

СВЕРДЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ
ИНСТИТУТ

На правах рукописи

А.Г.ВАЛАГОВ

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
СИНТЕТИЧЕСКИХ АСБЕСТОВ

(14756 – Гигиена и профессиональные заболевания)

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Свердловск
1970

СВЕРДЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ
ИНСТИТУТ

На правах рукописи

А.Г.ВАЛАГОВ

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
СИНТЕТИЧЕСКИХ АСБЕСТОВ

(14758 – Гигиена и профессиональные заболевания)

Автореферат

диссертация на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Свердловск
1970

Работа выполнена в Свердловском научно-исследовательском институте гигиены труда и профессиональных заболеваний (директор - доктор медицинских наук Б.Т.Величковский)

Научный руководитель - доктор медицинских наук,
профессор Ф.М.Коган

Официальные оппоненты: доктор медицинских наук,
профессор М.С.Садилова
кандидат медицинских наук,
доцент Е.В.Готлиб

Отзыв дан Ленинградским Государственным институтом усовершенствования врачей.

Автореферат разослан "23" июня 1970 г.

Защита диссертации состоится "23" июня 1970 г.

на заседании медико-биологического Ученого Совета Свердловского Государственного медицинского института.

Адрес: Свердловск, В-19, ул. Репина, 3.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке медицинского института.

Адрес: Свердловск, ул.Ермакова, 7.

Ученый секретарь Совета, доцент

А.П. БОЯРСКИЙ

ВВЕДЕНИЕ

Высокие требования, предъявляемые к продукции ряда отраслей современной промышленности, необходимость создания новых материалов с повышенными техническими характеристиками послужили причиной развития производства синтетических минералов, в частности, волокнистых силикатов.

Они отличаются от своих природных аналогов стабильностью химического состава и повышенными заранее заданными свойствами.

В настоящее время получение синтетических асбестов в СССР находится в стадии лабораторных и полупромышленных исследований. Это создает возможность своевременно дать гигиеническую характеристику технологическим процессам и изучить биологическую агрессивность полученных новых материалов.

В то же время известно, что синтез асбестов в промышленных условиях будет опираться на опыт полупромышленного и промышленного получения других синтетических силикатов. В частности, для пирогенного синтеза некоторых видов асбеста прототипом будет служить процесс получения синтетической слюды — фторфлогопита, находящийся сейчас в стадии полупромышленного производства. Для синтеза хризотилового и других видов асбеста в гидротермальных условиях будут использованы основные принципы и методы уже применяющиеся в настоящее время в полупромышленном и промышленном производстве синтетического кварца.

По химическому составу и кристаллической структуре синтетические волокнистые силикаты являются аналогами природных асбестов, которые согласно многочисленным исследованиям обладают высокой фиброгенной активностью (Ф.М.Коган, 1953, 1966; Kleinfeld et al., 1966; Nakamura, 1967; Wagner, 1963; Webster, 1963; Davis, 1963; Gross et al., 1967; Pernis, Vigliani; 1968; Noro, Ahlman, 1968; Suzuki, Churg, 1969 и другие). Вследствие этого развивается асбестоз легких, который нередко осложня-

ется туберкулезом (З.Д.Репницкая, 1966; Williams, 1966; Н.Г.Буткин, В.М.Май, 1966; Н.Н.Удилова, 1966; Г.А.Неверов, Н.М. Суганова, 1966; Г.И.Чернышева, 1966; Kiviluoto, Meurman, 1968 и др.)

Воздействие асбестовой пыли может также вызывать у работающих с асбестом развитие злокачественных новообразований (König, 1960; Newhouse, Thompson, 1965; Ф.М.Коган, 1966; Lieben, 1966; Navratil, 1966, 1968; Crallei et al., 1967; Kleinfeld et al., 1967; J.Graham, R.Graham, 1967; Selicoff et al., 1968 и другие). Канцерогенность асбестовой пыли подтверждена и в эксперименте на животных (Gross et al., 1967; Wagner, 1968; Roe, Harington, 1968; Schmähl, 1968; Smith et al., 1968 и другие).

Немногочисленными клиническими и экспериментальными исследованиями показана возможность неблагоприятного воздействия природных асбестов на желудочно-кишечный тракт (Н.И.Вольф, 1951; Л.Я.Тартаковская, Westlake, 1965) и кожу (А.П.Девири, 1930; Alden, Howell, 1944; Harris, 1953; Laub, 1963; К.А.Лопухова, М.Н.Макарова, 1965).

В доступной нам литературе мы не обнаружили публикаций, посвященных биологической агрессивности синтетических асбестов и гигиенической характеристике производства этих искусственных минералов.

В связи с этим мы поставили перед собой следующие задачи:

1. Изучить гигиенические условия труда при получении синтетических силикатов и разработать мероприятия по профилактике профессиональных заболеваний среди работающих.

