

Свердловский государственный медицинский институт

Е. В. ГОТЛИБ

ГИГИЕНА ТРУДА
ПРИ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОМ ПОЛУЧЕНИИ
АЛЮМИНИЯ

(14 756 — гигиена и профессиональные заболевания)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени доктора
медицинских наук

Свердловск, 1970

Свердловский государственный медицинский институт

На правах рукописи

Е. В. ГОТЛИБ

ГИГИЕНА ТРУДА
ПРИ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОМ ПОЛУЧЕНИИ
АЛЮМИНИЯ

(14756 — гигиена и профессиональные заболевания)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени доктора
медицинских наук

Свердловск, 1970

Работа выполнена на кафедре общей гигиены Свердловского государственного медицинского института (ректор доктор медицинских наук профессор В. Н. Климов) и в Свердловском научно-исследовательском институте гигиены труда и профессиональных заболеваний (директор доктор медицинских наук Б. Т. Величковский)

Научный консультант доктор медицинских наук профессор С. В. Миллер.

Официальные оппоненты:

Доктор медицинских наук профессор В. М. Ретнев.

Доктор медицинских наук Б. Т. Величковский.

Доктор медицинских наук профессор М. С. Садилова.

Ведущее научное учреждение — Криворожский институт гигиены труда и профзаболеваний.

Автореферат разослан «16» *июль* 1970 г.

Защита назначена на «16» *июль* 1970 г. на заседании медико-биологического Ученого совета Свердловского государственного медицинского института.

Адрес: г. Свердловск, ул. Репина, 3.

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

Ученый секретарь совета доцент А. П. Боярский.

Программой Коммунистической партии Советского Союза, принятой XXII съездом КПСС, поставлена задача ликвидации профессиональных заболеваний на предприятиях нашей страны: «Всемерное оздоровление и облегчение условий труда — одна из важных задач подъема народного благосостояния. На всех предприятиях будут внедрены средства техники безопасности и облегчены санитарно-гигиенические условия, устраняющие производственный травматизм и профессиональные заболевания»*.

В решении этой задачи важная роль принадлежит гигиенической науке. Изучение условий, приводящих к развитию заболеваний, этиологически связанных с условиями труда на производстве, является необходимой предпосылкой для определения основных направлений, по которым должны осуществляться профилактические мероприятия. Осуществление этих мероприятий обеспечивает сохранение здоровья рабочих и повышение производительности их труда.

Алюминиевая промышленность относится к числу наиболее перспективных отраслей металлургической промышленности. Алюминий и получаемые на его основе сплавы получили широкое применение в народном хозяйстве.

План развития народного хозяйства СССР на 1966—1970 годы, предусматривающий рост производства алюминия в 2,3 раза, успешно выполняется. Быстрое развитие алюминиевой промышленности обуславливает вовлечение в его производство все большего числа рабочих, а санитарные условия труда на одном из важнейших его участков — в электролизных цехах, где осуществляется электролитическое получение алюминия из глинозема, остаются неблагоприятными.

Процесс электролитического получения алюминия сопровождается поступлением в воздушную среду рабочих помещений фтористых соединений, возгонов каменноугольного пека, смешанной пыли и больших количеств тепла.

В зарубежной литературе сообщения о профессиональных

* Госполитиздат, М., 1961, стр. 95.

заболеваниях у рабочих электролизных цехов алюминиевых заводов начали появляться в тридцатых годах нашего столетия (Frostad, 1936; Evang, 1938; Hjort, 1938). С развитием алюминиевой промышленности публикуется все больше сообщений о хронических интоксикациях фтором (профессиональном флюорозе) на алюминиевых заводах различных стран мира (Bromehead с соавт., 1941, 1944; Daubenspeck с соавт., 1944; Tcurangeau, 1944; Hunter, 1946, 1951; Brailsford, 1948; Agate с соавт., 1949; Largent с соавт., 1954; Demole, Held, 1953; Margason, 1956; Lanyi, Geryk, 1968).

В нашей стране через несколько лет после пуска в эксплуатацию первых алюминиевых заводов (Волховского и Днепровского) были опубликованы работы о профессиональной патологии рабочих электролизных цехов (Н. Б. Альперина и М. И. Сокольский, 1937; М. С. Титаренко и Р. Л. Дизик, 1936; И. Л. Винокур, 1939). В последние годы профессиональные заболевания этих рабочих изучались клиниками профессиональных болезней Свердловского и Ленинградского институтов гигиены труда и профзаболеваний (Е. Я. Гирская, 1955, 1958, 1962, 1967; А. В. Гринберг, 1955; Р. Н. Вольфовская с соавт., 1959; В. А. Васильева с соавт., 1966, 1967). Были опубликованы работы, посвященные профессиональной патологии рабочих электролизных цехов и на других алюминиевых заводах нашей страны (А. Г. Левшова, 1960; С. Л. Еолян, 1961; И. М. Испуганов, 1963; И. Н. Губанова, 1965; П. В. Михайлов, 1967; Б. М. Тумаркин и Я. А. Халемин, 1968; С. П. Элбакян, 1969 и др.).

Эти клинические исследования выявили главным образом особенности течения хронической интоксикации фтором у рабочих, но они не давали достаточного представления о других видах профессиональной патологии и о распространенности профессиональных заболеваний у рабочих электролизных цехов.

