

*На правах рукописи*

**Н. Н. БУРАВЛЕВА**

**СИЛИКОЗ В ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКОМ  
ПРОИЗВОДСТВЕ КРЕМНИЯ и ЕГО СПЛАВОВ**

(756 — гигиена и профессиональные заболевания)

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата медицинских наук

Свердловск  
1969

На правах рукописи

Н. Н. БУРАВЛЕВА

СИЛИКОЗ В ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКОМ  
ПРОИЗВОДСТВЕ КРЕМНИЯ И ЕГО СПЛАВОВ

(756 — гигиена и профессиональные заболевания)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата медицинских наук

Свердловск  
1969

Диссертация выполнена в отделе профпатологии (руководитель — доктор медицинских наук, профессор *Д. М. Зислин*) Свердловского научно-исследовательского института гигиены труда и профзаболеваний (директор — кандидат медицинских наук *Б. Т. Величковский*).

Научные руководители: доктор медицинских наук, профессор *Д. М. ЗИСЛИН*, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник *Б. Т. ВЕЛИЧКОВСКИЙ*.

Официальные оппоненты:

доктор медицинских наук, профессор *С. В. МИЛЛЕР*,  
кандидат медицинских наук, доцент *Н. П. СТЕРЕХОВА*.

Отзыв дан Московским научно-исследовательским институтом гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана.

Автореферат разослан *20 августа* 1969 г.

Защита диссертации состоится *7 сентября* 1969 г. на заседании Ученого медико-биологического совета Свердловского Государственного медицинского института (ул. Репина, 3).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Свердловского Государственного медицинского института (ул. Ермакова, 7).

Ученый секретарь Совета  
доцент *А. П. БОЯРСКИЙ*

Народнохозяйственным планом нашей страны предусмотрено значительное увеличение производства кремния и кремнистых сплавов в связи с повышенной потребностью промышленности в высококачественных сталях и сплавах цветных металлов. В этом производстве занято, особенно на Урале, большое количество рабочих.

При выплавке кремния и его сплавов выделяются возгоны, содержащие аэрозоли конденсации двуокиси кремния.

Первое сообщение о силикозе в электротермическом производстве относится к 1937 г. (Grüce).

Клиника силикоза, как и вся, по существу, проблема силикоза, длительное время изучалась только с учетом этиологической роли кристаллической кварцевой пыли, возникающей в результате разрушения горных пород и минералов.

До настоящего времени мнения о влиянии на организм аморфных аэрозолей конденсации двуокиси кремния, отличающихся от аэрозолей дезинтеграции по своим физико-химическим свойствам, крайне разноречивы.

Одни авторы — Mayers (1947), Pancheri (1948), Princi и Miller (1962), Е. И. Стеженская, И. Г. Векслер с соавт. (1963) — отмечают умеренную фиброгенность аэрозолей конденсации кремнезема, образующихся в производстве кремнистых сплавов.

В работе Volk (1960) сообщается даже о полном отсутствии патологических изменений в легких рабочих при вдыхании аэрозолей конденсации двуокиси кремния в производстве аэросила.

Напротив, другие авторы — Grüce (1937), Broch (1949), В. Н. Семенова (1955), Bánsagi (1961) — указывают на большую распространенность и быстрые темпы развития силикоза в производстве кремния и его сплавов.

Также разноречивы и экспериментальные данные. Ряд исследователей — Gardner (1938), King (1947), Jötten (1953), Schepers et al. (1957) — смогли констатировать

только токсический эффект аэрозолей конденсации двуокиси кремния и не обнаружили совсем или выявили весьма умеренные склеротические изменения.

Тогда как другие — Policard и Collet (1952, 1954), Б. Т. Величковский (1955), Г. В. Белобрагина (1958), Е. П. Кожевникова (1963), Ф. С. Рагольская (1966) — наблюдали развитие изменений под влиянием конденсата двуокиси кремния, превосходящих те, которые в аналогичных условиях возникают от воздействия кварцевой пыли.

Одной из причин подобной разноречивости данных являлось то, что аэрозоли конденсации двуокиси кремния, образующиеся при различных производственных процессах различаются по своей дисперсности и растворимости. Следует отметить и малочисленность клинических наблюдений. К тому же проводились они на предприятиях с различным уровнем запыленности воздуха, неодинаковым содержанием в возгонах свободной двуокиси кремния и окислов металлов (железа, хрома и др.), могущих изменять, ослаблять или усиливать, фиброгенное действие кремнезема.

При оценке разными авторами степени развития пылевого фиброза неодинаковыми были и рентгенологические критерии. Имело значение также глубоко укоренившееся мнение о том, что аморфный кремнезем вообще не фиброгенен. Для ряда исследователей (Pancheri, Princi и Miller и др.) обнаружение силикоза у плавильщиков кремния и кремнистых сплавов явилось неожиданным.

Все сказанное привело к тому, что длительное время производство кремния и его сплавов не относилось к числу силикозоопасных, и рабочие, занятые в нем, не подлежали медицинским осмотрам.

В Свердловском научно-исследовательском институте гигиены труда и профзаболеваний много лет ведутся комплексные гигиенические, клинические и экспериментальные исследования по изучению специфических физико-химических свойств аэрозоля конденсации двуокиси кремния и его влияния на организм.

Настоящая работа явилась обобщением клинических наблюдений института, начатых еще в 1953 г. В. Н. Семеновой и продолженных нами на протяжении 15 лет. При проведении данных исследований перед нами стояли следующие основные задачи:

1. Изучение особенностей клинических проявлений, течения и прогноза силикоза у рабочих, занятых в электротермическом производстве технически чистого кремния и его сплавов с железом и хромом.

2. Исследование функционального состояния органов дыхания и кровообращения как при выраженном заболевании, так и у лиц, подозрительных по силикозу.

3. Характеристика распространенности силикоза в производстве кремния и его сплавов до и после проведения оздоровительных мероприятий.

