

УДК 613.6:622.012:661.682

ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА И СОДЕРЖАНИЯ АЭРОЗОЛЯ ДЕЗИНТЕГРАЦИИ В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ГОРНЫХ ПОРОД

Семёнов И. П.¹, Павлович Т. П.¹, Макеев В. В.², Рыбина Т. М.³, Малевич Н. О.⁴

*¹Учреждение образования «Белорусский государственный медицинский университет»,
г. Минск, Республика Беларусь;*

*²Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта»,
г. Гомель, Республика Беларусь;*

*³Республиканское унитарное предприятие «Республиканский центр охраны труда
Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь»,
г. Минск, Республика Беларусь;*

*⁴Республиканское унитарное производственное предприятие «Гранит»,
г. Микашевичи, Республика Беларусь*

Реферат. При обработке горной породы в воздух рабочей зоны в силу несовершенства технологического процесса поступает аэрозоль дезинтеграции, состав которого определяется составом горной породы, а концентрация в воздухе рабочей зоны — используемым оборудованием. Основными компонентами щебня являются полевые шпаты (53,7 % по массе), кварц (37,7 %), слюда (6,8 %). При процессах дробления породы в воздух рабочей зоны поступает кремния диоксид кристаллический (при содержании в пыли от 10 до 70 %), медиальное значение его фактической концентрации в воздухе рабочей зоны в цехе дробления превышает ПДК среднесменную в 7,31 раза. Выявлена сильная прямая статистически значимая корреляционная связь между концентрацией диоксида кремния и концентрациями частиц РМ 10 и РМ 2,5 в целом в цехе ($\rho = 0,82$, $p < 0,001$) и средней силы прямая статистически значимая корреляционная связь между концентрацией диоксида кремния и концентрацией РМ 10 и РМ 2,5 в точке измерений 1 ($\rho = 0,58$, $p = 0,004$). Установлена сильная прямая статистически значимая корреляционная связь между среднесменными концентрациями РМ 10 ($r_{\text{гб}} = 0,92$, $p < 0,01$) и РМ 2,5 ($r_{\text{гб}} = 0,95$, $p < 0,01$) и запыленностью воздуха рабочей зоны. Таким образом, вклад концентраций РМ 10 и РМ 2,5 в концентрацию диоксида кремния в воздухе рабочей зоны в дробильном цехе является значимым.

Ключевые слова: щебень, диоксид кремния, воздух рабочей зоны.

Введение. В Республике Беларусь на протяжении ряда лет профессиональные заболевания, связанные с воздействием промышленных аэрозолей, занимают одно из лидирующих мест в структуре профессиональной патологии. Важным прогностическим компонентом при расчете респираторного профессионального риска и обосновании эффективной системы медицинской профилактики является состав и содержание промышленного аэрозоля в воздухе рабочей зоны. Аэрозоли, содержащие твердые частицы, образующиеся при измельчении горных пород, с учетом их состава и метрических характеристик способны приводить при длительном вдыхании к

развитию хронического диффузного пневмонита с исходом в диффузный фиброз легких.

Республиканское унитарное производственное предприятие «Гранит» (Республика Беларусь) выпускает щебень различных фракций и ориентировано на обеспечение строительной отрасли высокопрочным материалом — щебнем из плотных горных пород. Объем выпускаемой продукции составляет более 150 тыс. тонн гранитного щебня в год. Предприятие является типичным по организации технологического процесса и использованию производственного оборудования для данного вида производства по переработке горной породы.

На рабочих местах одним из ведущих (наряду с производственным шумом) вредным производственным фактором является промышленный аэрозоль, содержащий кристаллический диоксида кремния (содержание SiO_2 в пыли составляет от 10 до 70 %). Данный аэрозоль относится к типу аэрозолей с преимущественно фиброгенным действием.