В доступной литературе опубликовано очень небольшое количество работ, посвященных санитарным условиям труда в электролизных цехах алюминиевых заводов (А. П. Бессонова, 1953; П. Т. Симахина, 1959; Г. П. Кораблева с соавт., 1967; В. М. Газина, 1967; Bcwler с соавт., 1949; Bansagi, 1955; Carach, 1958; Ulrich, 1959; Midttun, 1960).

Вопросы гигиены труда и профессиональной патологии рабочих электролизных цехов на протяжении ряда лет служили предметом систематического изучения Свердловского института гигиены труда и профессиональных заболеваний и

кафедры общей гигиены Свердловского медицинского института. Настоящая работа является обобщением материалов исследований, направленных к решению следующих задач:

1. Изучить количество соединений фтора, поступающих в воздух электролизных корпусов, в зависимости от технологических условий и организации воздухообмена, а также содержание их в воздухе рабочей зоны.

2. Определить источники пылеобразования, уровень запыленности воздуха и дать оценку пылевому фактору в электролизных цехах.

3. Дать характеристику микроклиматических условий в теплый и холодный периоды года и влияния их на физиологические сдвиги у рабочих.

4. Изучить влияние санитарных условий труда в электролизных цехах на общую и профессиональную заболеваемость рабочих, профессиональную инвалидность, а также смертность рабочих от злокачественных новообразований.

5. На основе проведенных исследований разработать систему оздоровительных мероприятий и дать гигиеническую оценку реализованным мероприятиям.

Исследования проводились на Уральском, Богословском, Новокузнецком, Волгоградском, Иркутском, Красноярском, Днепровском, Волховском, Сумгаитском, Кандалакшском и Надвойцком алюминиевых заводах.

Ряд исследований проведен в сотрудничестве с заводами и Всесоюзным научно-исследовательским и проектным институтом алюминиевой и магниевой промышленности (ВАМИ).

1. Технология производства алюминия, устройство зданий электролизных цехов и организация в них воздухообмена

Производство алюминия представляет сложный электрохимический процесс разложения криолитоглиноземного расплава, осуществляемый под действием постоянного тока в специальных электролизных ваннах — электролизерах при температуре около 950°.

Электролизная ванна имеет своей основой металлическую конструкцию, футерованную угольными блоками; подина ванны служит катодом, на котором выделяется алюминий.

Исходным сырьем для получения алюминия является глинозем (Al_2O_3), растворяемый в расплавленном криолите

— двойной соли фтористого натрия и фтористого алюминия. Сверху в электролит опущен угольный анод.

По способу подвода тока к аноду различают электролизеры с боковым и верхним подводом тока к аноду. Электролизеры с боковым подводом тока рассчитаны на силу тока 50—70 килоампер, а электролизеры с верхним подводом тока — на 120—150 килоампер (электролизеры большой мощности).

Разрушение застывающей на поверхности электролита прочной корки, загрузка глинозема и выполнение некоторых сопутствующих работ представляют в совокупности так называемую обработку электролизной ванны, которая выполняется рабочими-электролизниками и рубщиками. Рабочими-анодчиками осуществляются все операции по обслуживанию анодов электролизных ванн.

Кроме электролизников и анодчиков, в электролизных цехах заняты рабочие ряда других профессий: крановщики, выливщики, слесари, электрики, замерщики контактов, рабочие спецмонтажа электролизеров и др.

Санитарные условия труда в электролизных цехах в большой мере зависят от их строительного оформления и организации в них воздухообмена. Имеется несколько типов электролизных корпусов: одноэтажные двухпролетные здания с четырехрядным расположением вдоль корпуса электролизеров с боковым подводом тока, одноэтажные однопролетные здания с двухрядным расположением электролизеров с боковым или верхним подводом тока и двухэтажные здания с расположением в два ряда мощных электролизеров на втором этаже. В электролизных корпусах последнего типа первый этаж используется как аэрационный. Проходы между рядами электролизеров являются основным местом пребывания рабочих.

Воздухообмен в электролизных корпусах осуществляется при помощи механической вентиляции и аэрации. Механическая вентиляция обеспечивается системами газоотсоса от электролизных ванн и приточными вентиляционными системами. Последними оборудуются одноэтажные электролизные корпуса. Мощная вентиляция от ванн необходима для удаления большого количества вредных газов, пыли и тепла, образующихся в процессе электролиза.

От электролизеров с боковым подводом тока к аноду вытяжка производится из-под укрытия шторного типа, откуда воздух удаляется через систему газопроводов за пределы корпу-

са и выбрасывается, в атмосферу через высокие трубы.

Электролизеры большой мощности с верхним подводом тока к аноду не имеют укрытий. Для удаления вредных газов, пыли и тепла в периоды, когда ванна покрыта коркой электролита, эти электролизеры оборудованы газосборными колоколами (колокольный газоотсос), из которых газовая смесь поступает в горелки, где происходит дожигание углеводородов и окиси углерода. При разрушении корки (обработка ванны или нарушения в ходе технологического процесса) весь горячий конвективный поток от ванны, несущий вредные вещества, выделяемые ею, поступает в воздух корпуса.

Механическая подача приточного воздуха в одноэтажных корпусах производится через напольные приточные решетки и воздухораспределительные тумбы. Аэрация в этих корпусах осуществляется за счет притока наружного воздуха через проемы в стенах здания и удаления воздуха через аэрационный фонарь.

