество $Q_{вс}$, поступающее во всасывающий трубопровод, принимают на 20 – 30 % больше производительности нагнетательного вентилятора Q_n .

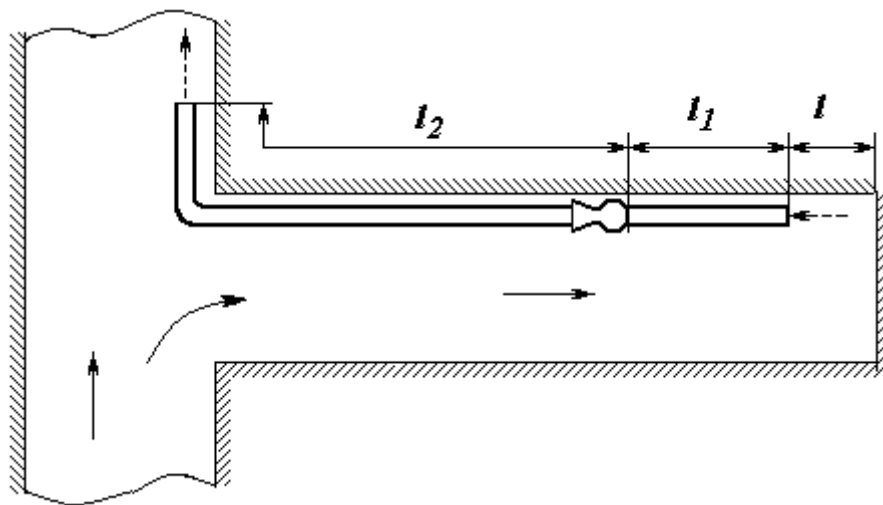
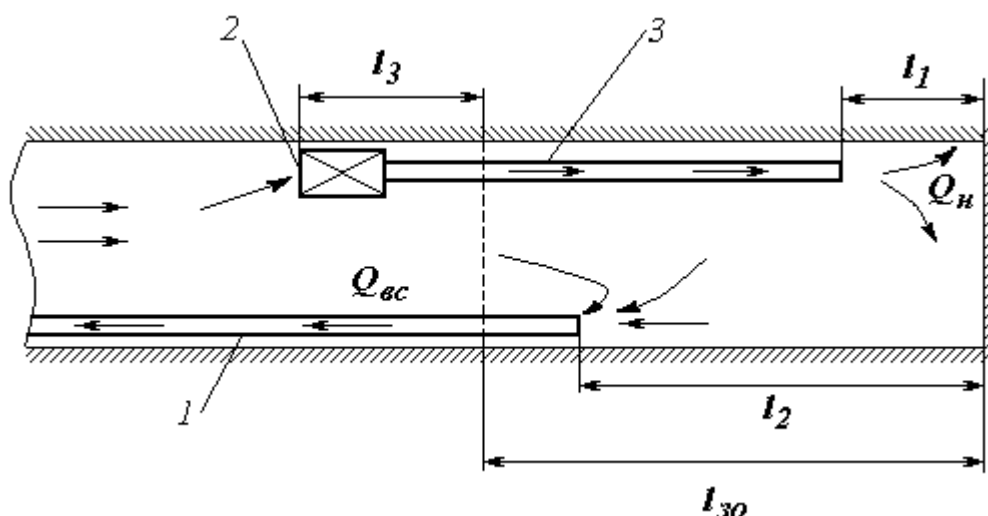


Рисунок 7 - Всасывающее проветривание призабойным вентилятором

Нагнетательный вентилятор располагают за пределами зоны отброса взрывных газов и пыли на расстоянии l_3 не менее 15 – 20 м от конца всасывающего трубопровода. Расстояние l_1 от забоя до нагнетательного трубопровода согласно ПБ должно быть не более



1 – всасывающий трубопровод; 2 – нагнетательный вентилятор;
3 – нагнетательный трубопровод

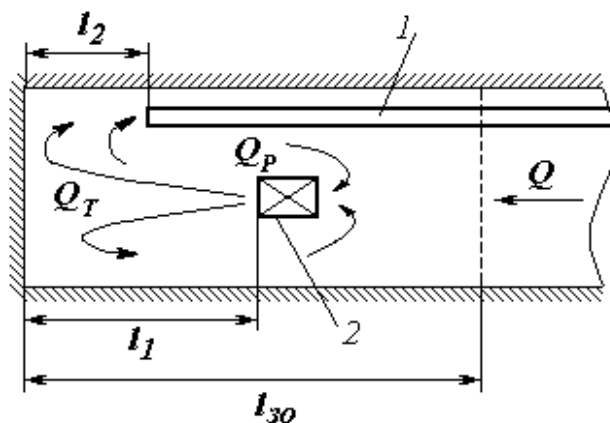
Рисунок 8 - Схема комбинированного проветривания тупиковой выработки двумя вентиляторами

10 м, а расстояние l_2 до всасывающего трубопровода определяется в зависимости от длины l_{30} зоны отброса $l_2 = (0,35 \div 0,65)l_{30}$.

Проветривание тупиковой выработки комбинированным способом при отсутствии трубопровода у нагнетательного вентилятора, который в этом случае называется вентилятором-турбулизатором, показано на рис. 9.