Степень фиброгенности аэрозоля и/или способности воздействовать негативно на легочную ткань зависит в большой степени от содержания в аэрозоле кремния. В аэрозоле кремний может присутствовать в свободном состоянии в виде диоксида кремния (SiO_2) и в связанном — в виде силикатов (солей кремниевых кислот).

Для свободного диоксида кремния характерен полиморфизм — способность существовать в виде различных кристаллов. Полиморфные (кристаллические) формы диоксида кремния наиболее распространены в природе (кварц, тридимит, опал, халцедон, кварцин и др.). Механическое измельчение различных кристаллических форм диоксида кремния приводит к образованию его аэрозоля дезинтеграции. Кристаллический диоксид кремния очень тверд, нерастворим в воде и плавится при температуре около 161°C , превращаясь в бесцветную жидкость, после охлаждения которой получается прозрачная стекловидная масса — аморфный диоксид кремния (кварцевое стекло). Аморфный диоксид кремния распространен в горных породах гораздо меньше. В производственных условиях аэрозоль конденсации аморфного диоксида кремния образуется чаще в результате возгонки веществ, а аэрозоль дезинтеграции аморфного диоксида кремния — при механическом разрушении кварцевого стекла.

Различают аэрозоли с выраженными и умеренно фиброгенными свойствами (к таковым относят аэрозоль с содержанием частиц диоксида кремния более десяти процентов, $\text{SiO}_2 > 10\%$) и слабофиброгенными свойствами (содержание диоксида кремния менее десяти процентов, $\text{SiO}_2 < 10\%$).

Для аэрозолей преимущественно фиброгенного действия разработан гигиенический норматив для воздуха рабочей зоны — предельно допустимая концентрация (ПДК). Величина ПДК учитывает основные факторы фиброгенности и свойства аэрозоля,

определяющие его биологическое действие в производственных условиях:

- химический состав аэрозоля (присутствие помимо соединения кремния других химических элементов или соединений);
- вид соединений кремния (диоксиды или силикаты);
- содержание (интервальное) свободного диоксида кремния в общей массе аэрозоля;
- вид свободного диоксида кремния (кристаллический или аморфный);
- механизм образования аэрозоля (аэрозоль дезинтеграции или конденсации);
- происхождение аэрозоля (пыли растительного и животного происхождения);
- морфологию пылевых частиц (для силикатсодержащих соединений учитывается содержание асбестовых волокон);
- содержание респираторных волокон в волокнистых аэрозолях;
- способность вызывать острые и хронические интоксикации;
- способность оказывать канцерогенное и аллергенное действие.

Цель работы — определение при производстве щебня особенностей состава и концентрации аэрозоля дезинтеграции в воздухе рабочей зоны.

Материалы и методы. При характеристике технологического процесса использован метод санитарного описания. Санитарно-химические исследования содержания диоксида кремния проводили в соответствии с требованиями межгосударственных стандартов [1, 2]. Гигиеническую оценку полученных результатов проводили в соответствии с утвержденными гигиеническими нормативами [3]. Исследования содержания частиц в воздухе рабочей зоны проведены с использованием пылемера «АТМАС» (ООО «НТМ-Защита», Российская Федерация). Принцип действия основан на использовании пьезоэлектрического эффекта. Частицы пыли в поле коронного разряда, создаваемого высоковольтным электродом, осаждаются на поверхности датчика пыли (кварцевый пьезоэлемент), который изменяет частоту колебаний пропорционально массе осевшей пыли. Измерения проводились с применением фильтра-разбавителя на двух режимах измерения с применением импактора и сменных насадок с калиброванными отверстиями для

измерения концентрации частиц РМ 10 (частицы не более 10 мкм) и РМ 2,5 (частицы не более 2,5 мкм). Одновременно измерялись температура и атмосферное давление для последующего приведения полученных концентраций к нормальным условиям. Для получения стабильных данных в соответствии с инструкцией по эксплуатации пылемера через каждые два отбора проводилась чистка датчика пыли. Измерение фактических концентраций производились в течение 8-часовой рабочей смены на рабочем месте дробильщика в дробильном цехе предприятия при характерных технологических условиях и работе системы вентиляции.