2. Исследовать физические и химические свойства пыли некоторых образцов синтетических асбестов, имеющие гигиеническое значение.

3. Дать сравнительную оценку биологической агрессивности синтетических волокнистых силикатов и природного хризотил-асбеста.

Пирогенный метод синтеза силикатов предусматривает использование в качестве исходных компонентов ряда по-рошкообразных материалов (SiO_2 , MgF_2 , K_2SiF_6 , NaF), что обуславливает значительное пылеобразование в процессе подготовки шихты, а при вскрытии реакционного сосуда – выделение фтористых соединений в воздух производственных помещений. При гидротермальном синтезе исходные компоненты представлены в виде водных и щелочных растворов и взвесей, поэтому основной производственной вредностью в этом случае является поступление в воздух производственных помещений щелочных аэрозолей.

При изучении санитарно-гигиенических условий труда на существующих полупромышленных установках по синтезу силикатов нами было отобрано по общепринятой весовой методике с использованием фильтров АФА-В-18 114 проб воздуха для определения содержания в нем пыли. Определение концентраций фтористых соединений в воздухе проводилось по методике, разработанной Д.Н.Финкельштейном, Н.А.Полыковской, Н.М.Морозовой (1967, 1968), предусматривающей раздельное определение твердых и газообразных фторидов микротитриметрическим торийализариновым методом. Всего было отобрано 298 проб. При определении щелочных аэрозолей в воздухе (32 пробы) применялась методика Б.П.Луговкина (1963) с использованием виолуровой кислоты.

Изучалась биологическая агрессивность 3-х образцов синтетических асбестов, полученных в Институте химии силикатов им.И.В.Гребенщикова АН СССР. Синтетический хризотил-асбест $\text{Mg}_6(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2$ и натриево-магневый гидроксиламфибол $\text{Na}_2\text{Mg}_6(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$ были синтезированы в гидротермальных условиях, а марганцево-фторамфибол $\text{Na}_2\text{MnMg}_5(\text{Si}_8\text{O}_{22})\cdot\text{F}_2$ получен методом пирогенного синтеза.

Для сравнения в эксперимент был включен природный хризотил-асбест. По мнению большинства авторов (Wagner, 1963; Ф.М.Коган и др., 1965, 1966, 1968; Macnab, Harington, 1967; Schlipkötter, 1968 и многие дру-

гие), он является наиболее агрессивным из всех видов природных волокнистых силикатов.

Растворимость пыли исследуемых образцов асбестов (переход SiO_2 из них в жидкие среды) изучалась в растворе Рингера ($\text{pH} = 7,4 - 7,6$), в физиологическом растворе ($\text{pH} = 7,0$) в $0,1\text{N}$ растворе HCl ($\text{pH}=1,1$). Количество перешедшей в раствор двуокиси кремния (через 1, 3, 7 и 9 суток экспозиции) определялось по синему кремне-молибденовому комплексу на фЭК-м. Для каждого образца пыли в каждом опыте выполнено не менее 3-х анализов. Переход в растворы фтора из пыли марганцево-фторамфибола определялся путем колориметрического титрования азотнокислым торием в присутствии ализаринсульфовокислового натрия, а марганца - фотоколориметрически по интенсивности окраски образующегося марганцевоокислого калия после окисления марганца персульфатом аммония.

Способность пыли исследуемых образцов асбестов сорбировать ~~ионно-~~молекулярные соединения (краситель кристаллический фиолетовый) изучалась по методике С.А. Ломоносова и соавторов (1968). В качестве растворителя использовался 1% раствор хлороформа в толуоле. Пыль с сорбированным красителем фотометрировали на регистрирующем спектрофотометре СФ-10. Адсорбционная способность рассчитывалась в см^2 по интегральной интенсивности поглощения спектров отражения красителя. Адсорбция высокомолекулярных органических соединений (белков сыворотки крови) исследовалась путем количественного определения общего белка в сыворотке крови до и после контакта с пылью по реакции Биурета (Л.И. Слущкий, 1964).

Удельная поверхность пыли синтетических асбестов и природного хризотил-асбеста определялась методом адсорбции азота (ВЕТ) при разрежении $3,5 \times 10^{-3}$ мм рт.столба.

Смачиваемость пылей исследуемых образцов асбестов определялась методом пленочной флотации, разработанным М. Липец (1945) в модификации М.П. Беркович (1952). В качестве смачивателей использовались физиологический раствор и 0,1% водные растворы пылесмачивающих добавок "ДБ" и авироля. Для каждой пыли с каждым из смачивателей проводилось 8 определений.