В наших исследованиях одновременно с изучением микроклиматических условий и содержания в воздухе фтористых соединений производилось определение величины воздухообмена электролизных корпусов. Кратность воздухообмена определялась два-три раза на протяжении рабочей смены путем измерения скорости движения воздуха в фрамугах аэрационного фонаря и измерения площади живого сечения этих фрамуг. Исследования в одноэтажных электролизных корпусах ряда алюминиевых заводов показали, что кратность воздухообмена в этих корпусах в теплый период года составляет 25—45 крат-час., а зимой — 10—20 крат-час.

В двухэтажных электролизных корпусах естественный приток воздуха осуществляется только через проемы или сетчатое ограждение в стенах первого этажа. В междуэтажном перекрытии корпуса вдоль продольных рядов электролизеров и частично в полу крайних проходов вмонтированы стальные решетки, через которые приточный воздух поступает из первого этажа вверх, в рабочую зону второго этажа. Подача приточного воздуха через напольные решетки во второй этаж обеспечивает в рабочей зоне, как показали наши наблюдения с искусственным задымлением воздушных потоков, вертикальное движение воздуха снизу вверх, что уменьшает отрицательную роль обратных и горизонтальных потоков воздуха, переносящих вредные вещества по рабочей зоне. Воздухообмен двухэтажных электролизных корпусов

осуществляется почти полностью за счет аэрации. Наши исследования в этих корпусах на Волгоградском, Иркутском и Красноярском алюминиевых заводах показали, что аэрация в теплый период года обеспечивает очень большие кратности воздухообмена — 40—60 крат в час, а объем воздуха, удаляемого системами механической вентиляции, составляет около 1% общего воздухообмена. И в зимнее время кратность воздухообмена в двухэтажных электролизных корпусах составляет 20—25 крат-час.

II. Исследования количества фтористых соединений, выделяемых электролизерами, и путей поступления их в воздушную среду

Источниками образования фтористых соединений, поступающих в воздух электролизных корпусов, являются фтористые соли — криолит, фториды натрия и алюминия, входящие в состав электролита. Фтористые соединения присутствуют в воздухе как в виде газообразного фтористого водорода, так и в виде аэрозоля солей фтористо-водородной кислоты. Образование фтористого водорода обусловлено взаимодействием фторидов электролита с влагой, содержащейся в сырьевых материалах и образующейся в процессе коксования анода. Фтористые соли поступают в воздух в результате их механического распыления, и в меньшей мере в результате испарения компонентов электролита и их последующей конденсации в воздухе.

В 1961—1963 годах ВАМИ с нашим участием были проведены исследования основных расходных и приходных статей баланса фтора в электролизных корпусах, оборудованных электролизерами с боковым (Богословский алюминиевый завод) и верхним подводом тока (Новокузнецкий алюминиевый завод). Приходные статьи баланса фтора и потери его с футеровочными материалами, угольной пеной и с оседающей пылью изучались институтом ВАМИ. Нашей задачей было определение количества фтора, удаляемого через аэрационный фонарь и поступающего с приточным воздухом. Для этого измерялся объем воздуха, удаляемого через фонарь, объем аэрационного притока, производительность механических приточных систем и определялось содержание фтористых соединений в приточном воздухе и в воздухе, удаляемом через фонарь. Исследования показали, что значительная часть расходов фтора в процессе электролитического получения алюминия

фтористых соединений (29,2 кг на тонну выплавляемого алюминия от электролизеров с верхним подводом тока и 17,14 кг на тонну алюминия от электролизеров с боковым токоподводом) поступает в воздух и удаляется из электролизных корпусов системами газоотсоса и через аэрационные фонари. Системами механической вентиляции удалялся 91% всех фтористых соединений, выделяемых электролизерами в воздушную среду, в корпусе с электролизерами с боковым подводом тока, обеспеченными эффективно действующими системами газоотсоса. В корпусе с верхним подводом тока только 53,8% фтора, поступающего в воздушную среду, удалялось системами колокольного газоотсоса, а остальное поступало в воздух цеха и удалялось через фонарь. Вследствие этого создавались высокие концентрации фтористых соединений в воздухе рабочей зоны.

На опытном электролизере, специально оборудованном для наших исследований в одном из электролизных корпусов Волгоградского алюминиевого завода, была изучена зависимость выделения фтористых соединений от стадии технологического процесса. Для этого отбирались пробы воздуха в газоходах от колокольного газоотсоса и от укрытия ванны в разные периоды работы электролизера. Одновременно отбирались пробы для определения содержания фтористых соединений в воздухе ряда участков вокруг опытного электролизера, то есть в том воздухе, который поступал под укрытие ванны. Количество выделяемых электролизером фтористых соединений определялось как разница между количествами их, найденными в отсасываемом воздухе, и в таком же объеме воздуха, поступающего под укрытие ванны.

Исследования показали, что от электролизера, находящегося под коркой электролита, удалялось 0,546 кг фтора в час. Количество удаляемого фтора резко возрастало при операциях по обслуживанию электролизеров с разрушением корки застывшего электролита, а также при нарушениях корки, не связанных с производственной необходимостью (1,049—1,884 кг/час). Особенно резко увеличивалось выделение фтористых соединений в период анодного эффекта на электролизере (13,360 кг/час).