4. Обоснование профилактики, лечения и рекомендаций по врачебно-трудовой экспертизе и рациональному трудоустройству рабочих с этой патологией.

\* \* \*

Мы обследовали состояние здоровья плавильщиков кремния и его сплавов электротермических цехов Уральского алюминиевого завода (УАЗ), ферросплавных цехов Челябинского электрометаллургического комбината (ЧЭМК), Ново-Липецкого металлургического завода (НЛМЗ), Кузнецкого и Актюбинского заводов ферросплавов (КФЗ и АЗФ). Осмотрено более 2500 человек.

Санитарно-гигиенические условия труда при выплавке кремния и кремнистых сплавов характеризуются комплексом неблагоприятных факторов. Специфической профессиональной вредностью указанных производств является аэрозоль конденсации двуокиси кремния, действие которого отягощается нагревающим микроклиматом, тяжелой физической работой и постоянным присутствием в воздушной среде малых количеств окиси углерода.

Основным источником загрязнения воздушной среды являются рудовосстановительные дуговые электропечи, лишенные свода и кроме зонтов не имеющие других устройств для отвода печных газов.

При высокотемпературных окислительно-восстановительных процессах (температура в электропечах достигает 3000—4000°C) кремнезем теряет свою химическую инертность и термическую устойчивость. В отличие от аэрозолей дезинтеграции аэрозоли конденсации двуокиси кремния образуются из газовой фазы в результате объемной конденсации пересыщенных паров кремнезема.

Выделение большого количества двуокиси кремния

обусловлено образованием при химических взаимодействиях, происходящих в зоне вольтовой дуги, промежуточного продукта — низшего окисла кремния —  $\text{SiO}$ . Возникновение его наблюдается уже при  $1000^\circ\text{C}$ , когда ни кремнезем, ни кремний практически еще не летучи. Так как моноокись кремния устойчива только при высокой температуре в восстановительной среде, на воздухе она сразу окисляется до двуокиси кремния, конденсирующейся в мельчайшие твердые пылевые частички правильной сферической формы. Поэтому преобладающей составной частью возгонов является конденсат двуокиси кремния. Так, при плавке технического кремния и 75%-го ферросилиция содержание свободной двуокиси кремния в пыли достигает 90—60%, при выплавке силикохрома — 33,6—57,0%.

Своеобразный механизм образования аэрозолей конденсации двуокиси кремния обуславливает особые физико-химические свойства пылевых частиц: субмикроскопическую дисперсность, повышенную растворимость, а также специфическое аморфное молекулярное строение, отличающееся от структуры аморфного кремнезема осадочного происхождения (трепела, опала, силикагеля и др.). Указанная молекулярная структура обуславливает наличие большого количества свободных силанольных групп на поверхности частиц, с которыми, по мнению Б. Т. Величковского (1968), и связана повышенная биологическая активность указанных пылей.

Возгоны в производстве ферросилиция отличаются несколько большей величиной пылевых частиц (средней эквивалентный диаметр 0,14—0,18 мк, удельная поверхность 11,7—26,1 м<sup>2</sup>/г), чем в производстве кремния (средний эквивалентный диаметр 0,08 мк, удельная поверхность 32,5 м<sup>2</sup>/г). Соответственно и растворимость пылей, образующихся при плавке 75%-го ферросилиция — 68,8 мг/л, 45% ферросилиция — 26,8 мг/л, существенно меньше, чем растворимость возгонов, выделяющихся при плавке технически чистого кремния — 90 мг/л.

Химический состав пылей, выделяющихся из электропечей, определяется видом выплавляемого сплава. При выплавке ферросилиция в дыме присутствуют окислы железа от 0,5 до 10,3%, при плавке силикохрома — окислы хрома — 3,3%.

В цехах, где наряду с силикохромом выплавляется

феррохром, содержание окислов хрома в пыли значительно увеличивается, так как при выплавке феррохрома среднее содержание окислов хрома в пыли достигает 20 — 25%, а свободной двуокиси кремния, напротив, значительно меньше — 3,8%, чем при выплавке кремнистых сплавов. Хром в возгонах находится преимущественно в виде 3-х валентных соединений, однако на отдельных площадках цехов определяются 6-валентные соединения хрома, в 3 — 27 раз превышающие ПДК (Л. В. Покровская, 1965).

Уровень запыленности воздуха в различных электро-термических цехах ряда заводов зависит от выплавляемого сплава, мощности электропечей, а также, строительно-планировочной характеристики цехов. В типовых цехах при выплавке кремния и его сплавов запыленность воздуха на основных рабочих местах плавильщиков и горновых колебалась от 8,0 до 15,3 мг/м<sup>3</sup>; в нетиповых цехах, характеризующихся особо неблагоприятными условиями труда, — от 15,0 до 27,4 мг/м<sup>3</sup>. Еще более высокая запыленность наблюдалась на рабочем месте электродчика 42,6 — 57,6 мг/м<sup>3</sup>.

Средние концентрации пыли на основных рабочих местах в нетиповых цехах при выплавке 75%-го ферросилиция были в 1,5 — 1,8 раза выше, чем при плавке кремния.

Плавильные цехи относятся к категории горячих цехов с так называемым радиационным микроклиматом, в которых первичное выделение тепла происходит преимущественно за счет инфракрасного излучения. Интенсивность теплового облучения на рабочем месте плавильщика достигает в среднем при различных операциях от 7,0 до 12 кал/см<sup>2</sup> мин.

Тепловое облучение рабочих в летний период года сочетается с воздействием повышенной температуры воздуха, тогда как в зимний период года характерна низкая, даже отрицательная температура. Рабочие плавильных цехов выполняют тяжелую физическую работу, что в сочетании с перегревающим микроклиматом вызывает значительное напряжение терморегуляции.

