

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ ПРИ ОБОГАЩЕНИИ АСБЕСТОВЫХ РУД

Бурдин Н.В., Лебедев В.И., Бурдин В.Н.

*Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН,
Кызыл, e-mail <mailto:nik-burdin@yandex.ru>, vil@tikopr.fromtuva.ru*

В работе показаны причины возникновения профессиональных заболеваний в результате воздействия на организм человека асбестовой пыли. Клинические проявления и специфические симптомы, вызванные длительным контактом с асбестовой пылью. Рекомендуется новая технология пневмообогащения асбестового минерального сырья на базе ранее разработанных Тувинским институтом комплексного освоения природных ресурсов СО РАН способов и устройств по переработке минерального сырья, содержащего тяжелые минералы и металлы.

Ключевые слова: асбест, экология, заболеваемость, пыль, гравитация, технология

Асбест (от греч. *asbestos* – неугасимый) – обобщающее название для волокнистой формы шести различных природных минералов класса силикатов. Один из этих минералов – хризотил-асбест (хризотил, парахризотил), называемый также «белый асбест» и «горный лен», является волокнистой разновидностью серпентина (от латинского «*serpentes*» – змея, из-за часто гладкой, блестящей поверхности, напоминающей кожу змеи. Отсюда и русское название – змеевик) – минерала подкласса

слоистых силикатов. Остальные пять принадлежат к группе амфиболов (от греческого «амфиболос» – двусмысленный, неясный – из-за сложного переменного состава), минералов подкласса ленточных силикатов. По химическому составу асбестовые минералы относятся к классу водных силикатов магния, железа, отчасти кальция и натрия. По минералогии, признакам и кристаллической структуре подразделяются на хризотил-асбест (рис. 1, фото) и амфибол-асбест (рис. 2, фото).



Рис. 1. Хризотил-асбест

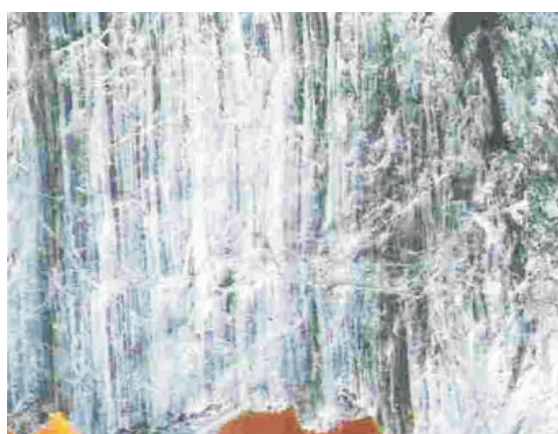


Рис. 2. Амфибол-асбест

Профессиональные болезни возникают в результате воздействия на организм неблагоприятных факторов производственной

среды. Клинические проявления часто не имеют специфических симптомов, и только сведения об условиях труда заболевше-

го позволяют установить принадлежность выявленной патологии к категории профессиональных болезней. Лишь некоторые из них характеризуются особым симптомо-комплексом, обусловленным своеобразными рентгенологическими, функциональными, гематологическими и биохимическими изменениями. Общепринятой классификации профессиональных болезней не существует. Наибольшее признание получила классификация по этиологическому принципу. Одним из таких заболеваний является асбестоз – наиболее частая форма силикатоза, вызванная вдыханием пыли асбеста. За прошедшее столетие в России развилась мощная асбестовая промышленность на базе Уральского, Тувинского, Оренбургского и других месторождений. Наша страна заняла лидирующее место в ряду асбестодобывающих стран (Канада, Зимбабве, Италия, Кипр и др.).

Подобно кремнезему, асбест обладает способностью вызывать реакции рубцевания во всех биологических тканях, как у животных, так и у человека. Кроме того, асбест вызывает ряд патологических реакций, в том числе силикотуберкулез и злокачественные опухоли, что усиливает тревогу относительно здоровья людей и бросает вызов науке по части предотвращения его пагубного воздействия. Первая обнаруженная связанная с асбестом патология – диффузный внутритканевый легочный фиброз или рубцевание, позже названная асбестозом, была зарегистрирована в Великобритании в начале двадцатого века. Позднее, в 30-х годах, в медицинской литературе появились сообщения о связанном с асбестозом раке легкого, хотя научные доказательства канцерогенности асбеста были получены только спустя несколько десятилетий.