Для статистического анализа использованы медиальные значения среднесменных фактических концентраций диоксида кремния (при содержании в пыли от 10 до 70 %), РМ 10 и РМ 2,5 с определением интервала между 25 и 75 перцентилиями (Ме (25–75 %), мг/м³); оценка достоверности различий анализируемых концентраций проводилась по критерию Манна – Уитни (*U*) и критерию Вилкоксона (*T*); связь между изучаемыми концентрациями оценивалась по коэффициенту корреляции Спирмена (ρ) и рангово-бисерному коэффициенту корреляции (*trb*); уровень подтверждения гипотезы соответствовал $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение. В состав дробильно-сортировочного завода предприятия «Гранит» входят пять цехов по переработке горной массы и производству щебня, один цех погрузки и два вспомогательных участка. Добытую открытым способом в карьере горную массу размером 0–1200 мм доставляют в цеха и перерабатывают на щековых дробилках С-200 (Финляндия), СМД-117, ЩДП 15×21 (Российская Федерация).

Горная масса размером фракции до 300 мм конвейерным транспортом подается в дробильные цеха и дробильно-сортировочные цеха (ДСЦ) на дробилки среднего дробления КСД-2200 (Российская

Федерация), НР-500 (Франция), дробится на размер горной массы до 90 мм и подается конвейерным транспортом в корпус третичного дробления. Принятая горная масса перерабатывается на конусных дробилках НР-300, НР-00 (Франция), КМД-2200 (Российская Федерация) размером до 70 мм и подается в корпус сортировки, где проходит грохочение на различные фракции. Складирование готовой продукции осуществляется в штабельные склады. Отгрузка готовой продукции производится в железнодорожный, автомобильный и водный транспорт.

Недостаточная герметизация технологических установок по дроблению, транспортировке, грохочению (сортировке), погрузке-разгрузке обуславливает загрязнение воздуха рабочей зоны аэрозолями дезинтеграции. Его состав определяется минералогическим составом породы, которая относится к плутоническим магматическим породам типа гранодиоритов.

В состав породы для производства щебня входят следующие минералы:

- полевые шпаты в виде минералов группы плагиоклазов (альбита $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$), олигоклаза (10–30) $\text{Na}[\text{Al}_3\text{O}_8]$ · (90–70) $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_8]$, анортита $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_8]$, лабрадора $\text{Na}_{0,5}\text{Ca}_{0,5}[\text{Al}_{1,5}\text{Si}_{2,5}\text{O}_8]$, группы ортоклазов (ортоклаз $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$), группы микроклина ($\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$);
- кварц (SiO_2);
- слюда (представлена в основном биотитом $\text{K}(\text{Fe}, \text{Mg})_3[\text{OH}]_2[(\text{Al}, \text{Fe})\text{Si}_3\text{O}_{10}]$).

В качестве примесей могут присутствовать:

- минералы группы пироксенов (в основном диопсид $\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_8]$);
- минералы группы амфиболов (роговая обманка) $(\text{Ca}, \text{Na})_3\text{Mg}_5(\text{Si}, \text{Al})_8\text{O}_{22}(\text{OH})$;
- карбонаты кальция и магнезия (CaCO_3 , MgCO_3).

Основной удельный вес (по массе) в минералогическом составе щебня принадлежит полевым шпатам и кварцу (таблица 1).