Фиброгенное действие пылей синтетических волоконистых силикатов изучалось в эксперименте на белых крысах (самках) весом от 180 до 220 г. В опыте было использовано 240 животных, из них 84 служили в качестве контроля. Пыли вводились однократно (50 мг в 1 мл физиологического раствора) интратрахеальным методом. Через 1, 3 и 9 месяцев после введения пылей животные забивались путем декапитации. Для установления степени фиброгенности пыли изучаемых образцов асбестов использовалась методика определения общего оксипролина в высушенной ткани легкого путем гидролиза (М.Хвапил, 1960). Содержание оксипролина в гидролизате определялось колориметрически по **Neuman, Logak** (1950). Для сравнения фиброгенного действия пылей синтетических асбестов и природного хризотил-асбеста определялось содержание суммарных липидов в высушенной ткани легких путем экстрагирования эфиром в аппарате Сокслетт (Л.Г.Бабушкина, 1965). Кроме биохимических показателей для количественной оценки фиброгенности пылей исследуемых образцов асбестов определялись сухой вес легких, содержание в них пыли (по **Stacy и King**, 1954), удельная фиброгенность пыли (содержание оксипролина на 1 мг пыли) по **Policard'y**, 1962. Указанные показатели фиброгенности определялись также и в высушенной ткани трахеобронхиальных лимфатических узлов. Наряду с количественной оценкой фиброгенности проводилось гистологическое исследование легких, печени, почек и селезенки. Органы фиксировались в 10% растворе формалина. Препараты окрашивались гематоксилин-эозином, по Ван-Гизону, на железо по Перлсу, на жир - суданом III.

Влияние пыли синтетических асбестов на двигательную функцию мерцательного эпителия изучено на 50 лягушках. Пыль каждого образца асбеста в количестве 10 мг наносилась на слизистую вскрытого пищевода обезглавленной и обездвиженной лягушки. С помощью регистрирующего, передающего и записывающего механизма, предложенного Г.И.Марковым (1966), регистрировалась двигательная активность мерцательного эпителия до нанесения пыли, а также через 5, 10, 15 и 20 мин. после самоочищения пищевода.

Критерием для оценки изменений двигательной активности являлось время, в течение которого стандартный грузик передвигался по пищеводу на расстояние 1 см.

Действие пылей синтетических асбестов на желудочно-кишечный тракт изучено в эксперименте на 30 белых крысах одного возраста и пола (самках) весом от 210 до 270 г. Пыль каждого образца асбеста в количестве 200 мг вводилась ежедневно внутрижелудочно маточным шприцем в виде взвеси в 5 мл физиологического раствора. У погибших животных и у животных, выживших после 31 введения, гистологически исследованы: желудок, тонкий и толстый кишечник и печень. Гистологические препараты окрашивались гематоксилин-эозином, по Ван-Гизон, а для исследования на мукополисахариды — по Хейлу и Шик.

Исследование влияния пылей синтетических асбестов и природного хризотил-асбеста на кожу проводилось на 30 белых кроликах. На эпилированный участок кожи в области спины под нитроцеллюлозную пленку, края которой фиксировались к коже лейкопластырем, помещалась исследуемая пыль в количестве 50 мг. На другом эпилированном участке эта же пыль (50 мг) вводилась подкожно в виде взвеси в 1 мл физиологического раствора. Визуальное наблюдение за участком кожи с аппликацией пыли проводилось на протяжении 15 дней. Контроль за подкожным введением проводился через 15, 40 и 60 дней. После 60 дней участок кожи вместе с подкожной жировой клетчаткой вырезался и подвергался гистологическому исследованию.

Результаты гигиенических исследований

С целью получения представления о производственных вредностях, которые будут иметь место в условиях промышленного производства синтетических силикатов, нами были проведены исследования по изучению санитарно-гигиенических условий труда при получении искусственного асбеста, слюды и кварца на базе полупромышленных установок.

Синтез силикатов ведется двумя методами. Слюда получается в пирогенных условиях при температурах выше 1000°C из расплавов шихты, в которую входят окислы, фториды кремния, магния, натрия или калия. Гидротермальным методом при высоких давлениях, но при относительно более низких температурах (500°C) из щелочных растворов соединений кремния синтезируется кварц. Асбест получают обоими способами. При пирогенном синтезе вместо структурных ОН-групп в состав минералов вводится фтор, что значительно повышает их термостойкость. Состав исходных компонентов, технологические условия, параметры температур и давлений для пирогенного синтеза слюды и асбеста практически одинаковы. Одинаковы они и при гидротермальном получении асбеста и кварца. Поэтому можно считать правомерным перенесение выводов, полученных в результате гигиенических исследований при синтезе слюды и кварца на процесс синтеза асбеста.

Главной гигиенической особенностью технологии получения синтетических силикатов является то, что основные трудовые операции, связанные с воздействием вредных производственных факторов и затратой значительных физических усилий, весьма непродолжительны в сравнении с процессом самого синтеза, длящегося недели и даже месяцы.