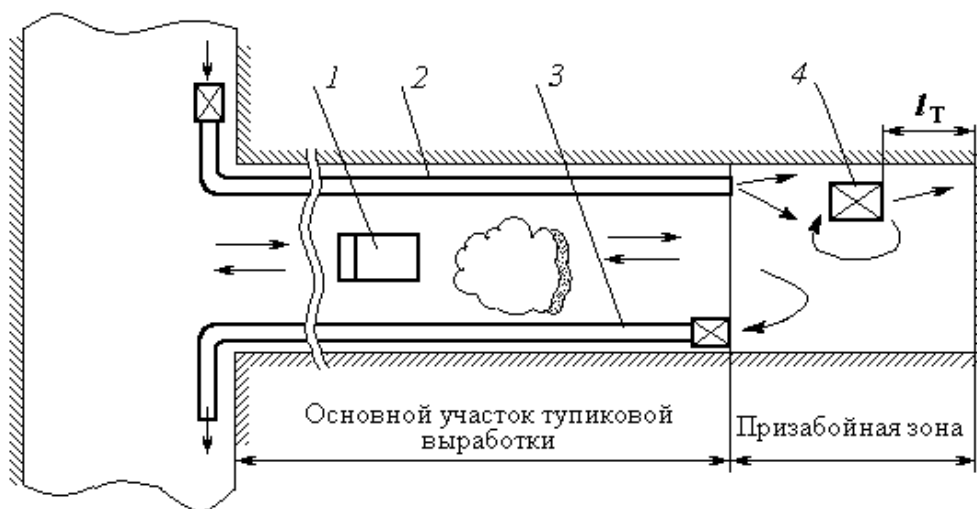
На схеме комбинированного способа проветривания (рис. 9) l_{30} – расчётная величина зоны отброса; l_1 – расстояние от забоя до вентилятора-турбулизатора, $l_1 = 10 + \sqrt{s}$, м; s – сечение выработки, l_2 – расстояние до всасывающего трубопровода, согласно ПБ должно быть не более 10 м.

Разновидностью комбинированного способа является его вариант с временным аккумулярованием газов (при использовании дизельного доставочного оборудования) в призабойной части выработки (рис. 10).



1 – всасывающий трубопровод; 2 – вентилятор-турбулизатор

Рисунок 9 - Схема комбинированного способа проветривания тупиковой выработки с применением вентилятора-турбулизатора

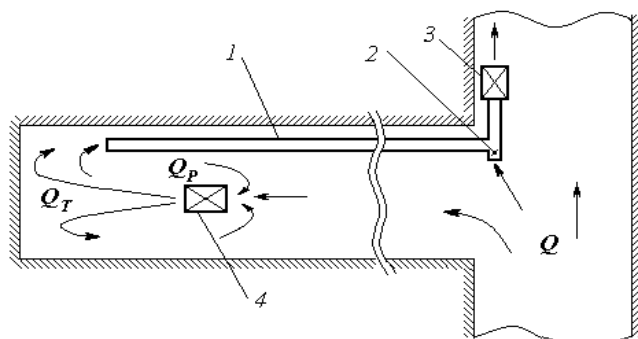


1 – машина с ДВС; 2 – нагнетательный трубопровод; 3 – всасывающий трубопровод;
4 – вентилятор-турбулизатор

Рисунок 10 - Схема комбинированного способа

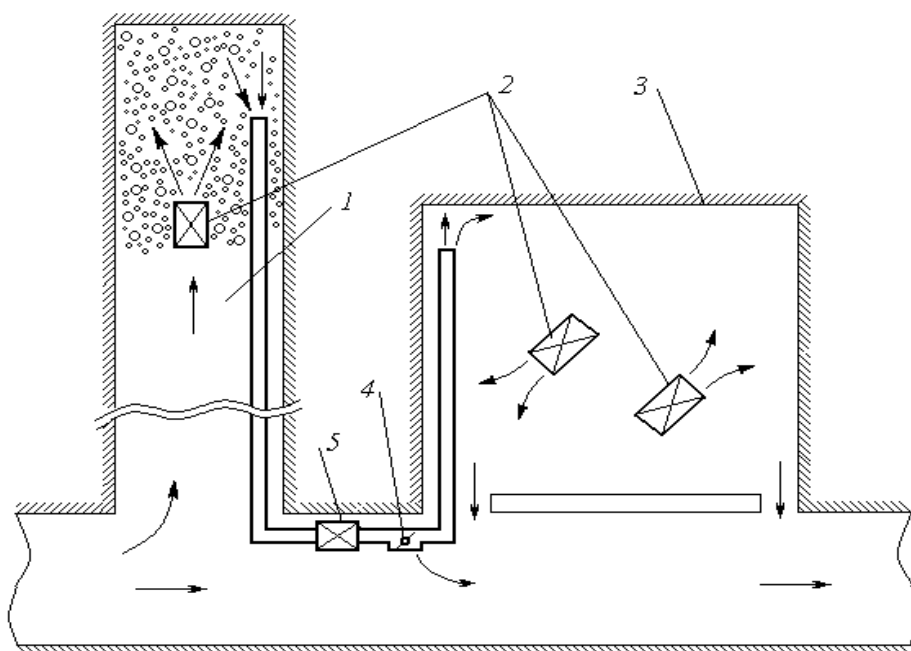
При этом варианте увеличение объёма призабойной зоны позволяет оптимизировать проветривание и сократить количество свежего воздуха, необходимого для проветривания выработки при работе в ней машины с ДВС. Положительный эффект достигается за счёт временного аккумулярования вредных примесей в призабойной зоне. Для этого расстояние l_T от стенки забоя до вентилятора-турбулизатора выбирается равным длине его свободной струи.

Вариант комбинированного способа, исключающего загрязнение исходящей струи с аккумулярованием вредных примесей во всасывающем трубопроводе показан на рис. 11.