\* \* \*

Клиническая симптоматика силикоза разрабатывалась на группе в 119 больных — плавильщиков и рабочих других профессий, связанных с непосредственным обслу-

иживанием электропечей в производстве кремния и его сплавов. Не вызывало сомнения, что развитие силикоза было связано с воздействием аэрозоля конденсации двуокиси кремния, так как почти все больные ранее не работали на других силиконоопасных предприятиях.

С целью выявления особенностей клинической симптоматики силикоза в зависимости от различного содержания в пыли двуокиси кремния и соединений металлов мы попытались изучить ее отдельно у плавильщиков кремния, ферросилиция, силикохрома.

Под нашим наблюдением находилось 36 плавильщиков технического кремния, больных силикозом. Средний «пылевой» стаж работы у больных силикозом I стадии равнялся 11,7 годам, второй стадии — 12,1 годам, третья часть больных неосложненным силикозом I стадии работала в цехе менее 10 лет. Минимальный «пылевой» стаж при силикозе I стадии равнялся 6 годам, II стадии — 9 годам. Средний возраст больных составлял 40 лет.

Клиническая картина характеризовалась наличием у большинства больных типичных для силикоза «грудных» жалоб.

Одышка в основном была типа «рабочей», но у части больных усиливалась при обычной ходьбе. Кашель был сухой или с небольшим количеством мокроты.

Боли в груди не имели стойкой локализации.

Наряду с этим почти треть больных указывала на головные боли, общую слабость, потливость, плохой сон, а также на боли в области сердца (20,8%). Каждый третий больной предъявлял диспептические жалобы.

Почти у всех больных выявлены изменения слизистой носоглотки — субатрофические и атрофические риниты, ларингиты, фарингиты.

Чаще, чем при силикозе, возникающем от воздействия аэрозолей дезинтеграции, например, в меднорудной промышленности, диагностировался хронический «пылевой» бронхит (37,5%), а также эмфизема легких. В рентгеноморфологической картине силикоза у плавильщиков кремния преобладала диффузно-склеротическая форма: фиброзная сетка была мелкой и нежной, узелки встречались редко и также были очень мелкими. Наблюдалось уплотнение и только незначительное расширение корней легких. При второй стадии силикоза интерстициальный фиброз был гораздо грубее, ячеистый, полностью вытес-

нящий следы нормального легочного рисунка. Значительного увеличения количества узелков почти не отмечалось. И при второй стадии узелки давали на рентгенограмме малую интенсивность тени. Слияния узелков в конгломераты не наблюдалось ни в одном случае. Силикозу сопутствовала эмфизема легких различной степени выраженности от базальной до диффузной; при силикозе первой стадии у половины больных, второй стадии — у всех.

При исследовании сердечно-сосудистой системы почти у одной трети больных отмечались отклонения ритма в сторону бради- и тахикардии, у отдельных лиц регистрировалась экстрасистолия. Измененное артериальное давление наблюдалось у каждого пятого больного с наклоном к гипотонии. У половины больных ЭКГ данные свидетельствовали о дистрофических изменениях в миокарде.

Увеличение печени наблюдалось у половины больных. Существенные нарушения выявлялись при исследовании функции печени по показателям ее участия в основных видах обмена. Повышенная билирубинемия (по Ван-ден-Бергу 0,99 — 1,87 мг/%) определялось у 14 из 19 больных, при этом отмечалась и уробилинурия; удлинение коагуляционной ленты Вельтмана до 8 — 11 пропбирки наблюдалось у всех больных, часто была положительной реакция Таката-Ара. Почти у всех обследованных отмечалась измененная гликемическая кривая, увеличение гипергликемического коэффициента более 1,6 до 2,0. Антитоксическая функция печени, определяемая по методу Квика-Пытеля, была нарушена у каждого третьего из обследованных.

Более чем у одной трети больных неосложненным силикозом наблюдались явления вегетативно-сосудистой дистонии, что подтверждалось тремором век и вытянутых пальцев рук, гипергидрозом, повышенной возбудимостью рефлекторно-двигательной сферы, красным стойким дермографизмом. Наряду с этим у больных отмечалась лабильность пульса, склонность к гипотонии.

В связи с высокой растворимостью субмикроскопических частиц аэрозоля конденсации двуокси кремния возможность токсического действия его больше, чем аэрозолей дезинтеграции. По-видимому, именно этим и объясняется повышенная частота поражения печени, сер-

дечно-сосудистой и вегетативной нервной системы, чем при силикозе, возникающем от аэрозолей дезинтеграции. О более широком диапазоне общетоксического действия аэрозолей конденсации двуокиси кремния по сравнению с кварцевой пылью свидетельствуют также и результаты экспериментальных исследований (Policard и Collet, 1952, 1954; Б. Т. Величковский, 1955 и др.).

Для возникновения вегетативно-сосудистой дистонии, возможно, имеют значение и другие неблагоприятные факторы производственной среды, в частности, перегревающий микроклимат.

Как и в других видах производств силикозов у плавильщиков кремния часто осложнялся туберкулезом (33,3%). Преобладала очаговая форма туберкулеза.

Влияние на организм аэрозолей конденсации двуокиси кремния с примесью окислов железа изучалось на основании наблюдения 67 больных силикозом плавильщиков 45%-го и 75%-го ферросилиция.

Средний «пылевой» стаж при силикозе первой стадии составлял 13,6 лет, второй стадии — 14,7 года (при минимальном стаже 5 лет). Основные жалобы были те же, что и у больных силикозом плавильщиков кремния — одышка, кашель, боли в груди. Однако плавильщики ферросилиция реже указывали на головные боли (17,2%) и боли в области сердца (7,6%).

Изменения со стороны верхних дыхательных путей обнаружены только у одной трети больных, «пылевой» бронхит встречался в два раза реже (16,8%).

Существенное отличие наблюдалось и по данным рентгенографии легких — фиброзная сетка была грубее и крупнее, уже при первой стадии силикоза с элементами ячеистости и тяжистости, узелковые элементы встречались чаще, отличались более крупными размерами и имели большую интенсивность тени. При второй стадии силикоза преобладала узелковая форма. Как и у плавильщиков кремния силикоз часто сопровождался эмфиземой легких.