В связи с тем, что шихта для синтеза силикатов пирогенным методом готовится из сыпучих материалов, трудовые операции, большинство из которых выполняется вручную, сопровождаются значительным пылеобразованием. Концентрация пыли в воздухе рабочей зоны достигает десятков и даже сотен мг/м^3 . Неблагоприятное действие пылевого фактора усугубляется тем, что среди порошкообразных компонентов шихты имеются такие биологически агрессивные соединения, как фториды щелочных металлов.

В процессе синтеза происходит незначительное выделение фтористых соединений в воздух рабочих помещений. Это, по-видимому, можно объяснить диффузией фтора при высокой температуре (выше 1000°C) через стенку тигля. При отборе проб расплава и досыпке шихты средняя концентрация газообразных фтористых соединений в воздухе рабочей

зоны превышает предельно допустимую более, чем в 7 раз, а при вскрытии реакционного сосуда после завершения процесса кристаллизации – более, чем в 12 раз.

При гидротермальном синтезе силикатов основной производственной вредностью являются щелочные аэрозоли, выделяющиеся при вскрытии автоклавов. Средние концентрации их в воздухе превышают предельно допустимую при синтезе асбеста в 84 раза, а при синтезе кварца – в 130 раз.

Следует, однако, учесть, что если пылевой фактор воздействует на рабочих при выполнении различных операций ежедневно в течение 3-6 часов в смену, то длительность пребывания обслуживающего персонала в атмосфере с повышенным содержанием фтористых соединений и щелочных аэрозолей составляет от 5 до 15 минут и повторяется 4-6 раз в месяц.

Операции по вскрытию печей и автоклавов связаны с применением тяжелого ручного труда и с воздействием пегрегающего микроклимата.

На основании полученных материалов нами был предложен комплекс мероприятий по борьбе с выявленными неблагоприятными факторами производственной среды. Для устранения пылеобразования при подготовке шихты в пирогенном синтезе силикатов было рекомендовано обеспечить непрерывность технологического процесса с применением укрытых и аспирируемых конвейеров. Предложено также оборудовать эффективной местной вытяжной вентиляцией технологическую аппаратуру, от которой выделяются соединения фтора, щелочные аэрозоли и пыль (тигли, автоклавы). При выполнении кратковременных трудовых операций, сопровождающихся выделением значительных количеств газообразных фтористых соединений и щелочных аэрозолей, рекомендовано пользоваться универсальным респиратором РУ-60 с соответствующими насадками. Для предупреждения и своевременного выявления патогенного действия на организм работающих указанных неблагоприятных производственных факторов предложено кроме профессиональных групп, указанных в приказе № 400 министра здравоохранения СССР от 30 мая 1969 года, проводить предварительные и периодические ме-

дицинские осмотры рабочих, подвергающихся воздействию щелочных аэрозолей.

Гигиенические исследования на существующих установках по синтезу силикатов позволили выявить ряд недостатков в проекте строительства крупного корпуса синтеза минералов и внести в проект соответствующие коррективы.

Рекомендации по улучшению условий труда и замечания по проекту строительства производства синтетических силикатов были сообщены и обсуждены в соответствующих заинтересованных организациях.

Есть основания полагать, что с переходом на промышленное производство будет устранена прерывность технологического процесса, ликвидирован тяжелый ручной труд и внедрены в практику предложенные нами мероприятия санитарно-гигиенического характера.

Результаты экспериментальных исследований

На конечных этапах производства, а также при переработке и при использовании синтетических силикатов в различных производствах возможно образование пыли этих минералов.

Исследованию биологической агрессивности указанных образцов асбестов предшествовало изучение основных физических и химических свойств их, которые могут иметь определенное значение при взаимодействии минералов с организмом.

Дисперсность пылей синтетических и природного асбестов была доведена до параметров, характерных для пылей, витающих в воздухе производственных помещений при работе с природными асбестами — 95% частиц имели размер менее 5 микрон.

По химическому составу пыли синтетических асбестов близки к своим природным аналогам, однако, в отличие от последних посторонние примеси (соединения железа, алюминия и др.) в них практически отсутствуют. В связи с этим содержание основных компонентов (диоксид кремния, оксид магния) в синтетических асбестах относительно выше, чем в пыли, витающей в воздухе при добыче и при использовании природных асбестов.

В нейтральных и слабощелочных жидких средах (физиологический раствор, раствор Рингера) имеет место переход диоксида кремния из пылей синтетических асбестов в раствор, который практически завершается в первые сутки контакта. При этом содержание SiO_2 в растворе относительно выше, чем при контакте с пылью природного хризотил-асбеста. По результатам наших исследований и по данным других авторов (Ф.М. Коган, Н.П. Анашкина, 1956; Л.Я. Тартаковская, 1956), в кислой среде (0,1М раствор HCl — $\text{pH}=1,1$) происходит более интенсивный переход диоксида кремния в раствор по сравнению с нейтральными и слабощелочными средами. Кроме того, пыль марганцево-фторамфибола отда-

ет в раствор ион фтора, а в кислую среду также и катион марганца.