Таблица 1 — Минералогический состав щебня

| Минералы | Содержание, процент по массе |
|---------------------|------------------------------|
| Основные компоненты | |
| Полевые шпаты | 53,7 |
| Кварц | 37,7 |
| Слюда | 6,8 |

Окончание табл. 1

| Минералы | Содержание, процент по массе |
|------------------|------------------------------|
| Примеси | |
| Пироксен | 0,6 |
| Амфиболы | 0,6 |
| Карбонат кальция | 0,6 |
| Карбонат магния | 0,4 |

Во всех трех основных компонентах щебня в том или ином виде присутствует кремний: полевые шпаты являются породообразующей группой минералов и относятся к классу силикатов, кварц является полиморфной модификацией диоксида кремния, а слюда относится к алюмосиликатам. Химический состав аэрозоля дезинтеграции, образующего в ходе технологических операций дробления и сортировки щебня, является одним из факторов, определяющих выраженность фиброгенного действия. Содержание (в процентах от общей массы аэрозоля) диоксида кремния на рабочих местах дробильно-сортировочного завода по результатам проведенных санитарно-химических исследований воздуха рабочей зоны составляет: в цехе дробления (2-й корпус дробления) — 55,55 % (содержание связанного SiO_2 (кварца) в общей массе данного аэрозоля 31,48 %), в цехе сортировки — 54,21 % (содержание связанного SiO_2 (кварца) в общей массе данного аэрозоля незначительно выше — 35,41 %).

Таким образом, данный промышленный аэрозоль дезинтеграции при гигиенической оценке условий труда рабочих идентифицировался как кремния диоксид кристаллический при содержании в пыли от 10 до 70 % (гранит, шамот, слюда-сырец, углеродная пыль и др.). В соответствии с действующими в Республике Беларусь гигиеническими нормативами [3], данный аэрозоль относится к веществам умеренно опасным (3-й класс опасности), обладающим фиброгенным действием, для которого установлены макси-

мально разовая и среднесменная ПДК (соответственно ПДК мр = 6 мг/м³ и ПДК сс = 2 мг/м³).

Дисперсность аэрозоля дезинтеграции, образующегося на рабочих местах, определяется в первую очередь физическими свойствами породы и особенностями технологического процесса. Исходные горные породы являются высокопрочным материалом, устойчивым против всех видов распадов. Прочность щебня по дробимости характеризуется маркой 1400, по истираемости — И-1, морозостойкости — 300. На предприятии выпускается гранитный щебень различных фракций в широком размерном диапазоне — от 5 до 70 мм. В ходе дробильно-сортировочных операций на технологическом оборудовании достигается необходимая степень измельчения щебня, при этом в воздух рабочей зоны в силу несовершенства технологического оборудования поступает определенная масса аэрозоля дезинтеграции с различной степенью дисперсности частиц.

Были проведены исследования содержания диоксида кремния в воздухе рабочей зоны в дробильном цехе предприятия с характерным технологическим оборудованием и циклом. В ходе исследований установлено, что медиальное значение среднесменной концентрации кремния диоксида кристаллического (при содержании в пыли от 10 до 70 %) в воздухе рабочей зоны дробильного цеха превышает установленный гигиенический норматив (ПДК среднесменную) в 7,31 раза (таблица 2).

Таблица 2 — Гигиеническая оценка среднесменной концентрации кремния диоксида кристаллического (при содержании в пыли от 10 до 70 %) в воздухе рабочей зоны

| Цех | Me (25–75 %), мг/м ³ | ПДК среднесменная, мг/м ³ | Превышение ПДК среднесменной, раз |
|------------|---------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
| Дробильный | 14,61 (10,92–35,03) | 2,0 | 7,31 |

Однако не вся масса аэрозоля, содержащего разноразмерные твердые частицы аэрозоля дезинтеграции, поступающий в воздух рабочей зоны, может проникать в организм человека в процессе дыхания. Массовая концентрация РМ 2,5 в ряде случаев может являться ключевым параметром для оценки качества воздуха и его угрозы для здоровья человека. Это связано с наибольшей глубиной проникновения в дыхательные пути и обуславливает развитие следующих возможных биологических эффектов: возбуждение легочных рецепторов (учащение дыхания, сердечная аритмия), разрушение клеток легочного эпителия, развитие воспалительного ответа, увеличение свертываемости крови, дестабилизацию атеросклеротических бляшек, утолщение стенок сосудов [6–9]. Кроме того, РМ 2,5

имеют скорость оседания приблизительно 0,2 мм/с, что в 15 раз ниже, чем для РМ 10, это позволяет им достаточно долго находиться во взвешенном состоянии в воздухе рабочей зоны в высоких концентрациях и проникнуть в дыхательные пути. В связи с чем нами был проведен анализ содержания РМ 2,5 и более крупных РМ 10 в воздухе рабочей зоны на рабочих местах предприятия.