Причиной более рельефной рентгенографической выраженности фиброза у плавильщиков ферросилиция является, по-видимому, присутствие в пыли рентгеноконтрастных окислов железа, способствующих, по данным А. Г. Шумакова (1964), более раннему рентгенологическому выявлению силикотических узелков. Имеет значе-

ние также повышенный уровень запыленности воздуха, относительно более крупные размеры частиц и меньшая растворимость этой пыли.

Не исключается вероятность, что ингибиторное влияние окислов железа обуславливало у больных силикозом плавильщиков ферросилиция менее выраженное общетоксическое действие аэрозолей конденсации двуокиси кремния, что подтверждалось меньшей частотой поражения печени (11,8%), вегетативно-сосудистой дистонии (16,9%). Реже у них силикоз осложнялся туберкулезом (11,9%).

Особенности клиники силикоза у плавильщиков силикохрома изучались на группе больных в 16 человек. Средний «пылевой» стаж при силикозе I стадии у них был продолжительнее — 16 лет. Силикоза II стадии не наблюдалось совсем. Кроме основных «грудных» жалоб часто отмечалась общая слабость. Как по анамнестическим данным, так и по амбулаторной обрабатываемости у плавильщиков силикохрома чаще наблюдались обострения хронических катаров верхних дыхательных путей. Частые изменения слизистой в виде субатрофических и атрофических ринитов, фарингитов, ларингитов порождали жалобы на сухость в носу и горле, охриплость голоса, а у ряда больных и повторные носовые кровотечения. у двух больных силикозом выявлено прободение носовой перегородки от 1,5 до 2,5 см в диаметре. Бронхит у них приобретал астмоидный характер; при этом выявлялась повышенная чувствительность к хрому при кожной пробе. Больные силикозом выделяли повышенное количество хрома с мочой (до 62—101  $\mu$  в литре). Почти у половины больных наблюдалось увеличение печени с нарушением ее функции. Не вызывает сомнения, что клиническая картина силикоза у плавильщиков силикохрома дополняется некоторыми признаками хронической интоксикации хромом.

Клиника хронической хромовой интоксикации у рабочих ферросплавной промышленности не описана, именно это обстоятельство определило повышенный интерес к такой патологии. Плавка силикохрома и феррохрома обычно производится в одних и тех же цехах, поэтому одни плавильщики подвергаются преимущественно воздействию аэрозолей конденсации двуокиси кремния, другие — окислов хрома.

Под наблюдением клиники находилось 18 больных с проявлениями хронической хромовой интоксикации.

Средний стаж работы плавильщиков хромовых сплавов равнялся 18,5 лет, средний возраст — 42,2 года.

Больные в основном жаловались на одышку и кашель, имеющий черты астмоидного. При кашле часто выделялась гнойная мокрота, что не было характерно для больных силикозом. Чаше, чем при силикозе, эти больные предъявляли диспептические жалобы (каждый второй).

Патология верхних дыхательных путей выражалась в виде хронических атрофических и субатрофических катаров. Атрофический ринит выявлялся у каждого третьего больного. Только у одного больного обнаружено прободение носовой перегородки 2,5 см в диаметре, однако, следует отметить, что прободение носовой перегородки 1,5—2 см в диаметре без легочной патологии выявлено еще у четырех рабочих (двух дозирующих и двух шлаковщиков) при профосмотре рабочих Актюбинского завода ферросплавов.

У всех больных в клинической картине доминировал хронический бронхит, нередко приобретающий черты астмоидного. Обращала внимание большая частота обострений бронхита, осложнявшегося мелкоочаговой и интерстициальной пневмонией.

Такое осложнение не всегда распознавалось сразу и проходило с диагнозом обострившегося катара верхних дыхательных путей или эндобронхита.

В рентгенологической картине преобладала диффузная эмфизема легких. Усиление и деформация бронхососудистого рисунка имели груботяжистый характер и подчеркивали перибронхиальный характер изменений. Встречались грубые плевральные спайки и шварты. Корни были фиброзно изменены, тяжисты. Мелкосетчатой деформации и узелков, характерных для силикоза, не наблюдалось. Кожная проба на хром у всех больных астмоидным бронхитом оказалась положительной. Наряду с патологией дыхательных путей у больных диагностировались дистрофия миокарда, токсический гепатит и гастрит. В моче обнаруживался хром (12—29  $\mu$  в литре). Все это указывало на то, что выявленная патология была проявлением хронической интоксикации хромом с преимущественным поражением дыхательных путей в виде токсического пневмосклероза.

Мы имели возможность сопоставить результаты наших наблюдений с картиной хронической интоксикации хромом в производстве хромовых солей, описанной сотрудницей нашего института Л. Н. Беляевой (1958). У плавильщиков хромовых сплавов в меньшей степени выступает местное влияние пагогенного фактора, реже встречается прободение носовой перегородки, не наблюдается хромовых язв. Это связано с преобладанием трехвалентных соединений, а также иным химическим строением шестивалентных соединений хрома в аэрозолях конденсации, выделяющихся при выплавке кремнисто-хромовых сплавов.

Таким образом, у плавильщиков силикохрома выявляются два вида патологии: собственно силикотический процесс и проявления хронической интоксикации хромом. В зависимости от того, какой патогенный фактор (аэрозоли конденсации двуокиси кремния или окислы хрома) в пыли преобладал, клиническая симптоматика приобретает преимущественные признаки силикоза или токсического пневмосклероза.

В настоящее время мы не можем с достаточной уверенностью сказать, имеет ли место суммирование воздействия указанных факторов или потенцирование их, однако анализ течения описываемой патологии у плавильщиков силикохрома показывает большую тяжесть клинической картины заболевания.