Благодаря наличию на поверхности асбестовых волокон активных топохимических центров возможна адсорбция различных веществ на этой поверхности. Адсорбция ионно-молекулярных соединений (красителя кристаллического фиолетового) у пылей синтетических асбестов выше, чем у природного хризотил-асбеста, в то время как способность адсорбировать высокомолекулярные органические соединения (белки сыворотки крови) у пылей синтетических асбестов практически мало отличается от сорбционной способности пыли природного хризотил-асбеста.

Различие в удельной поверхности пылей синтетического ($118 \text{ м}^2/\text{г}$) и природного хризотил-асбеста ($12 \text{ м}^2/\text{г}$) могут объяснить разницу в сорбционных свойствах этих минералов. Мелкие по своим размерам молекулы красителя и азота проникают в свободные пространства (поры между элементарными волокнами и интритубулярные пространства последних с размерами $20\text{--}150 \text{ \AA}$ (Pund-sack, 1961; M. della Faille, 1967) у синтетических асбестов в большей степени, чем у природных, так как у последних эти поры заполнены аморфными примесями. Белковые молекулы, имеющие размер от 145 до $235 \text{ \AA}$ (Oncley, Scatchard, Brown, 1947; Edsall, Foster, 1948; Low, 1952), сорбируются, по-видимому, лишь на наружной поверхности пучков элементарных волокон.

По смачиваемости пыли исследуемых образцов синтетических и природного асбестов в физиологическом растворе мало отличаются между собой.

До последнего времени биологическая агрессивность синтетических асбестов не являлась предметом специальных исследований.

Наши исследования по изучению биологической агрессивности пылей синтетических асбестов носили экспериментальный характер, поскольку немногочисленный пока контингент рабочих, обслуживающих укрупненные лабора-

торные установки по получению этих синтетических волокнистых силикатов, имеет небольшой стаж работы с ними и подвергается воздействию пыли искусственных минералов, очевидно, в значительно меньшей степени, чем это возможно при использовании синтетических асбестов.

1. Фиброгенность пыли синтетических асбестов

Результаты морфологического исследования показывают, что пыль синтетического натриево-магниевого гидроксил-амфибола вызывает в легких экспериментальных животных развитие значительного количества фиброзно-клеточных очажков, а также выраженного и прогрессирующего перибронхиального и периваскулярного склероза.

Особенностью действия пыли марганцево-фторамфибола является диффузный характер клеточной реакции уже в ранние сроки после введения пыли, а в последующем в легких животных развивается умеренно выраженный фиброз без тенденции к прогрессированию.

Под влиянием пыли синтетического хризотил-асбеста образование значительного количества клеточно-пылевых скоплений в легких подопытных животных наблюдается лишь в начальные сроки опыта. Позднее происходит интенсивное очищение легочной ткани от пыли, а фиброзная реакция не проявляет тенденции к прогрессированию.

Сравнивая морфологические изменения в легких и, в частности, развитие фиброза под действием пылей синтетического и природного хризотил-асбестов, можно сделать вывод, что пыль природного волокнистого силиката вызывает более выраженный фиброз, чем пыль его синтетического аналога.

Результаты биохимического исследования легких крыс, подвергавшихся воздействию пылей изучаемых образцов асбестов, показывают, что все три образца синтетических волокнистых силикатов обладают фиброгенным действием, вызывая достоверное по сравнению с контрольной группой животных увеличение абсолютного содержания общего оксипролина и суммарных липидов в легких.

Среди исследованных синтетических амфиболов наиболее фиброгенной оказалась пыль натриево-магниевого гидроксиламфибола. Абсолютное содержание оксипролина в легких животных, которым вводилась пыль этого синтетического асбеста, заметно нарастает с увеличением срока экспозиции (1 месяц - 3248,17 мкг, 9 месяцев - 6643,10 мкг).

При действии пыли марганцево-фторамфибола через 1 месяц после ее введения абсолютное содержание оксипролина в легких больше, чем у других групп подопытных животных (4607,43 мкг). Однако в последующем существенного нарастания содержания оксипролина не происходит; более того, через 9 месяцев различие по абсолютному содержанию оксипролина у животных этой группы с контрольной (5698,34 и 4953,00 мкг, соответственно) недостоверно.

Фибротический процесс, развивающийся в легких животных под влиянием пыли синтетического хризотил-асбеста и оцениваемый по абсолютному содержанию оксипролина, по своей выраженности и темпам прогрессирования несколько уступает изменениям, которые образуются под действием пыли природного хризотил-асбеста (через 9 месяцев, соответственно, 7281,12 и 7568,34 мкг).