Значительное количество фтористых соединений, достигающее по нашим исследованиям в электролизных корпусах с боковым подводом тока к электролизерам 122—200 кг, а в корпусах с верхним токоподводом — одной тонны в сутки на один корпус, поступает в атмосферный воздух через аэрационные фонари, вызывая загрязнение атмосферного воздуха

на территории завода. Содержание фтористых соединений в приточном воздухе электролизных корпусов значительно превышает предельно допустимую концентрацию их в атмосферном воздухе населенных мест и в отдельных случаях превышает ПДК в воздухе производственных помещений. Так, средние концентрации их, по данным анализов 388 проб воздуха, на отдельных заводах составляют 0,30—0,89 мг/м³.

Выбросы электролизных цехов алюминиевых заводов, особенно при сосредоточении на одной территории большого числа электролизных корпусов, вызывают значительное загрязнение фтором атмосферного воздуха в районах размещения этих заводов. Это оказывает неблагоприятное влияние на здоровье населения, а также приводит к накоплению фтора в почве, в траве, в овощах и фруктах, вызывает гибель растительности и заболевания флюорозом крупного рогатого скота и овец (Л. В. Тимофеева, 1950; М. С. Садилова, 1954, 1964 и др.).

III. Содержание фтористых соединений в воздухе электролизных корпусов

Изучение закономерностей, определяющих содержание фтористых соединений в воздушной среде электролизных корпусов, представляет сложную задачу, так как на уровень содержания фтора в воздухе одновременно влияет большое количество факторов. Периодичность выполнения различных операций по обслуживанию электролизеров и сложные условия воздухообмена обуславливают большую динамичность концентраций фтористых соединений в воздухе. Электролизные корпуса имеют большую протяженность, и рабочие места расположены по всей площади корпусов. Все это вызывало необходимость отбирать и анализировать большое количество воздушных проб. Наши исследования проводились на половине электролизного корпуса, по длине которого выбиралось несколько поперечных сечений (от 3-х до 5-ти), согласно которым в каждом продольном проходе устанавливались точки отбора проб воздуха. Одновременно с отбором воздушных проб проводились исследования воздухообмена, создаваемого за счет аэрации и работы механических систем вентиляции, и хронометражные наблюдения за состоянием электролизеров и всем ходом технологического процесса.

Общее количество проанализированных проб воздуха, отобранных в рабочих проходах электролизных корпусов, составило 1739; а на рабочих местах при выполнении отдельных

операций по обслуживанию электролизеров — 254. В качестве аналитического метода определения фтора в наших исследованиях применялось микротитрование азотнокислым торием в присутствии индикатора ализаринсульфоновокислого натрия.

Наши исследования в электролизных цехах показали, что на содержание фтористых соединений в воздухе оказывает влияние большое число факторов: количество и степень одновременно открытых электролизеров, мощность электролизеров и характер их обработки, производительность систем газоотсоса, условия общего воздухообмена и др.

В электролизных корпусах, оборудованных электролизерами с боковым подводом тока, концентрации фтористых соединений в воздухе, как правило, превышают предельно допустимые (в 2—6 раз в зависимости от кратности воздухообмена); особенно высоки они в воздухе на рабочих местах при обслуживании электролизеров (средние концентрации от 2,3 до 6,8 мг/м³).

В одноэтажных электролизных корпусах, оборудованных мощными электролизерами с верхним подводом тока, содержание фтористых соединений в воздухе рабочих проходов и особенно на рабочих местах также значительно превышает ПДК даже при очень большой кратности воздухообмена. Высокое содержание фтористых соединений в воздухе этих корпусов обусловлено недостаточной эффективностью систем колокольного газоотсоса и отсутствием газоотсоса в периоды обработки электролизеров, когда происходит наибольшее поступление вредных газов в рабочее помещение. Большие кратности воздухообмена, достигающие 49 крат/час, не могут обеспечить удовлетворительных санитарных условий труда.

В двухэтажных электролизных корпусах, как это видно из таблицы 1, содержание фтористых соединений в воздухе рабочих проходов при одинаковой кратности воздухообмена и соблюдении необходимых технологических условий значительно ниже, чем в аналогичных одноэтажных корпусах, что обусловлено более благоприятными условиями аэрации. При этих условиях в двухэтажных корпусах концентрации фтористых соединений в воздухе рабочих проходов не превышают предельно допустимую.

Однако на рабочих местах при обслуживании электролизеров концентрации фтористых соединений в воздухе и в этих корпусах всегда превышают 1 мг/м³, что свидетельствует о невозможности обеспечить снижение их до допустимого

Сравнительные данные о содержании фтористых соединений в воздухе рабочих проходов одноэтажных и двухэтажных электролизных корпусов, оборудованных мощными электролизерами с верхним подводом тока HF мг/м³

Завод	Тип электролизного корпуса	Кратность воздухообмена, крат/час	Число проб	Средняя концентрация	Распределение проб по концентрациям в % к общему числу проб				
					1,0 и менее	1,1—1,9	2,0—3,0	более 3,0	всего
Волгоградский	Одноэтажный	49	55	1,4	35,5	47,0	13,5	4,0	100
Новокузнецкий	Одноэтажный	38	87	1,0	72,8	20,9	3,9	2,4	100
Волгоградский	Двухэтажный	26	95	0,6	92,6	7,4	—	—	100
Волгоградский	Двухэтажный	40	95	0,4	97,8	2,2	—	—	100
Красноярский	Двухэтажный	50	94	0,5	95,7	4,3	—	—	100

уровня без эффективной системы местной вытяжной вентиляции, удаляющей фтористые соединения от электролизеров.