Вдыхаемые волокна распространяются с воздушным потоком, и их способность проникать в более глубокие отделы легких зависит от размера; уровень проникновения волокон диаметром 5 мкм и меньше составляет более 80%, но задерживается их менее 10–20%. Более крупные частицы так же

могут попадать в воздухоносные пути и пищеварительный тракт, где они имеют тенденцию скапливаться. Но, в отличие от частиц диаметром менее 5 мкм, элиминация более крупных асбестовых волокон затруднена.

Частицы, осаждаемые в главных дыхательных путях, очищаются реснитчатыми клетками и удаляются вместе со слизью, но длительный контакт с пылью вызывает хронический пылевой бронхит, ведущий к обструкции дыхательных путей и эмфиземе легких с возникновением впоследствии гипертрофии правого желудочка сердца, причем подчеркивается, что воздействие пыли является более существенным фактором, чем курение. Однако в литературе имеются скудные и отчасти противоречивые сведения об изменениях в бронхах под воздействием асбестовой пыли. Описываются атрофические бронхиты, гипертрофические процессы [1-7].

Многие авторы описывают диффузный склероз легочной ткани разной степени выраженности, сходный с таковым при интерстициальном силикозе, от незначительного склероза стенок бронхиол и части прилегающих к ним альвеолярных перегородок до грубых склеротических изменений, достигающих степени «сотового» легкого. Ряд исследователей в последнее время обнаружили у контактировавших с асбестом лиц поражения легких, близкие по морфологическим признакам к идиопатическому фиброзирующему альвеолиту (ИФА). Асбестовые тельца считаются маркерами контакта с асбестовой пылью: диагноз асбестоза может быть установлен только при наличии асбестовых телец в гистологических препаратах легких в совокупности с соответствующими изменениями легочной ткани. Следует отметить, что в отечественной литературе морфологические описания асбестоза относятся к 60-м годам. В случаях с минимально выраженным склерозом микроскопически выявляется диффузное утолщение альвеолярных перегородок за счет их склероза и инфильтрации лимфоцитами и макрофагами; в просветах альвеол

макрофаги. Дальнейшее развитие процесса ведет к прогрессированию склеротических изменений альвеолярных перегородок и бронхиол. Плевра незначительно утолщена, склерозирована, эластическая мембрана ее сохранена. Асбестовые тельца определялись во всех случаях, количество их различно. В одних наблюдениях несколько асбестовых телец находились в поле зрения микроскопа, в других 1-2 в срезе, золотисто-желтые, изредка серо-черные, часто с утолщениями на концах, иногда они были фрагментированы и имели вид монетных столбиков, при окраске по Перлсу приобретали темно-синий цвет. Встречались обломки асбестовых телец. Сами тельца располагались в склерозированных участках, а также в альвеолах среди макрофагов. Изменения легких при локальном асбестозе – гиперплазия слизистых желез стенки долевого бронха. Часто определялись крупные скопления пылевых клеток с атрофией лимфоидной ткани в этих участках. Асбестовые тельца в ткани лимфатических узлов не выявлялись [2].

Между тем при изучении мезотелиомы плевры в различных районах Уральского региона было установлено, что среди жителей города, где производят хризотил-асбест, заболеваемость мезотелиомой плевры оказалась в 6 раз выше, чем по региону. В большинстве эпидемиологических исследований среди работающих с асбестом значительно повышена не только опасность заболевания раком легкого, но и раком желудка. Как было показано, даже нормализованная запыленность не может гарантировать от ряда асбестообусловленных болезней. Очевидно, в этих случаях необходимо не допускать к работе с асбестом лиц, особо чувствительных к нему. Показано, что степень индивидуального риска развития асбестоза, помимо пылевой нагрузки, зависит от влияния комплекса факторов: социальных, биологических и предшествующих заболеваний. С помощью усовершенствованной методики дерматоглифических исследований доказано влияние генотипа на развитие ко-

ниоза, получен критерий оценки генотипической предрасположенности к этому заболеванию [2-7]. Был принят ряд важных документов международного значения: конвенция № 162 Международной организации труда по вопросу о безопасности при работе с асбестом. Эти документы признают необходимость замены асбеста там, где это возможно, но в принципе исходят из возможности работы с асбестом при контролируемом его использовании, т.е. при соблюдении всех санитарных правил, которые наиболее полно изложены в «Своде правил по безопасной работе с асбестом» [7].