1 – всасывающий трубопровод; 2 – отверстие на всасывающем трубопроводе;
3 – вентилятор; 4 – вентилятор-турбулизатор

Рисунок 11 - Комбинированный способ проветривания тупиковой выработки, исключающий опасное загрязнение исходящей струи



1 – проветриваемая выработка; 2 – вентиляторы-турбулизаторы; 3 – аккумуляющая выработка; 4 – устройство для регулирования расхода воздуха; 5 – основной вентилятор

Рисунок 12 - Схема проветривания, исключающая опасное загрязнение исходящей струи, с аккумулярованием вредных примесей в соседней выработке

Загрязнённый воздух, поступающий в трубопровод через регулятор в отверстия 2, смешивается с чистым. Количество загрязнённого и чистого воздуха регулируется во

времени таким образом, чтобы содержание вредных примесей в основной выработке не превышало ПДК.

Возможно проветривание выработок с аккумулярованием загрязнённого воздуха в соседней выработке или камере. На рис. 12 показана схема проветривания, исключая опасное загрязнение исходящей струи, с аккумулярованием вредных примесей в соседней выработке. Минимальный объём выработки, необходимый для аккумулярования вредных примесей определяется временем проветривания забоя.

Пример расчетов по определению необходимого количества воздуха для проветривания проходческих выработок и выбора вентиляционного оборудования (трубопроводы, вентиляторы местного проветривания), и соответствующей схемы проветривания.

Проходка доставочного штрека (длина – 160 м, сечение – 15,01 м²)

По минимальной скорости движения вентиляционной струи

$$Q_{\text{оч.}} = 60 V_{\text{min}} \cdot S, \text{ м}^3/\text{мин};$$

$$V_{\text{min}} = \frac{0,1P}{S}, \text{ м}^3/\text{с},$$

где V_{min} – минимальная скорость движения воздуха м/с, определяется согласно ЕПБ;

P – периметр выработки, м;

S – площадь поперечного сечения выработки равная 15,01 м²

$$P = 4,16 \cdot \sqrt{S} = 4,16 \cdot \sqrt{15,01} = 16,1 \text{ м};$$

$$V_{\text{min}} = \frac{0,1 \cdot 16,1}{15,01} = 0,1 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q = 0,1 \cdot 15,01 = 1,5 \text{ м}^3/\text{с}.$$

По пылевому фактору

$$Q_{\text{п}} = 60 \cdot q_{02} \cdot m \cdot K_{01} \cdot K_{02} \cdot K_{\text{ПДК}}, \text{ м}^3/\text{мин};$$

где q_{02} – норма расхода воздуха на одну машину;

m – количество одновременно работающих в данной выработке машин;

K_{01} – коэффициент, учитывающий способ проветривания, места расположения машины (рабочего места) (при расположении машины в сквозной струе выработки равен – 1, в нише на расстоянии не более 1 м от сопряжения со сквозной выработкой равен – 2);

K_{02} – коэффициент, учитывающий применение средств снижения пылеобразования (при применении оросителей нижнего действия равен – 0,5, при установке оросителей в кровле выработки равен – 0,7, без средств снижения пылеобразования равен – 1,0);

$K_{ПДК}$ – поправочный коэффициент, учитывающий значение предельно допустимой концентрации пыли, определяется из выражения –
 $K_{ПДК} = 1,4/\sqrt{\eta}$ (η – ПДК по пыли, $\eta = 6 \text{ мг/м}^3$).

$$Q_{п} = 60 \cdot 1,5 \cdot 2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,4/\sqrt{6} = 102,86 \text{ м}^3/\text{мин} (1,7 \text{ м}^3/\text{с}).$$

По наибольшему числу людей

$$Q_3 = 6 \cdot N, \text{ м}^3/\text{мин};$$

где N – наибольшее число людей одновременно работающих в подготовительной (нарезной) выработке (6 человек). Норма подачи свежего воздуха на 1 человека $6 \text{ м}^3/\text{мин}$ ($0,1 \text{ м}^3/\text{с}$).

$$Q_3 = 0,1 \cdot 6 = 0,6 \text{ м}^3/\text{с}.$$

По выхлопным газам двигателей внутреннего сгорания (ДВС)

$$Q_3 = q \cdot K_0 \cdot \Sigma M, \text{ м}^3/\text{мин};$$

где q – норма подачи воздуха на единицу мощности ДВС, для дизельных двигателей – $6,8 \text{ м}^3/(\text{кВт} \cdot \text{мин})$ ($5 \text{ м}^3/(\text{л.с} \cdot \text{мин})$), для бензиновых – $8,2 \text{ м}^3/(\text{кВт} \cdot \text{мин})$ ($6 \text{ м}^3/(\text{л.с} \cdot \text{мин})$);

K_0 – коэффициент одновременности работы, принимается равным: 1, 0,9, 0,85 при одновременной работе в выработке: одной, двух, трех и более машин соответственно;

ΣM – суммарная номинальная мощность всех ДВС, работающих в очистной выработке (блоке, забое), кВт (л.с).

В забое работает одна машина с дизельным двигателем *Sandvik LN-410 (ТОРО-400D)* – 1 шт. мощностью $N = 220 \text{ кВт}$.

K_0 – коэффициент одновременности работы, принимается равным 1.

$$Q_3 = 6,8 \cdot 220 = 1496, \text{ м}^3/\text{мин} (24,9 \text{ м}^3/\text{с}).$$

По газам, образующимся при взрывных работах

$$Q_3 = \frac{2,25}{t} \sqrt{\frac{A \cdot \epsilon \cdot S^2 \cdot L^2 \cdot K_{обв}}{K^2_{\text{шт.тр.}}}};$$

где t – время проветривания, принимается не более 30 мин;

A – количество взрываемого ВВ, кг;

v – фактическое удельное газовыделение при взрывании ВВ, (для аммонита *Н6ЖВ* 89,5 л/кг);

S – средняя площадь поперечного сечения выработки в свету, м²;

L – длина тупиковой части выработки равна 151, м (при комбинированном способе проветривания к расчету принимается длина выработки от забоя до конца всасывающего трубопровода);

$K_{обв}$ – коэффициент, учитывающий обводненность выработки, принимается ($K_{обв} = 0,6$);

$K_{ут.тр.}$ – коэффициент утечек воздуха в трубопроводе.