Высокое содержание фтористых соединений в воздухе электролизных корпусов обуславливает повышенное поступление и циркуляцию фтора в организме рабочих, о чем свидетельствуют результаты исследования содержания фтора в моче рабочих электролизных цехов. Средняя концентрация фтора в моче у рабочих отдельных заводов находится в пределах 7,3—10,3 мг/л, максимальная концентрация достигает 26,8 мг/л, тогда как обычное содержание фтора в моче составляет 1—2 мг/л. Концентрации фтора в моче были очень переменными не только у разных рабочих, но и у одного и того же рабочего в разные дни исследований, что согласуется с литературными данными. Вследствие этого единичные определения имеют значение лишь при обнаружении высокого содержания фтора в моче. Массовые и систематические определения (например, при периодических медицинских осмотрах) могут быть ценным дополнительным критерием степени санитарного неблагополучия воздушной среды в электролизных цехах.

IV. Смолистые вещества и пыль в воздухе электролизных цехов

Источником выделения смолистых веществ в воздух электролизных цехов является анодная масса, которая содержит в своем составе около 30% каменноугольного пека в качестве связующего материала. Анодная масса при электролитическом получении алюминия расходуется в больших количествах: свыше 500 кг на тонну выплавленного алюминия. В результате самообжигания анодов происходит их коксование, в процессе которого пек подвергается высокотемпературному разложению, и в воздух выделяются смолистые вещества, представляющие сложную смесь различных углеводородов. В состав углеводородов в значительном количестве входят полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) и в том числе 3,4-бензпирен. Есть основания считать, что в смолистых веществах содержатся и другие, в том числе и неидентифицированные канцерогенные соединения. В электролизных цехах имеется несколько путей поступления в воздух смолистых веществ. Они выделяются с нижней поверхности анода и поступают в воздух при нарушении электролитной корки или секций колокольного газосборника. Выделение смолистых веществ с верхней поверхности анода зависит от температуры

жидкой фазы анода и толщины ее слоя. Смолистые вещества в больших количествах поступают в воздух при выполнении операций по перестановке анодных штырей.

Содержание смолистых веществ и 3,4-бензпирена в воздухе электролизных цехов было исследовано В. Г. Константиновым и А. И. Кузьминых (1969). Обнаруженные ими концентрации смолистых веществ (десятки и сотни мг/м^3) очень велики, они значительно превышают рекомендованную Н. И. Волковой (1954) ПДК для «летучих» продуктов каменноугольного пека в воздухе рабочих помещений. Концентрации 3,4-бензпирена, достигающие десятков и сотен мкг/м^3 , во много раз превышают его содержание в атмосферном воздухе больших промышленных городов, с которым связывают возрастающую заболеваемость раком органов дыхания городского населения. В электролизном корпусе Волховского алюминиевого завода, оборудованном электролизерами с предварительно обожженными анодами, в воздухе рабочих проходов смолистые вещества и 3,4-бензпирен не обнаруживались. Небольшие количества смолистых веществ определялись лишь в пробах воздуха, отобранных на рабочих местах во время обработки электролизеров, где источником их образования служила подовая угольная масса, содержащая небольшие количества пека.

В электролизных цехах имеются многочисленные источники пылеобразования. Определение весового содержания пыли в воздухе производилось нами по общепринятой методике. Характеристика запыленности воздуха дается на основании 594 проб воздуха, отобранных в рабочих проходах электролизных корпусов и на рабочих местах при обслуживании электролизеров.

Содержание пыли в воздухе при выполнении основных технологических операций рабочими-электролизниками характеризуется высокими показателями. Запыленность воздуха в цехах, оборудованных электролизерами с верхним подводом тока, при обработке электролизеров ($28\text{--}205 \text{ мг/м}^3$) выше, чем в корпусах с боковым подводом тока к электролизерам ($23\text{--}70 \text{ мг/м}^3$), что связано с отсутствием местной вытяжной вентиляции при обработке электролизеров с верхним подводом тока. При операциях по обслуживанию анодов электролизных ванн в воздух поднимается пыль, осевшая на конструкциях ванны и токоподводящих штырях и шинах. Операция перестановки штырей сопровождается запыленностью воздуха от 6 до 56 мг/м^3 в корпусах с боковым подводом тока

к электролизерам и от 22 до 94 мг/м³ в корпусах с верхним подводом тока. Особенно интенсивным пылеобразованием характеризуется операция очистки верхней поверхности анода, осуществляемая с помощью сдува пыли сжатым воздухом. Пыль при этом густым облаком распространяется по помещению цеха далеко от источника образования, а содержание пыли в воздухе достигает очень больших величин (500—756 мг/м³). Значительным источником запыления воздуха (50—60 мг/м³) является уборка примитивными способами пыли, осевшей на конструкциях и на полу корпуса. Содержание пыли в воздухе рабочей зоны проходов электролизных корпусов даже в то время, когда не производится операций, сопровождающихся интенсивным пылеобразованием, составляет в среднем 12—18 мг/м³.