Увеличение абсолютного содержания липидов в легких (косвенный показатель развития фибротического процесса) под влиянием пылей исследуемых образцов асбестов наблюдается лишь на ранних стадиях опыта (1 и 3 месяца). При этом с увеличением срока с момента введения пыли содержание липидов в легких всех групп подопытных животных уменьшается.

Из всех исследуемых асбестовых пылей лучше всего из легких выводится пыль синтетического хризотила: через 1 месяц после введения в легких остается лишь 8% от введенной дозы, т.е. в 3 раза меньше, чем при введении такого же количества пыли природного хризотил-асбеста. Медленнее всех из легких выводится пыль марганцево-фторамфибола: даже через 9 месяцев от начала

опыта в легких животных содержится 16% от введенной дозы.

Наиболее высокой удельной фиброгенностью во все сроки опыта обладает пыль синтетического хризотила, превосходя по этому показателю через 9 месяцев даже пыль природного хризотил-асбеста (1036,82 и 760,90 мкг оксипролина на 1 мг пыли, соответственно). С увеличением длительности экспозиции значительно возрастает также и удельная фиброгенность пыли натриево-магниевого гидроксиламфибола (к 9 месяцам - 1010,31 мкг/мг). Для марганцево-фторамфибола удельная фиброгенность с увеличением срока эксперимента снижается (1 месяц - 431,44 мкг/мг; 9 месяцев - 185,81 мкг/мг).

В ранние сроки опыта у всех групп животных наблюдается достоверное увеличение веса легких по сравнению с контрольной группой.

Под воздействием изучаемых асбестовых пылей у экспериментальных животных увеличивается вес трахеобронхиальных лимфатических узлов и содержание в них оксипролина и липидов. С увеличением срока эксперимента эти показатели имеют тенденцию к снижению.

По основному из определенных нами показателей фиброгенности - абсолютному содержанию общего оксипролина в легких, пыли синтетических асбестов (натриево-магниевый гидроксиламфибол и хризотил) незначительно отличаются от пыли природного хризотил-асбеста. Несущественное различие в абсолютном содержании суммарных липидов в легких экспериментальных животных, близкие величины веса высушенной ткани легких, несколько более высокая удельная фиброгенность пыли натриево-магниевого гидроксиламфибола и синтетического хризотил-асбеста по сравнению с пылью природного хризотил-асбеста, близкая степень увеличения веса трахеобронхиальных лимфатических узлов и практически одинаковое содержание в них оксипролина и липидов под воздействием пыли синтетического и природного хризотил-асбеста позволяют рекомендовать для пыли синтетических асбестов ПДК, установленную для пыли природных асбестов, равную 2 мг/м³.

II. Влияние пыли синтетических асбестов на двигательную функцию мерцательного эпителия

Значительная часть вдыхаемой пыли удаляется из легких благодаря деятельности сложного аппарата самоочищения. При этом ведущую роль, по-видимому, занимает бронхиальный путь выведения пыли.

Защитная роль верхних дыхательных путей связана в значительной мере с деятельностью мерцательного эпителия, который покрывает слизистую оболочку носовой полости, глотки, трахеи и бронхов.

Отсутствие существенных различий в строении и функции мерцательного эпителия у разных животных позволили использовать для изучения влияния пылей синтетических асбестов на верхние дыхательные пути мерцательный эпителий пищевода лягушки.

Проведенные исследования показали, что пыли исследуемых образцов синтетических асбестов угнетают двигательную функцию мерцательного эпителия пищевода лягушки. При этом наиболее выраженный тормозящий эффект оказывает пыль натриево-магниевого гидроксилата, а наименьший — пыль марганцево-фторамфибола.

Представляет интерес установление различий в изменении активности мерцательного эпителия под влиянием пыли синтетического хризотил-асбеста и пыли его природного аналога. Результаты эксперимента показывают, что пыль природного хризотил-асбеста вызывает неуклонное уменьшение двигательной активности мерцательного эпителия, в то время как пыль синтетического хризотила вызывает не столь закономерное понижение этой функции. Однако различия в угнетающем действии этих пылей на мерцательный эпителий недостоверны. Можно предполагать, что при ингаляционном запылении животных пылью природного и синтетического хризотил-асбеста защитное действие верхних дыхательных путей и выведение этих пылей бронхогенным путем окажутся, по-видимому, близкими.

При сравнении показателей уменьшения двигательной активности мерцательного эпителия под влиянием исследуе-

мых пылей с активностью этой функции в контрольной серии опыта было установлено, что при одинаковом времени с момента начала опыта пыль натриево-магниевого гидроксиламфибола (через 15 минут), пыль природного хризотил-асбеста (через 20 минут) вызывают достоверное понижение двигательной активности по сравнению с исходным уровнем (значения "р", соответственно, $< 0,05$ и $0,01$).