Обогащение асбестовых руд пневматическими методами заключается в отсасывании, сепарации и разделении на наклонных плоскостях. Обогащение отсасыванием основано на различии плотностей распущенного асбестового волокна (500 кг/м^3) и породы (2500 кг/м^3), обуславливающим различные скорости витания этих компонентов. (Под скоростью витания понимают скорость воздушного потока, при которой твердые частицы находятся во взвешенном состоянии в вертикальном потоке). Отсасывание осуществляют на грохотах или в воздушно-проходных сепараторах. Принципиально процесс обогащения асбеста сводится к следующему: дробленая руда непрерывно поступает на наклонный грохот, где расслаивается, при этом волокно как более легкое всплывает в верхний слой. Порода сосредотачивается в нижнем слое и разгружается в соответствующие приемники. Волокно с помощью воздушной струи через сопло и воздухопровод направляется в циклон, откуда разгружается в виде концентрата. Запыленный воздух вентилятором отсасывается в пылевую камеру. Пыль оседает в камере и удаляется, а дополнительно очищенный в электрофильтрах воздух выбрасывается в атмосферу.

В связи с использованием громоздкого вспомогательного и транспортного оборудования процесс пневматического и вибрационного обогащения асбеста весьма энергоемкий, низкая степень обогатимо-

сти мелкого класса ($-1,5$ мм), высокая запыленность, что отрицательно сказывается на санитарно-экологических условиях работы. Из помещения отсасывается в больших объемах воздух, что создает большие трудности при отоплении в зонах с суровыми климатическими условиями.

К настоящему времени все более актуальной становится проблема вовлечения в разработку новых и старых месторождений, в том числе отвалов, например, комбината «Туваасбест», и усовершенствование технологии переработки асбестосодержащих руд экологически чистыми и безопасными для здоровья человека и окружающей среды способами. Тув. ИКОПР СО РАН, на базе ранее разработанных способов и устройств по переработке минерального сырья, проводятся научно-исследовательские работы, связанные с разработками способов и устройств с возможностью пневмообогащения асбестосодержащего сырья. Эти работы относятся к области воздушной классификации полидисперсных материалов для отделения асбеста от пустой породы. По этой тематике были разработаны способ и устройство для пневмообогащения минерального сырья [8, 10-11], содержащего волокнистый асбест, которые относятся к области обогащения и предназначены для переработки полезных ископаемых методом отдувки в механически подвижном кипящем слое. Преимуществом способа является: возможность отбора волокон асбеста при обогащении в процессе движения от исходной точки до точки выгрузки. Технический результат: создание взвешенного состояния псевдооживленного слоя для разделения асбеста от частиц пустой породы. Способ отличается тем, что создают движение обогащаемой массы в каждой ячейке наклонной площадки ее ускорением по всем направлениям и вращениям. Подают сжатый воздух по закругленной образующей тела вращения в одну точку снизу на конус из трех форсунок для создания перепада разрежения. Устройство для пневмообогащения отличается тем, что наклонная

площадка подвешена сверху на подпружиненных стержнях с регулируемым резьбовым приспособлением для задания угла наклона и подвешена с возможностью кругового движения на каждом. Приводной механизм имеет эксцентрик в виде тяги со сферическим подшипником на конце и с приспособлением для регулирования амплитуды и частоты кругового движения.