Кристаллооптический и химический анализы образцов пыли, осевшей на полу и конструкциях электролизных корпусов, показали, что она содержит в значительном количестве глинозем (до 60—80%). В составе технического глинозема, применяемого для производства алюминия, 45—55% по весу составляет γ -модификация Al_2O_3 , обладающая наибольшей биологической активностью (King с соавт., 1958; Engelbrecht с соавт., 1959; Klosterkötter, 1960 и др.). Осевшая пыль содержит в своем составе 10—15% фтора, главным образом в виде криолита. Остальная часть пыли состоит в основном из углеродистых материалов. Содержание в пыли SiO_2 обычно невелико (0,14—1,4%).

Вещественный анализ проб витающей пыли, отобранной из воздуха электролизного корпуса, произведенный в центральном НИИ профилактики пневмокониозов (ЦНИИПП, г. Березовск) по методике, разработанной в санитарно-химической лаборатории Свердловского медицинского института (Д. Н. Финкельштейн), показал, что химический состав пыли изменяется в широких пределах. Так, содержание глинозема в образцах пыли, отобранных при разных технологических операциях, составляло от 32 до 55%, криолита — от 7,7 до 14,7%, фтористого алюминия — от 2,3 до 2,98%. Преобладание криолита среди фтористых соединений в витающей пыли свидетельствует о преимущественно механическом происхождении фторидов пыли (аэрозоль диспергирования). В составе витающей в воздухе проходов пыли смолистые вещества составляли от 14,3 до 29,9%. Содержание смолистых веществ в этой пыли, по предварительным данным лаборатории промышленно-санитарной химии Свердловского института гигиены труда

и профзаболеваний, составляло от 11,0 до 54,5%. Эти смолы-стые вещества наряду с полициклическими ароматическими углеводородами содержат гетероциклические соединения, органические основания и соединения других классов.

Содержащаяся в воздухе электролизных корпусов пыль характеризуется высокой дисперсностью и способностью в значительных количествах адсорбировать на своей поверхности фтористый водород и 3,4-бензпирен (данные ЦНИИПП и В. Г. Константинова).

Учитывая состав и свойства пыли электролизных цехов, характер рабочих операций, выполняемых рабочими основных профессий, и выявленную у рабочих профессиональную патологию, в развитии которой имеет значение пылевой фактор (смотри ниже), следует сохранить для пыли электролизных цехов предельно допустимую концентрацию 2 мг/м³.

V. Метеорологические условия в электролизных цехах и их влияние на физиологические функции у рабочих

В общем комплексе факторов производственной среды электролизных цехов, оказывающих влияние на здоровье и работоспособность рабочих, большая роль принадлежит метеорологическим условиям как в теплый, так и в холодный периоды года. Микроклимат в электролизных цехах определяется в первую очередь особенностями технологического процесса, поступлением в рабочее помещение значительных количеств лучистого и конвекционного тепла от электролизеров. Большое влияние на микроклимат оказывают условия воздухообмена, которые определяются необходимостью ассимиляции и удаления вредных веществ, выделяемых электролизерами. Микроклимат на рабочих местах и процессы теплообмена между организмом рабочего и внешней средой в большой мере связаны с характером рабочих операций по обслуживанию электролизеров.

Исследования воздушно-тепловых балансов электролизных корпусов на Богословском, Новокузнецком, Волгоградском, Иркутском, Красноярском алюминиевых заводах, проведенные путем определения воздухообмена и измерений температуры приточного и удаляемого из корпусов воздуха, показали, что общее количество тепла, выделяемое электролизером, составляет для ванн средней мощности 100 000—120 000 ккал/час., а для мощных ванн с верхним подводом тока — порядка 400 000—450 000 ккал/час. От ванн средней мощ-

ности, снабженных укрытиями, по данным воздушно-тепловых балансов, в среднем 43% от всего тепла, выделяемого в воздушную среду корпуса, удаляется системами газоотсоса, а остальное тепло поступает в рабочее помещение. Теплонапряженность электролизных корпусов, оборудованных такими электролизерами, составляет 100—120 ккал/м³час при четырехрядном и 85 ккал/м³час при двухрядном расположении ванн в корпусе. В электролизных корпусах с мощными ваннами теплонапряженность еще более велика, она составляет от 150 до 210 ккал/м³час. Это обусловлено увеличением тепловыделений от электролизеров, уменьшением площади помещений, приходящейся на каждый ампер расходуемой электроэнергии, и малой эффективностью систем газоотсоса, удаляющих лишь около 3% всего тепла, поступающего в воздух корпуса.

Важным элементом микроклимата электролизных корпусов и в теплый, и в холодный периоды года является лучистое тепло.

Электролизер является мощным источником лучистого тепла, особенно в периоды, когда вскрыта корка и обнажена поверхность расплавленного электролита, имеющего температуру около 950°. Излучающими поверхностями в электролизной ванне являются корка электролита, покрытая глиноземом, нагревающимся до 150—200°, вертикальная поверхность анода с температурой в пределах 70—160°, пламя горящих газов, выходящих через отверстия в корке электролита («огоньки»), элементы металлических конструкций электролизера.

Ванны средней мощности с боковым подводом тока к аноду имеют щитовые укрытия, которые уменьшают интенсивность теплового излучения от закрытого электролизера, т. е. температура поверхностей щитовых укрытий составляет 30—70°.