Медиальное значение среднесменной концентрации в воздухе рабочей зоны дробильного цеха РМ 10 и РМ 2,5 в точке измерений 1 статистически значимо ниже, чем в точке измерений 2 (таблица 3). Обращает внимание, что в точке 2 не выявлено статистически значимых различий в значениях среднесменных концентраций частиц изучаемого размера.

Таблица 3 — Концентрации РМ 10 и РМ 2,5 в воздухе рабочей зоны дробильного цеха, мг/м³

| Размер частиц | Точка 1 Ме (25–75 %), min–max | Точка 2 Ме (25–75 %), min–max | Статистическая значимость различий |
|---------------------------------------|--|--|---------------------------------------|
| РМ 10 | 0,59 (0,47–0,90), 0,39–1,83 | 8,67 (6,28–10,03), 4,46–16,08 | $U = 0,0$ $Z = 4,4$ $p < 0,001$ |
| РМ 2,5 | 0,46 (0,34–0,65), 0,10–1,27 | 8,76 (6,85–13,37), 5,71–16,38 | $U = 0,0$ $Z = 4,3$ $p < 0,001$ |
| Статистическая значимость различий | $T = 40,0$ $Z = 2,8$ $p = 0,005$ | $T = 40,0$ $Z = 2,8$ $p = 0,575$ | – |

Выявлена сильная прямая статистически значимая корреляционная связь между концентрацией диоксида кремния и концентрациями РМ 10 и РМ 2,5 в целом в цехе ($\rho = 0,82$, $p < 0,001$) и средней силы прямая

статистически значимая корреляционная связь между концентрацией диоксида кремния и концентрацией РМ 10 и РМ 2,5 в точке измерений 1 ($\rho = 0,58$, $p = 0,004$) (таблица 4).

Таблица 4 — Значения коэффициента корреляции и его значимость между концентрацией диоксида кремния и концентрацией РМ 10 и РМ 2,5 в воздухе рабочей зоны дробильного цеха (корпус № 3)

| Показатель | Коэффициент корреляция Спирмена (ρ) | Уровень значимости (p) |
|--------------------------|---|----------------------------|
| Дробильный цех (в целом) | $\rho = 0,82$ | $p < 0,001$ |
| Точка измерения 1 | $\rho = 0,58$ | $p = 0,004$ |
| Точка измерения 2 | $\rho = 0,69$ | $p > 0,05$ |

Среднесменные концентрации частиц изучаемого размера играют существенную

роль в формировании запыленности воздуха рабочей зоны в цехе дробления в це-

лом. Так, выявлена сильная прямая статистически значимая корреляционная связь между среднесменными концентрациями РМ 10 ($r_{rb} = 0,92, p < 0,01$) и РМ 2,5 ($r_{rb} = 0,95, p < 0,01$) и запыленностью воз-

духа рабочей зоны. Таким образом, вклад концентраций РМ 10 и РМ 2,5 в концентрацию диоксида кремния в воздухе рабочей зоны в цехе является значимым (таблица 5).