При исследовании у 113 человек функционального состояния дыхательной системы по клинико-рентгенологической картине было выделено 5 групп: «подозрение на силикоз», силикоз I стадии, силикоз II стадии, силикотуберкулез и токсический пневмосклероз.

Характеристика функции внешнего дыхания производилась по комплексу показателей, полученных в основном при спирографическом методе исследования, пневмотахометрии и кюветной оксигеметрии. Для определения остаточного объема (ОО), функциональной остаточной емкости легких (ФОЕЛ), а также их соотношения к общей емкости легких (ОЕЛ) использован гелиометр типа ПТ-1120. Помимо исследований в покое вентиляционные показатели и потребление кислорода изучались

в восстановительный период на протяжении 8 минут после физической нагрузки по Мастеру.

Нарушение функции внешнего дыхания при силикозе первой стадии характеризовалось гипервентиляцией (МОД  $141,2 \pm 6,9\%$  от должной величины), повышением потребления кислорода ( $120,3 \pm 4,8\%$  от должной величины), при явном снижении коэффициента использования кислорода (33,5 мл/л) и артериальной гипоксемии ( $H_bO_2 93,7 \pm 0,51\%$ ). Почти у половины больных силикозом I стадии (47,1%) снижение максимальной скорости воздуха на выдохе было выражено в большей степени, чем на вдохе, что отразилось на величине пневмотахометрического коэффициента ( $< 1$ ) и свидетельствовало о нарушении бронхиальной проходимости. Величины ЖЕЛ и МВЛ изменялись в меньшей степени, однако и при силикозе первой стадии у ряда лиц наблюдалось их значительное снижение.

В нарушении респираторной функции уже при силикозе первой стадии определенная роль принадлежит эмфиземе легких, что подтверждается статистически достоверным увеличением остаточного объема легких у больных по сравнению с контролем ( $00 - 2592,9 \pm 330,7$  мл,

$$P < 0,001; \frac{00}{ОЕЛ} 41,2 \pm 2,40\%; P < 0,001, \frac{ФОЕ}{ОЕЛ} 61,3 \pm 2,37\%).$$

Фибротические и эмфизематозные изменения в легких приводят к нарушению равномерности легочной вентиляции, в связи с чем время выравнивания концентрации гелия в системе спирограф-легкие удлиняется до 6,5 мин. против 4,4 мин. в контроле.

Степень уменьшения функциональных резервов дыхательной системы почти по всем показателям нарастала от первой ко второй стадии силикоза и при осложнении туберкулезом.

Вторая стадия силикоза характеризовалась следующими отклонениями показателей от должной величины: МОД  $183,6 \pm 19,4\%$ , потребление кислорода  $128,4 \pm 5,8\%$ , коэффициент использования кислорода 29,9 мл/л, ЖЕЛ  $90,3 \pm 4,72\%$ . Существенное снижение максимальной скорости выдоха (до 4 и менее л/сек) и вдоха (до 3 и менее л/сек) отмечалось у каждого третьего больного. Снижение насыщения артериальной крови кислородом составляло в среднем  $93,1 \pm 0,6\%$   $H_bO_2$  и наблюдалось поч-

ти у всех больных — 73,3%. При этом, значительная артериальная гипоксемия ( $H_bO_2$  артериальной крови 90% и ниже) при силикозе I и II стадии определялась соответственно в 21,4 — 20,0% случаев.

Изменения при силикотуберкулезе имели аналогичный характер: МОД  $171,0 \pm 8,9\%$ , потребление кислорода  $129,0 \pm 2,6\%$ , коэффициент использования кислорода  $31,2$  мл/л, ЖЕЛ  $90,1 \pm 3,6\%$ , МВЛ  $85,9 \pm 4,10$ , насыщение артериальной крови кислородом  $93,1 \pm 0,56\%$   $H_bO_2$ . Снижение максимальной объемной скорости выдоха и вдоха было еще более выражено.

Исследование функции внешнего дыхания у больных токсическим пневмосклерозом позволило установить легочную недостаточность более выраженную, чем у больных силикозом первой стадии, на что указывали значительная гипервентиляция — МОД  $181,0 \pm 12,5\%$ ,  $P < 0,01$ , большая степень снижения ЖЕЛ  $76,0 \pm 4,91\%$   $P < 0,01$  и МВЛ  $84,2 \pm 10,6\%$ , существенное затруднение воздушному потоку на выдохе — МСВыд  $3,4 \pm 0,35$  л/сек, МСВд  $3,7 \pm 0,26$  л/сек, пневмотахометрический коэффициент 0,9. Более выраженную, чем при силикозе, эмфизему легких подтверждало большее нарастание абсолютной и относительной величины остаточного объема

( $00 - 2809,03 \pm 671,7$  мл,  $P < 0,05$ ,  $\frac{00}{\text{ОЕЛ}}$   $45,3 \pm 6,24\%$ ,  $P < 0,001$ ,

$\frac{\text{ФОЕ}}{\text{ОЕЛ}}$   $65,2 \pm 5,41\%$ ,  $P < 0,01$ , а также удлинение времени

выравнивания концентрации гелия в системе спирограф — легкие до 7,2 мин.

Как показали исследования внешнего дыхания в группе лиц, подозрительных по силикозу, состоящей из 27 человек, нарушение респираторной функции возникает еще до того, как силикоз первой стадии приобретает четкое рентгенографическое выражение. В сравнении с силикозом первой стадии при «подозрении на силикоз» изменение функции внешнего дыхания в большей мере носит компенсаторный характер. Гипервентиляция хотя и наблюдалась, но осуществлялась у них более благоприятно за счет углубления дыхания, потребление кислорода не выходило за пределы физиологической нормы, максимальная скорость воздуха на выдохе и вдохе снижалась весьма незначительно, понижение пневмотахометрическо-

го коэффициента меньше единицы встречалось в 2 раза реже, чем при силикозе первой стадии. В меньшей степени у лиц, подозрительных по силикозу, увеличивались показатели остаточного объема:  $00 - 1748,0 \pm 112,6$  мл.