Значительно больше лучистого тепла выделяют мощные электролизеры в связи с большим расходом электроэнергии, большими габаритами и отсутствием укрытий. Средневзвешенная (с учетом величины поверхностей электролизера с разной температурой нагрева) температура поверхности мощного электролизера, как показали наши исследования на Волгоградском алюминийном заводе (299 измерений температуры поверхностей), составляет около 120°. Высокие температуры поверхностей электролизеров, небольшие расстояния между их рядами и ограждениями здания создают в теплое время года крайне неблагоприятный радиационный режим в электро-

лизных корпусах. Вторично нагретые стены и пол в помещении имеют температуру, близкую к температуре человеческого тела, а нередко и превышают ее.

Для характеристики интенсивности лучистого тепла было проведено 148 измерений лучистого тепла с помощью актинометров, специально оборудованных для защиты от магнитного поля электролизного цеха. Исследования показали, что интенсивность теплового облучения, действию которого подвергаются электролизники при обработке ванн с боковым подводом тока, составляет в среднем при разных операциях 1,3—1,8 кал/см²мин. При нарушениях технологического процесса на рабочих местах может воздействовать и лучистое тепло большей интенсивности (4—8 кал/см²мин). Общее время, затрачиваемое на обработку электролизеров, на протяжении смены составляет около двух часов, периоды непрерывного воздействия интенсивного лучистого тепла продолжаются обычно 5—6 минут. Рабочие-анодчики подвергаются воздействию менее интенсивного лучистого тепла (0,5—1,0 кал/см² мин.), но на протяжении более длительного времени.

Интенсивность теплового облучения на рабочих местах при обслуживании мощных электролизеров выше, чем при обработке ванн с боковым подводом тока: на рабочем месте рабочего-рубщика при пробивке корки электролита она составляет 1,0—2,0 кал/см²мин., а на рабочих местах электролизников при выполнении различных ручных операций — от 1,0—2,5 до 4,0—8,0 кал/см²мин. Продолжительность воздействия на электролизников интенсивного лучистого тепла значительно колеблется в разные рабочие смены, составляя, по данным наблюдений большого числа смен, в среднем 57 минут; средняя продолжительность непрерывного воздействия его составляет 4—5 минут. В рабочих проходах корпусов работающие постоянно подвергаются воздействию лучистого тепла, минимальная величина которого в летнее время в средних проходах составляет 0,5 кал/см²мин., и лишь в наиболее удаленных от ванн участках крайних проходов интенсивность теплового излучения меньше.

В зимнее время интенсивность тепловой радиации от электролизеров несколько меньше, чем летом, вследствие низкой температуры воздуха, охлаждающего поверхности электролизных ванн.

В тепловыделениях электролизных ванн лучистое тепло преобладает над конвекционным, т. к. преобладание тепловыделений путем излучения начинается при температуре поверх-

ности порядка 50—60° (И. М. Эрман, 1964). По классификации производственных микроклиматов, предлагаемой И. М. Эрманом, микроклимат электролизных корпусов может быть отнесен к радиационному микроклимату. Поверхности оборудования и ограждений электролизных корпусов имеют летом температуру, как правило, превышающую 33°, при которой исключается теплоотдача человеческого тела путем инфракрасного излучения. При работе на близком расстоянии от электролизера создаются условия для радиационного нагревания тела рабочего, которое резко возрастает при обслуживании электролизеров с разрушенной коркой электролита.

Метеорологические условия изучались нами в комплексе с исследованиями воздухообмена — определением количества воздуха, перемещаемого аэрацией, и системами механической вентиляции. Измерения температуры воздуха проводились в рабочих проходах электролизных корпусов в 15—25 участках помещения 3—5 раз на протяжении рабочей смены и на рабочих местах при выполнении операций по обслуживанию электролизеров. Измерялись подвижность и влажность воздуха.

В летний период наблюдений выполнено 1153 измерения температуры воздуха в рабочих проходах электролизных корпусов и 220 — на рабочих местах при обслуживании электролизеров. Было проведено 147 измерений подвижности и 50 измерений влажности воздуха.

Исследования показали, что в одноэтажных электролизных корпусах Уральского, Богословского, Волгоградского алюминиевых заводов даже при большой кратности воздухообмена (30—50 крат-час) температура воздуха в рабочих проходах в среднем на 10—13° превышает температуру наружного воздуха, то есть при наружной температуре 20° и более температура воздуха в рабочих проходах выше 30°. Высокая температура воздуха обусловлена большой теплонапряженностью электролизных корпусов и неудовлетворительными условиями воздухообмена, несмотря на его большую кратность. Во внутреннее и средний проходы воздух поступает уже нагретым от электролизеров крайних рядов. Механический приток воздуха оказывает лишь небольшое влияние на температуру воздуха из-за малой его производительности и недостатков в устройстве и эксплуатации.

В двухрядном электролизном корпусе с электролизерами с боковым подводом тока температура воздуха в рабочих проходах значительно ниже, чем в аналогичных корпусах с четы-

рехрядным расположением ванн. Температура воздуха в крайних и среднем рабочих проходах двухрядного корпуса превышала наружную в среднем на $6,5^{\circ}$, в то время как в четырехрядных корпусах температурный перепад составил $7,2^{\circ}$ в крайних проходах, $12,6^{\circ}$ во внутренних и $13,5^{\circ}$ в средних рабочих проходах. Но и в двухрядных корпусах температура воздуха нередко выше допустимой по санитарным требованиям, что в основном следует связать с неудовлетворительной работой систем газоотсоса от электролизеров.