Коэффициент утечек воздуха для металлических трубопроводов определяется о формуле

$$K_{ут.тр.} = \left(\frac{1}{3} K_{ст} \cdot d_{тр} \cdot \frac{L_{тр}}{L_{зв}} \sqrt{R + 1} \right)^2;$$

где $K_{ст}$ – удельный стыковой коэффициент воздухопроницаемости условного трубопровода \varnothing 1 м. для фланцевых соединений с резиновыми прокладками принимается равным 0,002-0,005 при удовлетворительном качестве сборки и 0,001-0,002 – при хорошем;

$L_{тр}$ – длина трубопровода равна 151 м;

$L_{зв}$ – длина металлических звеньев равна 4 м;

$d_{тр}$ – диаметр трубопровода равен 0,8 м;

R – аэродинамическое сопротивление трубопровода расчётное кц.

$$R = 6,5 \cdot \alpha \cdot Z_{мп} / d_{тр}^5 = 6,5 \cdot 0,00029 \cdot 160 / 0,8^5 = 0,92041 \text{ кц};$$

где α – коэффициент аэродинамического сопротивления равный 0,00029 н•с²/м⁴;

$L_{тр}$ – длина трубопровода равная 160 м.

$$K_{ут.тр.} = \left(\frac{1}{3} 0,001 \cdot 0,8 \cdot \frac{160}{4} \sqrt{0,92041 + 1} \right)^2 = 1,02;$$

$$Q_3 = \frac{2,25}{30} \sqrt[3]{\frac{105,1 \cdot 89,5 \cdot 15,01^2 \cdot 160^2 \cdot 0,6}{1,02^2}} = 236,33 \text{ м}^3/\text{мин} (3,9 \text{ м}^3/\text{сек}).$$

Выбор вентилятора (ВМП)

$$Q_{в.н.} = K_{ут.тр.} \cdot Q_з, \text{ м}^3/\text{с};$$

где α – коэффициент аэродинамического сопротивления равный

$$0,00029 \text{ н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^4;$$

$L_{тр}$ – длина трубопровода равная 150 м.

$$Q_{в.н.} = 1,02 \cdot 24,9 = 25,4 \text{ м}^3/\text{с};$$

При диаметре трубопровода 0,8 м скорость воздуха составит 50,6 м/с. На выходе из трубопровода на расстоянии 5÷6 м в при забойной зоне будет сохраняться опасность механического воздействия свободной струи на работников. Снижение скорости возможно за счет использования става труб диаметром 0,9 м или 1,0 м, которые вписываются в габариты сечения выработки. Но и при этих трубах скорости будут достаточно высоки (соответственно, 39,9 и 32,4 м/с). Использование трубопровода диаметром в 1,2 м (скорость составит 22,5 м/с) потребует увеличения сечения выработки из-за необходимости соблюдения нормативных величин зазоров между проходческим и вентиляционным оборудованием.

В этом случае целесообразно использование двух параллельно расположенных ставов труб диаметром 0,8 м. При прохождении по каждому ставу половины воздуха, от требуемого для проветривания, скорость составит 24,9 м/с. Общее сопротивление параллельного става будет 0,207 кп.

Схема проветривания с параллельными трубопроводами при проветривании доставочного штрека представлена на рис. 13.

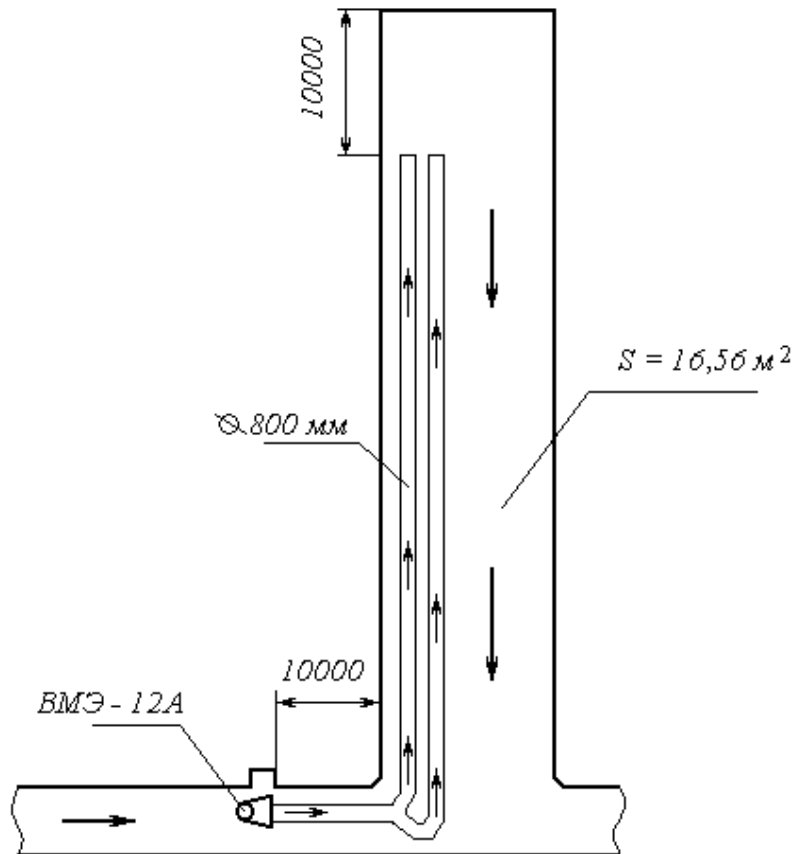


Рисунок 13 - Схема проветривания при проходке доставочного штрека

Депрессия вентилятора

$$h_{\text{в}} = 1,1 \cdot Q_{\text{в}}^2 \cdot R \cdot \psi, \text{ Па};$$

где 1,1 – коэффициент, учитывающий запас депрессии на преодоление сопротивления шумогасителя;