III. Влияние пылей синтетических асбестов на желудочно-кишечный тракт

Результаты морфологического исследования позволяют сделать вывод, что пыли всех изученных образцов синтетических асбестов и пыль природного хризотил-асбеста обладают примерно одинаковым патогенным действием на желудочно-кишечный тракт.

В желудке наблюдалась десквамация покровного эпителия, вакуольная дистрофия главных и добавочных клеток, среди которых встречались набухшие, гиперсекретирующие элементы, отек слизистого и подслизистого слоев. В собственном слое слизистой были обнаружены кристаллы асбеста.

Изменения в тонком кишечнике характеризуются пролиферацией покровного эпителия, увеличением размеров и гиперсекрецией бокаловидных клеток, выраженной инфильтрацией эозинофильными лейкоцитами собственного слоя слизистой ворсин. Встречаются кристаллы асбеста, внедряющиеся в слизистую через бокаловидные клетки.

Характерными изменениями для толстого кишечника являются: очаговая десквамация и гиперсекреция покровного эпителия, отек слизистого и подслизистого слоев с клеточной инфильтрацией гистиоцитарными, лимфоидными или ретикулярными элементами, а также эозинофильными лейкоцитами, внедрение кристаллов асбеста в собственный слой слизистой через бокаловидные клетки.

В печени отмечаются изменения в виде зернистой и гидропической дистрофии цитоплазмы печеночных клеток,

некробиоз и некроз последних, а также венозное полнокровие органа.

Таким образом, пыли исследованных образцов синтетических асбестов, также как и пыль природного хризотил-асбеста, вызывают раздражение слизистой оболочки желудочно-кишечного тракта, сопровождающееся дистрофическими изменениями клеток. Кристаллы асбеста внедряются в слизистую преимущественно через бокаловидные клетки.

На основании изучения некоторых физических и химических свойств пылей синтетических асбестов и природного хризотил-асбеста можно полагать, что патогенное действие этих пылей связано как с механической травматизацией слизистой, так и с растворением входящих в их состав окислов металлов и двуокиси кремния под влиянием кислой среды желудка.

При оценке биологической агрессивности указанных пылей наряду с фиброгенной способностью следует также учитывать и их патогенное действие на желудочно-кишечный тракт.

1У. Действие пылей синтетических асбестов на кожу

Через 15 дней после наложения аппликаций видимых изменений кожного покрова у животных всех групп не было выявлено. На основании этого можно предположить, что пыли исследуемых образцов синтетических асбестов не обладают острым раздражающим действием на кожу.

Реакция ткани на подкожное введение различных синтетических асбестов неодинакова. Натриево-магниевый гидроксиламфибол и природный хризотил-асбест вызывают, по сравнению с другими образцами изучаемых асбестов, несколько более выраженный фагоцитоз и быстрее удаляются от места введения. Введение под кожу пыли марганцево-фторамфибола и синтетического хризотил-асбеста вызывает гиперсекрецию потовых желез и сопровождается инфильтрацией дермы и подкожной

жировой клетчатки клеточными элементами крови. Асбестовые волокна при подкожном введении могут проникать в потовые железы и, вероятно, удаляются через выводные протоки последних.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Исследованиями на полупромышленной установке по получению силикатов установлено, что условия труда при пирогенном синтезе характеризуются высокой загазованностью воздуха, достигающей при подготовке шихты сотен мг/м^3 , и кратковременным выделением в воздух производственных помещений при вскрытии реакционных сосудов значительного количества газообразных фтористых соединений.

2. Основной производственной вредностью при гидротермальном синтезе силикатов является выделение в воздух при вскрытии автоклавов щелочных аэрозолей, максимальные концентрации которых значительно превышают ПДК.

3. Трудовые операции, связанные с обслуживанием технологической аппаратуры, выполняются в условиях перегревающего микроклимата и требуют значительного физического напряжения.

4. Для пылей синтетических асбестов, близких по химическому составу к пылям своих природных аналогов, но содержащих меньше посторонних примесей, при контакте с нейтральными и слабощелочными жидкими средами характерен переход двуоксида кремния в раствор, почти полностью завершающийся в первые сутки экспозиции и являющийся более интенсивным, чем у природного хризотил-асбеста. Пыль синтетического хризотил-асбеста, благодаря высоко развитой удельной поверхности ($118 \text{ м}^2/\text{г}$), обладает более выраженной способностью к адсорбции ионно-молекулярных соединений (красителя кристаллического фиолетового), чем пыль его природного аналога. Однако способность сорбировать на своей поверхности высокомолекулярные органические соединения (белки сы-

воротки крови) у пыли природного хризотил-асбеста и его синтетического аналога практически одинакова.