Таблица 5 — Значения рангово-бисерного коэффициента корреляции при оценке вклада РМ 10 и РМ 2,5 в запыленность воздуха рабочей зоны в целом по цеху дробления

| Размер частиц | Коэффициент корреляции (r_{rb}) | Уровень значимости (p) |
|---|-------------------------------------|----------------------------|
| РМ 10 (суммарно в двух точках измерений) | $r_{rb} = 0,92$ | $p < 0,01$ |
| РМ 2,5 (суммарно в двух точках измерений) | $r_{rb} = 0,95$ | $p < 0,01$ |
| РМ 10 (точка 1) | $r_{rb} = 0,99$ | $p < 0,01$ |
| РМ 2,5 (точка 1) | $r_{rb} = 0,99$ | $p < 0,01$ |
| РМ 10 (точка 2) | $r_{rb} = 0,68$ | $p < 0,01$ |
| РМ 2,5 (точка 2) | $r_{rb} = 0,52$ | $p > 0,05$ |

Исходя из изложенного выше можно определить основные ожидаемые патологические воздействия на органы и системы работников, занятых в цехах с превышением ПДК по данному составу аэрозоля: пылевые заболевания верхних дыхательных путей, хронический пылевой бронхит, хроническая обструктивная болезнь легких, пневмоко-ниозы.

Оценку риска развития профзаболеваний в результате воздействия аэрозолей проводят на основе измерений массовой концентрации частиц пыли, содержащихся в воздухе рабочей зоны [4–5]. При количественной оценке профессионального риска стандартными расчетами вероятного повреждающего действия на организм работников с

учетом измеренных концентраций в воздухе рабочей зоны работники могут быть отнесены в группу высокого риска, что подтверждено данными аттестации рабочих мест на предприятии.

В общей сложности в категорию рабочих мест с вредными условиями труда отнесено 57 % рабочих мест, на которых занято 63,7 % работников от общей численности на предприятии, а в структурных подразделениях ДСЦ-1, цехе дробления, цехе сортировки расчетный суммарный коэффициент ($K_{сум}$) составил более 3,2, что позволяет отнести данные рабочие места в группу повышенного риска (таблица 6). Ведущими производственными факторами при этом являются промышленный аэрозоль и шум.

Таблица 6 — Показатели суммарного коэффициента по условиям труда

| Цех | Количество рабочих мест | Количество работников | $K_{сум}$ |
|----------------|-------------------------|-----------------------|-----------|
| ДСЦ-1 | 112 | 429 | 3,830357 |
| ДСЦ-2 | 97 | 247 | 2,546392 |
| Цех дробления | 160 | 619 | 3,86875 |
| Цех сортировки | 141 | 507 | 3,595745 |
| Карьер | 323 | 729 | 2,256966 |
| АТП | 495 | 1532 | 3,094949 |

Заключение. Таким образом, проведенные исследования показали, что медиальное значение среднесменной концентрации диоксида кремния (при содержании в пыли от 10 до 70 %) в воздухе рабочей зоны цеха дробления дробильно-сортировочного завода

Республиканского унитарного производственного предприятия «Гранит» (корпус № 3) составляет 14,61 (10,9–35,03) мг/м³, что превышает установленную среднесменную ПДК (2 мг/м³) в 7,31 раза. В целом в дробильном цехе выявлена сильная прямая статистиче-

ски значимая корреляционная связь между среднесменной концентрацией диоксида кремния и среднесменными концентрациями РМ 10 и РМ 2,5 ($\rho = 0,82$, $p < 0,001$). Вклад в формирование среднесменной концентрации диоксида кремния в воздухе рабочей зоны в дробильном цехе среднесменных концентраций частиц изучаемого размера является значимым — установлена сильная прямая статистически значимая

корреляционная связь для РМ 10 ($r_{rb} = 0,92$, $p < 0,01$) и РМ 2,5 ($r_{rb} = 0,95$, $p < 0,01$). При оценке персонафицированного профессионального риска для здоровья работников дробильного цеха, обусловленного воздействием образующегося аэрозоля дезинтеграции, наряду с фактическими его концентрациями следует также учитывать метрические размеры частиц аэрозоля и их биологическое действие.