$Q_{\text{вн}}$ – производительность вентилятора, $\text{м}^3/\text{с}$;

R – сопротивление трубопровода, $\text{к}\mu$ (расчётное $R = 0,868637 \text{ к}\mu$);

Ψ – коэффициент, учитывающий влияние утечек на сопротивление трубопровода, определяется по графику в зависимости от коэффициента доставки η ($\Psi = 0,98$).

При расчёте депрессии для металлических трубопроводов, имеющих повороты, в расчёт депрессии вентилятора включаются потери давления на повороте

$$h_{\text{м}} = 0,035 \cdot \delta^2 \cdot V_{\text{ср.тр}}^2;$$

где δ – угол поворота под 90° , в радианах;

$V_{\text{ср.тр}}$ – средняя скорость движения воздуха в трубопроводе на

прямолинейном участке, м/с,

$$\delta = \frac{\pi \cdot \delta_0}{180};$$

δ_0 – угол поворота в 90 град;

$$h_m = 0,035 \cdot \delta^2 \cdot V_{\text{ср.тр}}^2;$$

$$h_m = 0,035 \cdot 1,57^2 \cdot 24,9^2 = 53,49 \text{ дПа};$$

Депрессия вентилятора при использовании металлического трубопровода с параллельными вентиляционными стовами и их поворотом в 90° составит

$$h_b = 1,1 \cdot (25,4^2 \cdot 0,04027 + 12,7^2 \cdot 0,01726 + 53,49 + 12,7^2 \cdot 0,86288) \cdot 0,98 \\ = 238,69 \text{ дПа}$$

Доставку 24,9 м³/с воздуха в забой обеспечит вентилятор ВМЭ–12А ($Q = 25,4$ м³/с, $h_b = 238,69$ дПа).

В качестве сравнения ниже приведен расчет этого же штрека при использовании одного стова вентиляционных труб с увеличенным диаметром до 0,9 м.

По минимальной скорости движения вентиляционной струи

$$Q_{\text{оч.}} = 60 V_{\text{min}} \cdot S, \text{ м}^3/\text{мин};$$

$$V_{\text{min}} = \frac{0,1P}{S}, \text{ м}^3/\text{с};$$

$$P = 4,16 \cdot \sqrt{S} = 4,16 \cdot \sqrt{15,01} = 16,1 \text{ м};$$

$$V_{\text{min}} = \frac{0,1 \cdot 16,1}{15,01} = 0,1 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q = 0,1 \cdot 15,01 = 1,5 \text{ м}^3/\text{с}.$$

По пылевому фактору

$$Q_{\text{п}} = 60 \cdot q_{02} \cdot m \cdot K_{01} \cdot K_{02} \cdot K_{\text{ПДК}}, \text{ м}^3/\text{мин};$$

$$Q_{\text{п}} = 60 \cdot 1,5 \cdot 2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,4/\sqrt{6} = 102,86 \text{ м}^3/\text{мин} (1,7 \text{ м}^3/\text{с}).$$

По наибольшему числу людей

$$Q_3 = 6 \cdot N, \text{ м}^3/\text{мин};$$

$$Q_3 = 0,1 \cdot 6 = 0,6 \text{ м}^3/\text{с}.$$

По выхлопным газам двигателей внутреннего сгорания (ДВС)

$$Q_3 = q \cdot K_0 \cdot \Sigma M, \text{ м}^3/\text{мин};$$

$$Q_3 = 6,8 \cdot 220 = 1496, \text{ м}^3/\text{мин} (24,9 \text{ м}^3/\text{с}).$$

По газам, образующимся при взрывных работах

$$Q_3 = \frac{2,25^3}{t} \sqrt{\frac{A \cdot \epsilon \cdot S^2 \cdot L^2 \cdot K_{обв}}{K_{ум.гр.}^2}};$$

$$R = 6,5 \cdot \alpha \cdot Z_{гр} / d_{гр}^5 = 6,5 \cdot 0,00028 \cdot 160 / 0,9^5 = 0,49315 \text{ км};$$

$$K_{ум.гр.} = \left(\frac{1}{3} K_{см} \cdot d_{гр} \cdot \frac{L_{гр}}{l_{зв}} \sqrt{R} + 1 \right)^2$$

$$K_{ум.гр.} = \left(\frac{1}{3} 0,001 \cdot 1,2 \cdot \frac{160}{4} \sqrt{0,49315} + 1 \right)^2 = 1,02 \text{ \%};$$

$$Q_3 = \frac{2,25}{30} 3 \sqrt{\frac{105,1 \cdot 89,5 \cdot 15,01^2 \cdot 160^2 \cdot 0,6}{1,02^2}} = 236,33 \text{ м}^3/\text{мин} (3,9 \text{ м}^3/\text{сек}).$$