$P < 0,05$ ;  $\frac{00}{\text{ОЕЛ}} 31,7\%$ ,  $P < 0,001$ ,  $\frac{\text{ФОЕ}}{\text{ОЕЛ}} 55,6\%$ . К 8-й ми-

нуте восстановительного периода после физической нагрузки по Мастеру у них, в отличие от больных силикозом, частота дыхания возвращалась к уровню покоя.

Состояние сердечно-сосудистой системы изучалось по данным электрокардиограммы у 95 человек, подразделенных на вышеперечисленные пять групп.

У половины больных силикозом I стадии и у двух третей — силикозом II стадии и силикотуберкулезом на ЭКГ отмечалось небольшое снижение интервала ST, понижение амплитуды зубца T вплоть до отрицательного или, наоборот, высокий T, равный или превышающий R в грудных отведениях. Несколько реже наблюдалось снижение вольтажа комплекса QRS, увеличение систолического показателя более + 6%.

Полученные данные свидетельствовали о развивающихся при силикозе дистрофических изменениях в миокарде, а также нарушениях биоэлектрической активности миокарда.

Нарушение ритма у больных неосложненным силикозом обнаруживалось в 36,9% в виде бради-, тахикардии, синусовой аритмии и реже экстрасистолии, чему, надо полагать, способствовало сопутствующее влияние двух таких неблагоприятных факторов, как перегревающий микроклимат и тяжелый физический труд.

Перегрузка правых отделов сердца вплоть до гипертрофии правого желудочка выявлена у каждого пятого больного силикозом I стадии и почти у одной трети больных силикозом II стадии и силикотуберкулезом.

При этом на ЭКГ определялись высокий зубец R в третьем отведении (до 2,1 mV) при отрицательном или сниженном T, повышение индекса Соколова — Лайона (от 1,3 mV до 2,5 mV), смещение переходной зоны к V<sub>5</sub>, снижение T<sub>п</sub>, увеличенный (более 0,3 mV), острровершинный зубец P<sub>п.ш</sub>.

У лиц же, подозрительных по силикозу, даже вертикальная и полувертикальная позиции сердца встреча-

лись не чаще, чем у здоровых, напротив, у них преобладала левограмма; ни в одном случае не было выявлено перегрузки правого предсердия или правого желудочка.

Среди нарушений автоматизма у них преобладала синусовая аритмия, однако нарушение восстановительных процессов миокарда наблюдалось почти у каждого второго.

Баллистокардиографическое исследование (БКГ), проведенное у 17 больных силикозом, указывало на заметное нарушение пропульсивной функции миокарда.

Вторая степень по Броуну наблюдалась у 5 больных, у 5 определялись ранние «М», у 4х — слитое «НЖ», неадекватная реакция на вдох — у 7 больных.

Баллистокардиографический индекс при силикозе имел тенденцию к снижению — 0,34 против 0,48 в контроле.

ЭКГ и БКГ исследования при токсическом пневмосклерозе подтверждали у половины больных дистрофию миокарда, а также нарушение биоэлектрической и механической активности миокарда. При БКГ исследовании изменения были более выраженными, чем при силикозе, обнаружены качественные изменения — резко сниженная максимальная скорость тела до 12,7 мм против 20,03 в контроле.

Выборочно больным силикозом проведено поликардиографическое (ПКГ) и кинетокардиографическое (ККГ) исследование зоны проекции правого желудочка. При ПКГ левого желудочка установлено небольшое увеличение продолжительности периода напряжения за счет фазы асинхронного сокращения, период изгнания существенно не отличался от контроля.

Кинетокардиограмма также указывала на незначительное увеличение длительности периода напряжения за счет асинхронного сокращения. В отличие от левого желудочка у правого имелась явная тенденция к укорочению периода изгнания, а также периода расслабления при нормальной продолжительности фазы изометрического сокращения. Эти сдвиги указывали на начальные проявления недостаточности миокарда правого желудочка.

Изучение иммунобиологической реактивности у больных силикозом плавильщиков кремния и его сплавов показало понижение ее по ряду тестов: снижение уровня

гетерофильных антител 1:8 (у доноров 1:13) и угнетение фагоцитарной активности нейтрофилов: фагоцитарное число — 18,7 (у доноров 77,0), фагоцитарный индекс — 5,8 (у доноров 11,0), фагоцитарный показатель — 1,12 (у доноров 8,9). Вместе с тем, в отличие от силикоза, вызванного аэрозодем дезинтеграции, не наблюдалось снижения титра комплемента, повышения антикомplementарной активности сыворотки крови и увеличения содержания  $\gamma$  —глобулинов. Напротив, при исследовании белков сыворотки у 42-х больных силикозом было обнаружено статистически значимое по сравнению с контролем снижение  $\gamma$ -глобулиновой фракции. Содержание же  $\alpha_2$  глобулинов, наоборот, оказалось выше, чем в контроле. Общий белок сыворотки крови соответствовал нормальным величинам, не изменялся также и альбумино-глобулиновый коэффициент.

\* \* \*

Динамическое наблюдение на протяжении от 3-х до 15-ти лет за 72 больными силикозом показало, что прогрессирование процесса выражалось, главным образом, в нарастании интерстициального фиброза, эмфиземы легких и в ухудшении функционального состояния респираторной и сердечно-сосудистой систем.

Присоединение же туберкулеза отступало на второй план, в отличие от силикоза, вызванного аэрозодем дезинтеграции, где туберкулез, в сущности, определяет тяжесть течения и прогрессирование силикоза, а также его прогноз.