Подают исходный материал на наклонный стол (1), (рис. 3), закрытый сверху ситом и подвешенный сверху в четырех местах шарнирной стержневой подвеске (2) с регулируемым резьбовым приспособлением (3) для задания угла наклона рабочих поверхностей наклонного стола. Сверху стержни подвески (2) крепятся к опоре с устройством для регулировки усилия сжатия пружины (4). Наклонному столу сообщается круговое движение от планшайбы, закрепленной на приводном валу (5) с закрепленной на ней тягой со сферическим подшипником на конце и с приспособлением для регулировки амплитуды кругового движения (6). В качестве привода возможно использовать дисбаланс, расположенный в горизонтальной плоскости, с регулируемой частой вращения. Наклонный стол (1) на четырех карданных валах с регулируемым резьбовым приспособлением для задания угла наклона (3), установлен с возможностью совершения круговых движений. Исходный материал подвергают рассеиванию и обдувке обдувочными форсунками в процессе его движения по сити над ячейками наклонного стола в виде тел вращения (8). Формируют движение воздушной массы в обогатительной ячейке, для чего подают сжатый воздух через раскручивающие воздушные форсунки, расположенные на гребенке подвода сжатого воздуха (9). Разделяют провалившиеся вниз частицы с образованием отходов (пустая порода) в ячейке наклонного стола в виде тела вращения (8). Сбрасывают осевшую породу через патрубков для сброса пустой породы. Провалившиеся вниз частички породы раскручиваются в потоке воздуха, созданном тремя

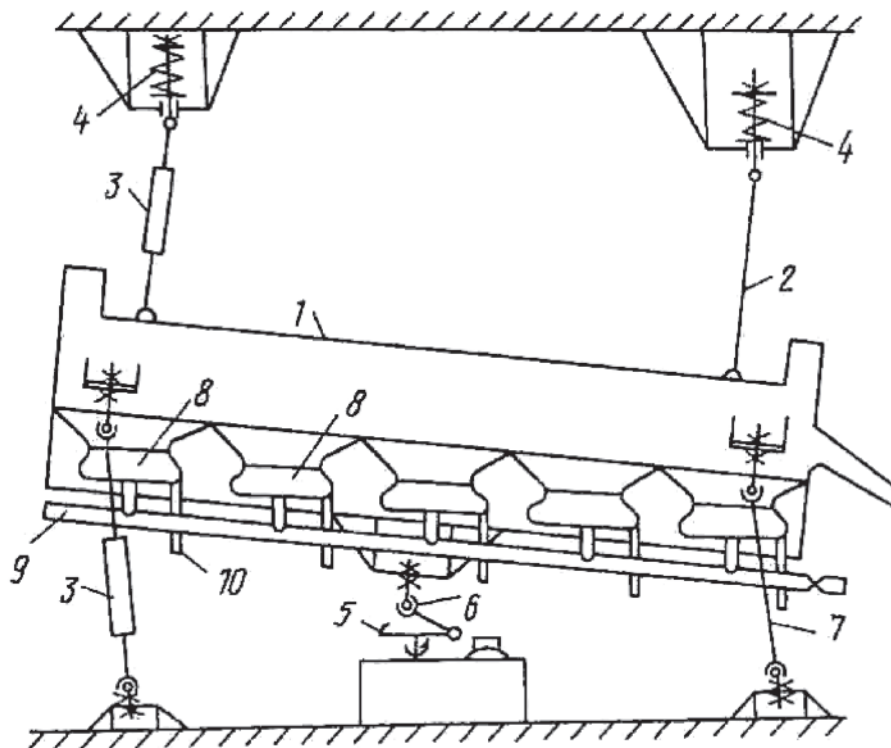


Рис. 3. Пневматический лотковый шлюз:

- 1 – наклонный стол; 2 – стержни подвески; 3 – регулируемое резьбовое приспособление; 4 – пружины; 5 – приводной вал; 6 – приспособление для регулировки амплитуды кругового движения; 7 – нижняя опора стола; 8 – ячейками наклонного стола; 9 – гребенка подвода сжатого воздуха

раскручивающими форсунками, закрытыми полым конусом рассекателя, имеющим отверстия под раскручивающие воздушные форсунки. Выделяемые частички породы прижимаются к рабочей внутренней конической поверхности ячейки, где они образуют псевдооживленный подвижный слой, который способствует процессу обогащения во взвешенной среде с вытеснением легкой фракции (асбеста) через пересыпной порог на стыке ячеек, где волокна асбеста попадают под струю от обдувочных форсунок. Перед точкой разгрузки надрешетного продукта расположена ловушка для пустой породы. Сверху установлен пылеотсос. Способ и устройство позволяют эффективно улавливать асбест, повысить производительность установки, возможность работать на более плотных аэросмесях. Новые способ и устройство пневмообогащения минераль-