Выбор вентилятора (ВМП)

$$Q_{в.н.} = K_{ут.гр.} \cdot Q_3, \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q_{в.н.} = 1,02 \cdot 24,9 = 25,4 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$h_{в.} = 1,1 \cdot Q_{в.}^2 \cdot R \cdot \psi, \text{ Па};$$

$$h_{м.} = 0,035 \cdot \delta^2 \cdot V_{ср.гр.}^2;$$

$$\delta = \frac{\pi \cdot \delta_0}{180};$$

$$h_{м.} = 0,035 \cdot \delta^2 \cdot V_{ср.гр.}^2;$$

$$h_{м.} = 0,035 \cdot 1,57^2 \cdot 39,15^2 = 132,23 \text{ дПа};$$

$$h_{в.} = 1,1 \cdot (25,4^2 \cdot 0,49315 + 132,23) \cdot 0,98 = 485,52 \text{ дПа}.$$

Доставку 24,9 м³/с воздуха в забой по одному вентиляционному ставу вентилятор ВМЭ–12А не обеспечит, т.к. он развивает максимальную депрессию в 300 дПа.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1.Скочинский, А.А. Рудничная вентиляция: учебное пособие /акад.А.А. Скочинский, проф. В.Б. Комаров. 2-е изд., Москва: углетехиздат, 1951 г. □ 627 с.
- 2.Исследование запыленности воздуха в рабочих помещениях: метод.указ. по выполнению лаб.– Томск: изд-во ТПУ, 2004 г. – 10 с.
- 3.Сайт «Studbooks.net». Проходка горных выработок. Вентиляция горных выработок. Способы и схемы вентиляции.
Сайт [https://studbooks.net/1758493/geografiya/ventilyatsiya_gornyh_vyrobotok].
- 4.НПАОП 0.00-1.34-71 Единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений подземным способом. Режим доступа – Консультант Плюс.
- 5.Медведев, И.И. Проветривание калийных рудников: учебное пособие / проф.д.т.н. И.И Медведев. М. Недра, 1970 г.207 с.
- 6.Гигиенические нормативы ГН 2.2.5.3532 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны». Режим доступа – Консультант Плюс.
- 7.Сайт «Studbooks.net». Приборы для определения запыленности воздуха.[https://studbooks.net/927435/ekologiya/pribory_opredeleniya_zapylenosti_vozduha].
- 8.Дьяков, В.В. Противопылевые вентиляционные режимы на рудниках: учебное пособие / В.В. Дьяков, В.И. Ковалев.М. Недра, 1984 г. □ 209 с.
- 9.Х.Грин, В.Лейн. Аэрозоли – пыли, дымы и туманы.2-е изд., стер.Л.: Химия, Ленинградское отделение, 1972.427 с.
- 10.Янов, А.П. Защита рудничной атмосферы от загрязнений: учебное пособие / А.П. Янов, В.С. Ващенко.М. Недра, 1977 г. 263 с.
- 11.Сайт «v-tumane.ru». Системы туманообразования и охлаждения [<https://v-tumane.ru/prodazha/pylepodavlenie>].
- 12.Сайт «vbokna.ru».Точка росы. [<http://vbokna.ru/okna/parametry/tochka-rosy>].
- 13.Сайт «teplonsk.ru». Статьи. Адиабатическое охлаждение испарением воды. [<http://teplonsk.ru/articles/109/>].

РАСЧЕТ НЕОБХОДИМОГО КОЛИЧЕСТВА ВОЗДУХА ДЛЯ ПОДЗЕМНЫХ РУДНИКОВ ПО КРИТЕРИЮ РАЗБАВЛЕНИЯ ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ МАШИН С ДВС

ТЕТЕРЕВ Н.А., МАЙНИНГЕР В.А., БАТАНИН Ф.К., КОЧНЕВА Л.В.
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

Аннотация. В статье приводится расчет потребляемого количества воздуха. Расчет концентрации CO и NO в выхлопных газах при работе машин на оптимальных режимах.

Ключевые слова: горнорудные предприятия, концентрации окиси углерода, концентрации окислов азота, расчет количества воздуха.

CALCULATION OF THE NECESSARY AMOUNT OF AIR FOR UNDERGROUND MINES BY THE CRITERION FOR EXHAUST GAS DILUTING OF MACHINES WITH INTERNAL COMBUSTION ENGINE

Abstract. The article provides a calculation of the consumed amount of air. Calculation of the concentration of CO and NO in the exhaust gases during operation of the machines at optimal conditions.

Key words: mining enterprises, concentration of carbon monoxide, concentration of nitrogen oxides, calculation of the amount of air.

Количество воздуха, необходимое для проветривания горных выработок, определялось в соответствии с требованиями правил безопасности:

1. Содержание кислорода в воздухе выработок, в которых находятся или могут находиться люди, должно составлять не менее 20 % (по объему). Содержание углекислого газа в рудничном воздухе не должно превышать на рабочих местах 0,5 %, в выработках с общей исходящей струей шахты - 0,75 %, а при проведении и восстановлении выработок по завалу - 1%. Суммарное содержание горючих газов метана и водорода в выработках не должно превышать 0,5 % по объему (10 % - нижней концентрации предела взрываемости, НКПР).