Как показала динамика функционального состояния респираторной системы у 30 больных неосложненным силикозом, за период наблюдения снизилась ЖЕЛ за счет уменьшения резерва выдоха, выросла гипервентиляция, снизилась максимальная вентиляция легких, потребление же кислорода не претерпело изменений. Выраженная легочная недостаточность развилась у каждого 3-го больного. У ряда больных на электрокардиограмме стали обнаруживаться признаки перегрузки правых отделов сердца. В клинической симптоматике наряду с усилением одышки, появились приступы удушья в ночное время, сердцебиение, общая слабость и головные боли уже при незначительном физическом напряжении.

В течении силикотуберкулеза также существенное зна-

чение принадлежит нарастанию интерстициального фиброза, эмфиземы легких, присоединению легочной и легочно-сердечной недостаточности.

Прогрессирование силикоза и силикотуберкулеза наблюдалось чаще и протекало тяжелее у больных, продолжавших работу плавильщика, чем у тех лиц, которые были трудоустроены на работы, не связанные с воздействием пыли. При своевременном лечении и трудоустройстве наблюдалась длительная компенсация туберкулезного процесса при сроках наблюдения 6—15 лет.

Таковы особенности клиники и течения силикоза у плавильщиков кремния и его сплавов. В отличие от силикоза, вызванного аэрозолями дизентеграции, в клинической картине заболевания у данных больных существенное значение приобретает большая частота хронического «пылевого» бронхита, эмфиземы легких, поражения миокарда и, как следствие этого, развитие легочно-сердечной недостаточности; более отчетливо выступает общетоксическое действие аэрозоля конденсации двуоксида кремния, обладающего субмикроскопической дисперсностью и повышенной растворимостью.

Эти особенности силикоза у плавильщиков кремния и его сплавов и обусловили наши рекомендации по вопросам врачебно-трудовой экспертизы и трудоустройства больных. При решении указанных вопросов наряду с рентгенографическими данными важное значение принадлежит определению функционального состояния дыхательной и сердечно-сосудистой систем. С момента диагностирования силикоза больные нуждаются в переводе на работу, не связанную с воздействием пыли и газов. Им противопоказаны также работа в условиях как перегревающего, так и охлаждающего микроклимата и постоянное большое физическое напряжение.

В лечении этих больных особое значение приобретают дыхательная гимнастика, оксигенотерапия, бронхорасширяющие средства. В лечении больных токсическим пневмосклерозом основным является применение бронхорасширяющих средств, протеолитических ферментов, антибиотиков и сульфаниламидных препаратов. Наш небольшой опыт введения лекарственных веществ в виде электроаэрозоля показал большую эффективность подобного лечения.

Учитывая общетоксическое действие аэрозоля конден-

сации двуокси кремния, в комплекс лечебных мероприятий целесообразно включение белкового питания и липотропных веществ.

Переходя к вопросу о профилактике силикоза на предприятиях, находившихся под нашим наблюдением, следует указать, что основой ее является реализация оздоровительных инженерно-технических мероприятий. Нетиповой электротермический цех УАЗа был закрыт и выстроен новый. В нетиповом цехе НЛМЗ понижена мощность печей и изменен сортамент выплавляемых сплавов. В типовых цехах частично внедрены закрытые электропечи и разливочные машины, повысилась эффективность местной вентиляции и др. При строительстве новых плавильных цехов используются более совершенные объемно-планировочные решения, улучшающие их аэрацию.

Все это привело к серьезному снижению запыленности воздуха: на рабочем месте плавильщика кремния (УАЗ) в среднем — с  $18,0 \text{ мг/м}^3$  до  $3 \text{ мг/м}^3$ ; плавильщика ферросилиция (НЛМЗ) — с  $26 \text{ мг/м}^3$  до  $5 \text{ мг/м}^3$ .

В результате инженерно-технической, а также медико-санитарной профилактики, включающей регулярное проведение периодических медицинских осмотров, снизилась заболеваемость силикозом: по электротермическому цеху (УАЗ) за 10 лет — с 13,8% до 1,1%; в ферросплавных цехах ЧЭМК за тот же период с 4,6% до 2,8%. В ферросплавном цехе НЛМЗ в 1963 г. распространенность силикоза равнялась 18,1%, в 1965 г. заболеваемость составляла 3,5%. Перестали выявляться случаи силикоза при пятилетнем стаже работы. В стажевых группах 6—10 лет, 11—15 лет заболеваемость снизилась 10 раз. Исчез силикоз второй стадии; уменьшилось число осложненный туберкулезом. Минимальный стаж развития силикоза в настоящее время равняется 10 годам.

При периодических медицинских осмотрах рабочих в производстве кремния и его сплавов применяемый комплекс исследования легочного дыхания считаем обоснованным дополнить определением МОД и пневмотахометрии. Эти методы просты и доступны в условиях любой медсанчасти. Принимая во внимание общетоксическое влияние аэрозолей конденсации двуокси кремния и окислов хрома, необходимо выборочное определение билирубина крови.

Особенно большое значение принадлежит диспансер-

ному наблюдению за группой рабочих, выявляемой при профосмотрах с «подозрением на силикоз».

Своевременное применение комплекса лечебно-профилактических мероприятий именно в этой группе будет способствовать длительному сохранению трудоспособности наиболее квалифицированных рабочих.

Полученные нами данные подтверждают необходимость проведения периодических медицинских осмотров и у плавильщиков феррохрома, что не предусмотрено приказом Министра здравоохранения 136 «М» от 7/IX-57 г.

## ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. В условиях электротермического производства кремния и кремнистых сплавов у рабочих развивается силикоз, вызванный воздействием аэрозолей конденсации двуокиси кремния.

Распространенность силикоза, сроки развития и тяжесть поражения находятся в прямой зависимости от процентного содержания свободной двуокиси кремния в пыли, выделяющейся в виде дыма из электропечей, и уровня запыленности воздуха. Наибольшая заболеваемость силикозом наблюдается у рабочих, связанных с непосредственным обслуживанием электропечей, — плавильщиков, горновых и электродчиков.