ного сырья, содержащего легкие компоненты (асбест), включающий подачу разделяемого материала сверху вниз, формирование и придание вращательного движения исходному материалу между двумя соосными направляющими поверхностями. Разделение частиц по удельному весу за счет закручивания потока разделяемой аэросмеси на рабочих поверхностях сепаратора и их осаждение на них, отвод легкой аэросмеси (содержащей асбест) и отвод выделяемых частиц пустой породы в нижнюю часть сепаратора. Устройство для пневмообогащения сырья, содержащего легкие компоненты, включающее: цилиндрический корпус сепаратора, закрытый крышкой с нижней конической частью с разгрузочным устройством, импеллер, выходной патрубков, приспособление для вывода легкой фракции с воздухом. Преимуществом

предложенного «Способа обогащения асбеста и центробежно-аэродинамического сепаратора для его осуществления» [9, 11] является повышение эффективности улавливания легкой фракции, повышение производительности установки, возможность работы на более плотных аэросмеськах. Технический результат: разделение мелких и тонких частичек по плотности, возможность концентрирования ценных легких компонентов с высоким содержанием их в концентрате. Способ для пневмообогащения сырья, содержащего легкие компоненты, включает подачу разделяемого материала сверху вниз. Придание вращательного движения исходному материалу между двумя соосными направляющими поверхностями. Разделение частиц по удельному весу за счет закручивания потока разделяемой аэросмеси на рабочих поверхностях сепаратора и осаждение пустой породы на них. Отвод легкой фракции (асбеста) с потоком воздуха и отвод выделяемых частиц пустой породы в нижнюю часть сепаратора. Особенность заключается в том, что разделяемый материал подают в виде аэросмеси, по центру между крышкой сепаратора и верхней внешней поверхностью чашевидного ротора, установленного по центру корпуса сепаратора с возможностью вращения. При этом пустую породу отводят спиралевидно по внутренней рабочей поверхности корпуса сепаратора в нижнюю кольцевую часть сепаратора. Тонкие частички пустой породы доулавливают на внутренней поверхности рифленой части ротора из восходящего закрученного вихревого потока аэросмеси в виде закрученного кругооборота сверху вниз между чашевидным ротором сепаратора и центральной выхлопной трубой для отвода легкой фракции с воздухом. Причем пустую породу с внутренней рабочей поверхности чашевидного ротора отводят в нижнюю часть сепаратора, в которой тангенциально направленным сжатым воздухом создают псевдооживленный кипящий вращающийся слой, а затем сбрасыва-

ют окончательно её в хвостосборник через песковые насадки.

На рис. 2 изображена схема подачи разделяемого материала в рабочий объем цилиндрического корпуса центробежно-аэродинамического сепаратора. Схема подвода сжатого воздуха для псевдооживленного кипящего слоя. Хвостосборник, соединенный патрубками с рабочим объемом цилиндрического корпуса. Цилиндрический корпус сепаратора, закрытый сверху крышкой с приводным валом, установленным с возможностью вращения по центру крышки. Сепаратор имеет патрубок для подвода разделяемой аэросмеси (3) в виде тройника, установленного по центру сепаратора (2) и проходящий через тройник приводного вала (5) чашевидного ротора цилиндрической формы (6). Исходный материал в виде аэросмеси, содержащий легкие компоненты (асбест) с размером –2 мм подают через патрубок для подвода разделяемой аэросмеси (поз. 3.), в который также подают сжатый воздух через патрубок (4) с целью регулировки плотности аэросмеси, в верхнюю часть сепаратора. Цилиндрической формы сепаратор (1) имеет сверху крышку (2) с чашевидным ротором (6), закрепленный на валу, установленном с возможностью вращения и расположенном по центру крышки так, что чашевидный ротор (6) прикрывает валом наружу, причем чашевидный ротор сепаратора (6) имеет цилиндрическую форму, при этом внутренняя рабочая поверхность чашевидного ротора имеет рифли. Аэросмесь закручивают между внутренней рабочей поверхностью корпуса сепаратора (поз. 1.) и внешней поверхностью чашевидного ротора (поз. 6.), а также с помощью импеллера (2), установленного с возможностью вращения и закрепленного на приводном валу (5). Отводят пустую породу по спиралевидной траектории на внутренней поверхности корпуса сепаратора на кольцевое днище (3). Центральную выхлопную трубу (7) своим днищем с закрепленным в днище приводным валом. Аэросмесь, с