2. Воздух в действующих подземных выработках не должен содержать ядовитых газов (паров) больше предельно допустимой концентрации, приведенных в таблице 1:

Таблица 1 – Определение ПДК газа в действующих выработках шахт

Наименование ядовитых газов (паров)	Формула	Предельно допустимая концентрация газа в действующих выработках шахт	
		% по объему	мг/м ³
Оксид углерода	СО	0,0017	2 0
Окислы азота (оксиды азота) в пересчете на NO ₂	NO ₂	0,00026	5

Методика расчета:

Производим проверочный расчет потребного количества воздуха а именно скорости потока в районе работы машин с ДВС по разбавлению окислов углерода и окислов азота по современной методике

Расчет производим по машине, наиболее применяемой, TORO 007: мощность 187 кВт, объем двигателя 8,5л. (0,0085м³), количество оборотов при максимальной мощности - 2 100 оборотов в минуту (35 оборотов в секунду). Учитывая, что двигатель четырехтактный, за один оборот выбрасывается количество газов равное половине объема двигателя, т.е. 0,0043 м³.

Высчитываем объем исходящих газов от работы машины с ДВС на максимальной мощности путем произведения количества оборотов (в секунду) на выбрасываемое количество газов, отработанных в ДВС в м³:

$$35 \text{ об/сек.} * 0,0043 \text{ м}^3 = 0,15 \text{ м}^3/\text{с}$$

Отработанные газы содержат: оксид углерода СО, оксиды азота в пересчете на NO₂, углеводороды СН, твердые частицы и не переработанный (не вступивший в реакции) объем свежего воздуха. Регламентируется выброс опасных веществ, перечисленных выше (таблица 1), воздух сохраняет свои свойства, поэтому необходимо определить в расходе всего воздуха, прошедшего через ДВС сколько имеется отработанных вредных газов.

Расчет количества исходящих отработанных газов ДВС в общем объеме воздуха, прошедшего через двигатель по компонентам, производим следующим образом:

1) Расчет количества оксида углерода (СО) в выделившихся газах:

Определяем расчетное количество выделяемой окиси углерода путем произведения номинальной мощности двигателя машины на предельное количество газа, выделяемого на 1 кВт мощности, согласно таблице 2.

Таблица 2 - Расчет количества газа от мощности двигателя

Диапазон мощности	Полезная мощность P, кВт	Оксид углерода CO г/(кВт-ч)	Углеводороды CH г/(кВт-ч)	Оксиды азота NO ₂ г/(кВтч)	Дисперсные частицы РМ г/(кВтч)
E	130 ≤ P ≤ 560	3,5	1,0	6,0	0,2
F	75 ≤ P ≤ 130	5,0			0,3
G	37 ≤ P ≤ 75		1,3	7,0	0,4
D	18 ≤ P < 37	5,5	1,5	8,0	0,8

$$187 \text{ кВт} \cdot 3,5 \text{ г/кВт} \cdot \text{ч} = 654,5 \text{ г/ч} = 0,182 \text{ г/с.}$$

Определяем расчетный объем выделяемой окиси углерода путем деления рассчитанного количества на плотность CO по воздуху (плотность воздуха принимаем равной 1347 г/м³ согласно ГОСТ 4401-81 для глубины минус 1000 м):

$$182 \text{ г/с} : (1347 \text{ г/м}^3 \times 0,97) = 0,000139 \text{ м}^3/\text{с}$$

Относительная плотность CO по воздуху: 28(г/моль) / 29 (г/моль) = 0,97 От общего количества, прошедшего через ДВС воздуха, содержание CO составит:

$$(0,000139 \text{ м}^3/\text{с} \times 100 \%) : 0,15 \text{ м}^3/\text{с} = 0,093 \%$$

2) Расчет количества окислов азота в выделившихся газах (в пересчете на NO₂):

Определяем расчетное количество выделяемых окислов азота (в пересчете на NO₂) путем произведения мощности двигателя машины на предельное количество газа, выделяемого на 1 кВт мощности, согласно ЕЭК ООН № 96-02 (таблица 2):

$$187 \text{ кВт} \times 6 \text{ г/кВт} \cdot \text{ч} = 1122 \text{ г/ч} = 0,31 \text{ г/с}$$

Определяем расчетный объем выделяемых окислов азота (в пересчете на NO₂) путем деления рассчитанного количества выброса на плотность NO₂ по воздуху (плотность воздуха принимаем равной 1347г/м³ согласно ГОСТ 4401-81 для глубины минус 1000 м):

$$0,31 \text{ г/с} : 1347 \text{ г/м}^3 \times 1,59 = 0,00015 \text{ м}^3/\text{с}$$

Относительная плотность NO₂ по воздуху: 46(г/моль) / 29 (г/моль) = 1,59 От общего количества, прошедшего через ДВС воздуха, содержание окислов азота (в пересчете на NO₂) составит:

$$0,00015 \text{ м}^3/\text{с} : 0,15 \text{ м}^3/\text{с} \times 100\% = 0,1\%$$

3) Расчет по содержанию кислорода в выработке для работы машины с ДВС: Согласно ФНиП содержание кислорода в воздухе должно быть не менее 20 % (по объему). Учитывая, что в подаваемом из атмосферы в шахту воздухе содержание кислорода равно 20,95 % (ГОСТ 4401-81), то рассчитанный относительный объем (%) выделившихся газов должен составлять не более, что бы не вытеснить кислород на содержание менее 20 %: 20,95 % - 20% = 0,95 %;

Таким образом, $0,000366 \text{ м}^3/\text{с}$ должно составлять не более $0,95 \%$ от поступающего воздуха в выработку где работает машина с ДВС.

Расчетный объем воздуха, необходимого для поддержания кислорода на уровне 20% должен составлять не менее:

$$0,000366 \text{ м}^3 / : 0,95 \% \text{ с } \times 100 \% = 0,04 \text{ м}^3 / \text{ с}$$

Расход необходимого количества воздуха составляет не менее $0,04 \text{ м}^3/\text{с}$.