5. Сравнительные экспериментальные исследования биологической агрессивности синтетических асбестов и природного хризотил-асбеста показали, что искусственные волокнистые силикаты обладают выраженными фиброгенными свойствами, угнетают двигательную активность марцательного эпителия и оказывают патологическое влияние на желудочно-кишечный тракт.

6. По фиброгенности пыли исследованных образцов синтетических асбестов незначительно уступают природному хризотил-асбесту, вызывая увеличение веса легких и трахеобронхиальных лимфатических узлов и содержания в них оксипролина и липидов. Образование в легких клеточно-пылевых очажков и развитие перибронхиального и периваскулярного склероза наиболее выражены при действии пыли натриево-магниевого гидроксиламфибола и носят прогрессирующий характер. Относительную фиброгенную инертность пыли марганцево-фторамфибола, вероятно, можно объяснить более прочными связями иона фтора в кристаллической решетке, по сравнению с анионом гидроксила.

7. Синтетические асбесты оказывают угнетающее действие на двигательную функцию мерцательного эпителия. Наиболее выраженным эффектом замедления двигательной активности реснитчатого эпителия обладает пыль натриево-магниевого гидроксиламфибола. Пыли синтетического и природного хризотил-асбеста по действию на двигательную активность мерцательного эпителия близки.

8. Внутрижелудочное введение пыли синтетических асбестов вызывает гиперсекрецию и дистрофические изменения поверхностного и железистого эпителия, усиленную клеточную инфильтрацию слизистой оболочки, а также дистрофию и некроз печеночных клеток, что практически не отличается от эффекта, вызываемого пылью природного хризотил-асбеста.

9. Пыли синтетических асбестов и природного хризотил-асбеста не оказывают после 15-ти дневного контакта острого раздражающего действия на кожу кроли-

ков. Однако подкожное введение синтетического хризотил-асбеста и марганцево-фторамфибола вызывает гиперсекрецию потовых желез и клеточную инфильтрацию дермы и подкожной жировой клетчатки.

10. Гигиенические исследования на полупромышленных установках по получению синтетических силикатов позволили выявить ряд производственных вредностей и предложить комплекс оздоровительных мероприятий по борьбе с ними. Они также доказали необходимость внесения в проекты промышленного строительства ряд коррективов по технологии и санитарной технике.

Экспериментальные исследования дают основание рекомендовать в качестве предельно допустимой концентрации для пыли синтетических асбестов, содержащейся в воздухе производственных помещений, ПДК (2 мг/м^3) установленную для пыли природных асбестов и смешанной пыли, содержащей более 10% асбеста.

Внедрение результатов работы в практику.

На основании результатов проведенных исследований по гигиенической оценке условий труда при синтезе силикатов, а также анализа проектной документации на строительство крупного цеха синтеза силикатов был разработан и направлен заинтересованным организациям комплекс мероприятий по оздоровлению условий труда на данном производстве.

Материалы по гигиенической характеристике исследованных образцов синтетических асбестов направлены в Институт химии силикатов им. И.В.Гребенщикова АН СССР для представления в комиссию по приемке этих образцов.

Результаты исследований докладывались на научных сессиях и конференциях Свердловского НИИ гигиены труда и профзаболеваний и Свердловского Государственного медицинского института (1967, 1968, 1969, 1970), на заседаниях Свердловского отделения Всесоюзного научного общества гигиенистов и санитарных

врачей (1969, 1970), на конференции молодых научных работников при НИИ гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР (1968), на XII-ой научно-практической конференции молодых гигиенистов и санитарных врачей при Московском НИИ гигиены им. Ф.Ф.Эрисмана (1969), на Всесоюзном симпозиуме по патогенезу пневмокониозов при Свердловском НИИ гигиены труда и профзаболеваний (1968).

х х

х

По материалам диссертации опубликованы следующие работы:

1. К вопросу о влиянии пыли синтетических асбестов на органы дыхания в эксперименте. - Материалы конференции молодых научных работников "Пневмокониозы и их профилактика", Москва, 1968.

2. К сравнительной оценке биологической агрессивности природных и синтетических асбестов (совместно с Ф.М.Коганом и Н.Н.Фроловой). Труды Всесоюзного симпозиума по патогенезу пневмокониозов (18-20 ноября 1968 г.), Свердловск; 1969.

3. Гигиеническая характеристика условий труда при получении синтетических силикатов. - Материалы XII-ой научно-практической конференции молодых гигиенистов и санитарных врачей, Москва, 1969.

4. Экспериментальное изучение влияния пылей синтетических асбестов на желудочно-кишечный тракт (совместно с И.А.Павловой). - Труды Казанского Государственного ордена Трудового Красного Знамени медицинского института им. С.В.Курашова, Казань, 1969.