недоуловленными тонкими частичками пустой породы, прошедшую нижнюю кольцевую часть сепаратора, подают снизу вверх в виде закрученного восходящего вихревого потока, между центральной выхлопной трубой (7) и внутренней рабочей рифленой поверхностью чашевидного ротора (6). Получают хвосты из недоизвлеченных в первом цикле улавливания тонких частичек породы на внутренней рифленой части ротора. По мере накопления породы она сбрасывается на кольцевое днище в псевдооживленный кипящий вращающийся слой, чем придают движение исходному материалу в виде кругооборота сверху вниз. Пустую породу, в псевдооживленном кипящем вращающемся слое на кольцевом днище сепаратора постоянно удаляют через патрубки для вывода хвостов (9) и песковые насадки (10) в хвостосборник (11). Аэросмесь с легкой фракцией (асбестом), в виде закрученного вихревого потока, отводят сверху вниз в центральную выхлопную трубу (7), расположенную по центру сепаратора. Привод вращения чашевидного ротора состоит из приводного вала (5) от электродвигателя (15) через муфту (16). Имеет резьбовое регулировочное устройство (14) для регулировки зазора глубины опускания края чашевидного ротора (6) относительно кольцевого днища сепаратора (13) и зазора между днищем ротора и центральной выхлопной трубой для регулировки процесса. Привод имеет возможность регулировки числа оборотов чашевидного ротора.

С учетом современных знаний, международных контактов и маркировки продуктов, а также информированности работников и обязательств промышленников, представляется возможным использовать этот минерал для получения дешевых и долговечных изделий, применяемых в строительстве и системах водоснабжения, без риска для потребителя, рабочего, изготовителя или шахтера, а также для населения в целом.

Применение в компоновке оборудования технологических схем новых способов и устройств, описанных выше, позволит

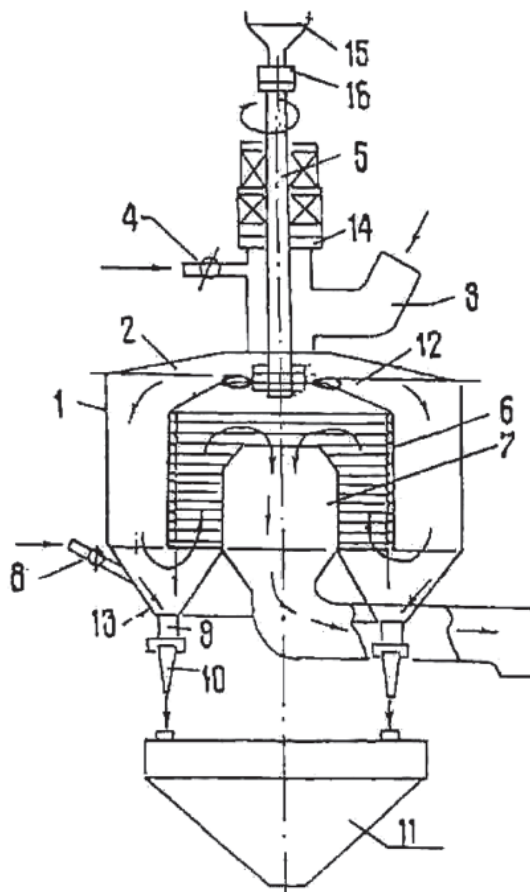


Рис. 2. Центробежно-аэродинамический сепаратор:

- 1 – цилиндрической формы сепаратор;
- 2 – крышка; 3 – патрубок для подвода разделяемой аэросмеси;
- 4 – патрубок для подачи сжатого воздуха; 5 – приводной вал; 6 – чашевидный ротор; 7 – центральная выхлопная труба;
- 8 – патрубок для подачи сжатого воздуха;
- 9 – патрубок для вывода хвостов;
- 10 – песковые насадки;
- 11 – хвостосборник; 12 – фланец крышки сепаратора; 13 – конусовидный сборник хвостов; 14 – устройство для регулировки зазора глубины опускания чашевидного ротора;
- 15 – электродвигатель; 16 – муфта

дополнительно улавливать мелкую фракцию асбеста, что положительно отразится на экономике предприятия, а также существенно снизит запылённость в цехах, улучшит санитарно-экологические условия тру-

да, снизит вероятность заболевания рабочего персонала асбестозом.