S – площадь поперечного сечения выработки, средняя 19 м^2 , P - периметр выработки, 21 м . Скорость минимальная равна $0,1 \cdot 21 / 19 = 0,11 \text{ м/с}$, при сечении 19 м^2 , расход должен быть не менее $0,11 \cdot 19 = 2,1 \text{ м}^3/\text{с}$.

То есть допустимый расход воздуха в $2,1 / 0,04 = 52,5$ раза больше, чем потребный для содержания кислорода выше 20% по объему в выработке где работает машина с ДВС.

Далее проводим проверочный расчет по содержанию выбрасываемых компонентов на соответствие их ПДК и требованиям ФНиП относительно состава рудничной атмосферы:

Согласно ФНиП ГР 336. Двигатели внутреннего сгорания должны быть оборудованы нейтрализаторами отработавших газов. Рассчитывается предельное значение выбросов одного загрязняющего вещества (СО или твердых частиц) или двух загрязняющих веществ в совокупности (СН+NO₂) в соответствии с официальным утверждением типа транспортного средства (транспортных средств):

1. Объемный расход выбрасываемого из ДВС СО равен $0,000139 \text{ м}^3/\text{с}$, что требует для достижения ПДК расхода воздуха, поступающего в выработку не менее:

$$0,000139 \text{ м}^3 / \text{ с} : 0,0017 \% \times 100 \% = 8,18 \text{ м}^3 / \text{ с}$$

Показатель ПДК СО = $0,0017 \%$.

Т.е. скорость воздуха в выработке сечением 18 м^2 должна быть $8,18 : 18 = 0,45 \text{ м/сек}$ (двигатель 187 кВт)

Но далее производим расчет по окислам азота (NO₂) а его ПДК меньше СО в $6,5$ раз, а в выхлопных газах его содержание больше в $1,7$ раза.

Производим расчет для двигателя 187 кВт .

2, Объемный расход выбрасываемого из ДВС NO₂ равен $0,00015 \text{ м}^3/\text{с}$, что требует для достижения ПДК расхода воздуха, поступающего в выработку не менее:

$$0,00015 \text{ м}^3 / \text{ с} : 0,00026 \% \times 100\% = 57,7 \text{ м}^3 / \text{ с}$$

Т.е. скорость воздуха в выработке сечением 18 м^2 должна быть $57,7 : 18 = 3,2 \text{ м/сек}$ (двигатель 187 кВт)

Теперь АНАЛИЗ : на 1 кВт ДВС необходимо $57,7 : 187 = 0,31 \text{ м}^3 / \text{ с}$

Согласно расчетным листам из лабораторий по анализам выхлопных газов - объемная доля СО и NO₂ имеют примерно одинаковое значение но т.к. ПДК NO₂ меньше СО в 6,5 раз. Значит расчеты потребного кол-ва воздуха необходимо производить по NO₂.

Скорость воздуха в рабочих блоках где работают машины с ДВС не превышает 2 м/сек т.е. необходимо производить замеры концентраций NO₂ при полной загрузке и возможно перераспределять воздушные потоки для достижения (в рабочих выработках при работе машин с ДВС) больших скоростей воздуха вплоть до 4 м/сек.

Максимальная скорость в выработках не превышает следующих норм:

- в очистных и подготовительных выработках - 4 м/с;
- в квершлагах, вентиляционных и главных откаточных штреках, капитальных уклонах - 8 м/с; в остальных выработках - 6 м/с;
- в воздушных мостах (кроссингах) и главных вентиляционных штреках - 10 м/с; в стволах, по которым производятся спуск и подъем людей и грузов, - 15 м/с;
- в вентиляционных скважинах, каналах и восстающих, не имеющих лестничных отделений, скорость воздушной струи не ограничивается. Все скорости соблюдаются

В очистных выработках где работают машины с ДВС мощностью выше 187 кВт скорость воздуха должна быть от 3 до 4 м/сек согласно расчетам.

В настоящее время на горнорудных предприятиях в большинстве случаев используется самоходная техника с ДВС большой мощности. Для безопасного ведения горных работ необходимо особенно тщательно замерять концентрации СО и NO в выхлопных газах при работе машин на оптимальных режимах и перераспределять воздушные потоки таким образом чтобы концентрации окиси углерода и окислов азота в особенности не превышали ПДК

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Скочинский, А.А. Рудничная вентиляция: учебное пособие /акад.А.А. Скочинский, проф. В.Б. Комаров.– 2-е изд., Москва: углетехиздат, 1951 г.– 627 с.
2. Чекман, И.С. Аэрозоли–дисперсные системы: монография / И.С. Чекман, м А.О. Сыровая, С.В. Андреева, В.А. Макаров.–Киев-Харьков, 2013 г.–101с.
3. Сайт «Studbooks.net». Проходка горных выработок. Вентиляция горных выработок. Способы и схемы вентиляции.[https://studbooks.net/1758493/geografiya/ventilyatsiya_gornyh_vyrobotok].
4. НПАОП 0.00-1.34-71 Единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений подземным способом. Режим доступа – Консультант Плюс.
5. Гигиенические нормативы ГН 2.2.5.3532 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны». Режим доступа – Консультант Плюс.

6. Сайт «Studbooks.net». Приборы для определения запыленности воздуха.[https://studbooks.net/927435/ekologiya/pribory_opredeleniya_zapylennosti_vozduha].

7. Янов, А.П. Защита рудничной атмосферы от загрязнений: учебное пособие / А.П. Янов, В.С. Вашенко.–М. Недра, 1977 г. – 263 с.

8. Ветошки, А.Г. Процессы и аппараты пылеочистки: учебное пособие / А.Г. Ветошкин.–Пенза: изд-во Пенз. гос. ун-та, 2005 г.–210 с.