Список цитированных источников

1. Цементы и материалы цементного производства. Методы химического анализа : ГОСТ 5382-2019. — Введ. 01.06.2020. — Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2020. — 69 с.
2. Сырье глинистое. Методы испытаний : ГОСТ 21216-2014. — Введ. 01.07.2015. — Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2015. — 39 с.
3. Об утверждении гигиенических нормативов : постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 25 января 2021 г. № 37 [Электронный ресурс] // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. — Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22100037&p1=1&p5=0>. — Дата доступа: 14.06.2023.
4. Состояние проблемы и перспективы использования методологии по оценке профессиональных рисков / Р. Д. Клебанов [и др.] // Здоровье и окружающая среда : сб. науч. тр. / М-во здравоохранения Респ. Беларусь, Респ. науч.-практ. центр гигиены ; редкол.: В. П. Филонов (гл. ред.), В. Ю. Зинновкина (отв. ред.). — Минск, 2009. — Вып. 14. — С. 336–343.
5. Критерии оценки и показатели производственно обусловленной заболеваемости для комплексного анализа влияния условий труда на состояние здоровья работников, оценки профессионального риска : инструкция по применению, 24 нояб. 2009 г., № 062-1109 / Респ. науч.-практ. центр гигиены ; сост. Р. Д. Клебанов [и др.] // Гигиена труда : сб. норматив. док. — Минск, 2010. — Вып. 2(6). — С. 136–170.
6. Health effects of particulate matter // World Health Organization. — 2013. — 20 p.
7. Cardiovascular Disease and Air Pollution: A report by the Committee on the Medical Effects of Air Pollutants // Department of Health UK. — 2006. — 215 p.
8. Cell cycle alterations induced by urban PM 2.5 in bronchial epithelial cells: characterization of the process and possible mechanisms involved / E. Longhin [et al.] // Particle and Fibre Toxicology. — 2013. — 19 p.
9. Fine Particulate air Pollution and the Progression of Carotid Intima-Medial Thickness / Sara D. Adar [et al.] // Plos. Medicine. — 2013. — № 10 (4). DOI:10.1371/journal.pmed.1001430.

Features of the composition and content of the disintegration aerosol in the air of the working area of the enterprise rock processing

Siamionau I. P.¹, Pavlovich T. P.¹, Makeyev V. V.², Rybina T. M.³, Malevich N. O.⁴

¹*Belarusian State Medical University, Minsk, Republic of Belarus;*

²*Belarusian State University of Transport, Gomel, Republic of Belarus;*

³*Republican Center for Labor Protection Ministry of Labor and Social Protection the Republic of Belarus, Minsk, Republic of Belarus;*

⁴*Republican Unitary Production Interprise "Granit", Mikashevichi, Republic of Belarus*

During the processing of rock, disintegration aerosol enters the air of the working zone due to the imperfection of the technological process, the composition of which is determined by the



composition of the rock, and the concentration in the air of the working zone is determined by the features of the organization of the technological process and the equipment used. The main components of crushed stone are feldspars (53.7 % by weight), quartz (37.7 %), mica (6.8 %). During rock crushing processes, crystalline silicon dioxide enters the working air (with a content in dust from 10 to 70 %), the medial value of its actual concentration in the air of the working area in the crushing shop exceeds the average shift MPC by 7.31 times. A strong direct statistically significant correlation was found between the concentration of silicon dioxide and the concentrations of PM 10 and PM 2.5 in the whole shop ($\rho = 0.82$, $p < 0.001$) and a moderate direct correlation between the concentration of silicon dioxide and the concentration of PM 10 and PM 2.5 at measurement point 1 ($\rho = 0.58$, $p = 0.004$). A strong direct statistically significant correlation was established between the average shift concentrations of PM 10 ($rrb = 0.92$, $p < 0.01$) and PM 2.5 ($rrb = 0.95$, $p < 0.01$) and the dust content of the air in the working area, thus, the contribution of PM 10 and PM 2.5 concentrations to the concentration of silicon dioxide in the air of the working area in the crushing plant is significant.

Keywords: rubble, silicon dioxide, working area air.