2. Физико-химические свойства аэрозолей конденсации двуокиси кремния электротермического происхождения: специфическое аморфное строение, субмикроскопическая диспертность, повышенная растворимость и др. — обуславливают ряд особенностей клинико-рентгенологических проявлений вызываемого ими силикоза, по сравнению с силикозом, развивающимся под влиянием аэрозолей дезинтеграции кристаллического кремнезема: преобладание диффузно-склеротической формы, отсутствие конгломеративных изменений, раннее развитие эмфиземы легких, частое нарушение бронхиальной проходимости.

Большая частота дистрофических изменений печени, поражения сердечной мышцы, а также вегетативно-сосудистых расстройств у больных силикозом, по-видимому, связана с проявлением общетоксического действия

аэрозолей конденсации двуокиси кремния, хотя в развитии этой патологии нельзя исключить и неблагоприятного влияния перегревающего микроклимата, а также других факторов производственной среды.

3. В функциональном отношении силикоз, развивающийся при вдыхании аэрозолей конденсации двуокиси кремния, характеризуется комплексом выраженных изменений. При силикозе первой стадии наблюдается гипервентиляция, повышение потребления кислорода при сниженном коэффициенте использования кислорода, увеличение остаточного объема легких, удлинение времени выравнивания концентрации гелия в системе спирограф-легкие, понижение максимальной объемной скорости воздуха на вдохе и выдохе, а также артериальная гипоксемия.

Степень уменьшения функциональных резервов дыхательной системы по большинству показателей нарастает по мере прогрессирования фиброза и при осложнении туберкулезом. Нарушение респираторной функции возникает уже при «подозрении на силикоз».

По электрокардиографическим данным при силикозе наблюдается перегрузка правых отделов сердца вплоть до гипертрофии правого желудочка.

4. Клинико-рентгенологическая картина силикоза приобретает некоторые дополнительные черты в зависимости от присутствия в пыли соединений железа или хрома.

У плавильщиков ферросилиция — более резкая рентгенологическая очерченность фиброза, большая частота узелковых элементов, меньший процент осложнения туберкулезом, менее выраженное проявление общетоксического действия кремнезема.

У плавильщиков силикохрома — меньшая выраженность фибротической реакции и сочетание ее с признаками хронической хромовой интоксикации: астмоидным бронхитом при положительной специфической кожной пробе на хром, прободением носовой перегородки, выделением хрома с мочой и др.

5. Динамическое наблюдение за больными силикозом на протяжении от 3-х до 15 лет показало, что прогрессирование процесса в послепылевом периоде выражается, главным образом, в нарастании интерстициального фиброза, эмфиземы легких и ухудшении функционального состояния дыхательной и сердечно-сосудистой систем.

6. Особенности клинико-рентгенологических проявлений силикоза в электротермическом производстве кремния и его сплавов должны учитываться при решении вопросов врачебно-трудовой экспертизы и трудоустройства, организации диспансерного наблюдения и лечения таких больных.

7. Реализация инженерно-технических и медико-санитарных профилактических мероприятий в электротермическом производстве кремния и его сплавов привела к улучшению условий труда и значительному снижению заболеваемости силикозом и силикотуберкулезом.

В порядке внедрения результатов работы в практику осуществлялось следующее:

1. На основании исследований, проведенных в институте, подтверждающих силикозоопасность производства кремния и его сплавов, плавильщики были включены в список профессий, подлежащих предварительным и периодическим медицинским осмотрам (приказ Министра здравоохранения 136 «М» от 7/IX-57 г.).

2. Материалы исследований института послужили основанием для предоставления плавильщикам кремния и его сплавов соответствующих льгот, предусмотренных советским законодательством для силикозоопасных производств (сокращенный рабочий день, дополнительный отпуск, пенсионное обеспечение на льготных условиях).

3. Результаты клинических и экспериментальных исследований, проведенных в институте, явились основанием для установления новых предельно допустимых концентраций в воздухе рабочих помещений для аэрозолей конденсации двуокиси кремния —  $1 \text{ мг/м}^3$ .

4. В дополнение к новому приказу Министра здравоохранения СССР о предварительных и периодических медицинских осмотрах, присланному в институт для обсуждения, мы предложили включить в соответствующий перечень производств и профессий специальный пункт о рабочих, подвергающихся комбинированному воздействию трех- и шестивалентных соединений хрома, в частности, плавильщиков феррохрома.

5. На основании полученных данных об особенностях клинико — рентгенологических проявлений силикоза при электротермической плавке кремния и его сплавов подготовлено информационное письмо для врачей медсанчастей ферросплавных и алюминиевых заводов.

## СПИСОК

### научных работ, опубликованных по теме диссертации

1. Течение силикоза, развивающегося у рабочих в производстве электротермических кремнийсодержащих сплавов.

Вопросы гигиены, профпатологии и промышленной токсикологии.

Свердловск, 1966, 18—19 (в соавт. с Н. В. Рябовой и Б. Т. Величковским).

2. Иммунологическое состояние больных силикозом при воздействии аэрозоля двуокиси кремния.

Врачебное дело, № 11, 1966, Киев, 88—91 (в соавт. с Б. Т. Величковским и Л. А. Генкиной).

3. Клиника силикоза при воздействии аэрозоля конденсации двуокиси кремния в электротермическом производстве.

Сб.: «Борьба с силикозом», т. VII, изд.-во АН СССР, 1967, 316—319.

4. Профессиональная патология у рабочих в производстве силико-и феррохрома.

Кн. «Клиника, патогенез и профилактика профзаболеваний химической этиологии на предприятиях черной и цветной металлургии», ч. I, 1967, Свердловск, 78—88 (в соавт. с Т. С. Забугорновой).

### Принято в печать

1. Исследование функции внешнего дыхания у плавильщиков кремния и кремнистых сплавов.

Сб. «Вопросы профессиональной патологии», Свердловск. Гос. мед. институт, 1968 (в соавт. с С. М. Ганюшкиной).