Список литературы

1. Коган Ф.М., Никитина О.В. Проблемы асбестоза / Гигиена труда и профзаболевания. – 1991. – №1. – С. 20–23.
2. Трегубов Е.С. Морфологические изменения легких при асбестозе / Архив патологии. – 1987. – Т. 49, Вып. 2. – С. 57-52.
3. Chagn A., Wright J., Depaoli L, Wiggs J. // Amer. Rev. resp. Dis. – 1989. – Vol. 139, №4. – P. 202–210.
4. Коган Ф.М., Гурвич Е.Б., Кузьмина Л.Е. и др. // Гиг. труда. – 1987. – № 3. – С. 37–40.
5. Бурдин В.Н., Гребенникова В.В., Лебедев В.И., Бурдин Н.В. Проблемы экологии, здравоохранения на асбестодобывающих предприятиях // Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья: материалы Международной научно-практической конференции (г. Екатеринбург). – 2007. – С. 41–47.
6. Бурдин В.Н., Гребенникова В.В., Лебедев В.И., Бурдин Н.В. / Асбестоз на асбестодобывающих предприятиях // Дальневосточная весна-2007: материалы Международной научно-практической конференции (г. Комсомольск-на-Амуре) . – 2007. – С. 256–259.

7. Convention № 162 Concerning Safety in the Use of Asbestos International Labour Conference (72 Session). – Geneva, 1986.

8. Бурдин Н.В. Способ и устройство для пневмообогащения сырья, содержащего тяжелые минералы и металлы / Патент РФ № 2142859. – М.: РОСПАТЕНТ ФИПС. – 1999. – 12 с.

9. Бурдин Н.В., Лебедев В.И. Способ обогащения тяжелых минералов и металлов и центробежно-аэродинамический концентратор для его осуществления. В 04 В 11/00; В 04 С 9/00 Патент РФ № 2207921 опубл. 10.07.2003 Заявка № 2000101905/03 от 24.01.2000г. – 10 с.

10. Бурдин Н.В., Лебедев В.И. Способ и устройство для пневмообогащения минерального сырья, содержащего минералы и металлы // Гравитационные методы обогащения, современное обогатительное оборудование и новые технологии для переработки минерального сырья: Тез. докл. н.-т. сем.(ОАО Завод «Труд»). – Новосибирск. – 2001. – С. 62–63.

11. Бурдин Н.В., Лебедев В.И. Пневмообогащение минерального сырья, содержащего тяжелые минералы и металлы / Состояние и освоение природных ресурсов Тувы и сопредельных регионов Центральной Азии. Геоэкология природной среды и общества: научные труды ТувИ-КОПР СО РАН. – 2002. – С. 65–68.

ECOLOGY PROBLEMS AT ENRICHMENT OF ASBESTINE ORES

Burdin N.V., Lebedev V.I, Burdin V.N.

*The Tuva institute of complex natural resources development of the Siberian Branch of the Russian Academy of Science, Kyzyl,
e-mail mailto:nik-burdin@yandex.ru, vil@tikopr.fromtuva.ru*

In work the reasons of occurrence of occupational diseases as a result of influence on a human body of an asbestine dust are shown. Clinical displays and the specific symptoms caused at long contact to an asbestine dust. The new technology of pneumoenrichment of asbestine mineral raw materials, on base before developed by the Tuva institute of complex natural resources development of the Siberian Branch of the Russian Academy of Science of ways and devices on processing of the mineral raw materials containing heavy minerals and metals is recommended.

Keywords: asbestos, ecology, disease, a dust, gravitation, technology