В двухэтажных электролизных корпусах с лучшей организацией естественного воздухообмена микроклимат рабочих проходов имеет менее выраженный нагревающий характер (табл. 2).

Таблица 2.

Сравнительные величины температурных перепадов в рабочих проходах одноэтажных и двухэтажных электролизных корпусов

Завод	Тип корпуса	Теплоот- пущен- ность, ккал/м ³ /час	Кратность воздухооб- мена, крат/час	Число измерений	Средний Δt°
Уральский и Богословский	Одноэтажный, четы- рехрядный с ваннами средней мощности	100—120	15—17	420	10,2
Волгоградский	Одноэтажный с мощ- ными ваннами	150	45—52	90	9,7
Волгоградский	Двухэтажный с мощ- ными ваннами	147	40	96	5,1
Красноярский	Двухэтажный с мощ- ными ваннами	140	48—50	96	5,3

Микроклимат в рабочих проходах всех электролизных корпусов в летнее время характеризуется небольшой подвижностью воздуха и низкой относительной влажностью.

Микроклимат на рабочих местах при обслуживании электролизеров во всех электролизных корпусах, включая и двухэтажные, характеризуется резко перегревающими условиями. Температура воздуха на рабочих местах при обработке электролизеров превышает наружную температуру на $15—20^{\circ}$ и часто достигает $40—45^{\circ}$. Причиной этого является неудовлетворительная работа местной вытяжной вентиляции, не обеспе-

чивающей удаление горячего конвективного потока, поднимающегося от электролизера.

Таким образом, в условиях теплого периода года в электролизных цехах создается перегревающий микроклимат, характеризующийся высокой температурой воздуха, интенсивным тепловым излучением и относительно малой подвижностью воздуха. На рабочих местах при обслуживании электролизеров они сочетаются с увеличенным теплообразованием в организме за счет значительной физической нагрузки. В рабочих проходах, где рабочие находятся во время перерывов в работе, не обеспечиваются нормальных условий для теплообмена организма. Такие неблагоприятные условия вызывают нарушение ряда физиологических функций у рабочих, свидетельствующее о большом напряжении процессов терморегуляции.

Для характеристики физиологических сдвигов у рабочих электролизных цехов нами было применено измерение температуры тела (во рту), определение потери воды организмом путем исследования водного баланса, регистрация частоты сердечных сокращений с помощью метода динамической радиопульсометрии, измерение статической выносливости мышц кисти по В. В. Розенблату, оценка теплового самочувствия путем опроса по пятибалльной шкале. Проведение физиологических исследований сопровождалось хронометражными наблюдениями на протяжении рабочей смены (102 рабочие смены). Всего за время исследований произведено 637 измерений температуры тела у рабочих, изучен водный баланс на протяжении 326 рабочих смен, сделано около 10 000 подсчетов частоты сердечных сокращений и 405 определений статической выносливости мышц кисти.

Исследования показали, что температура тела у рабочих электролизников после циклов «горячей» работы по обработке ванн обычно повышается до $37,1-37,5^{\circ}$, а в значительном числе наблюдений достигает $37,6-38,0^{\circ}$ и даже превышает $38,0^{\circ}$, особенно у электролизников Сумгаитского алюминиевого завода. У рабочих отмечается значительное нарушение водного обмена, сопровождающееся экстраренальной потерей воды организмом в среднем $3,9$ кг за рабочую смену (при максимальном значении этого показателя $6,5$ кг), что приводит к потере веса, составляющей в среднем $2,7\%$, а максимумом — $5,7\%$ от веса тела. Водный дефицит в размере $2-3\%$ от веса тела большинство исследователей считает значительным нарушением водного обмена в организме, сопровожда-

щимся выраженными физиологическими сдвигами в организме (А. Ротштейн и Э. Таубин, 1952; П. Е. Калмыков и Ф. Т. Еронин, 1955; М. В. Дмитриев, 1963; А. А. Соломко, 1967 и др.). У части обследованных рабочих (16%) дефицит веса не восстанавливался к следующему рабочему дню.

Важное значение в оценке влияния перегревающего микроклимата в сочетании с мышечной работой на физиологические сдвиги у рабочих мы придавали частоте сердечного ритма. Увеличение частоты сердечных сокращений является одним из основных механизмов приспособления организма к выполнению работы в условиях перегревающего микроклимата; частота сердечных сокращений может служить интегральным показателем физиологического напряжения организма при мышечной работе в сочетании с перегревающим микроклиматом (В. В. Розенблат и Ю. Г. Солонин, 1965, 1966, 1967; Schaff с соавт., 1961; Williams с соавт., 1962 и др.).

Показатель частоты сердечных сокращений у рабочих нами применен как для оценки отдельных рабочих операций, так и рабочей смены в целом. Полученные результаты оценивались в соответствии с классификацией работ по тяжести нагрузок при воздействии перегревающего микроклимата, предложенной В. В. Розенблатом и Ю. Г. Солониным. Средняя частота пульса у электролизников при выполнении основных рабочих операций составляет 126—148 ударов в минуту, что позволяет относить их к категории тяжелых работ второй, а некоторые даже третьей степени тяжести (табл. 3).

Таблица 3.

Средняя частота пульса у электролизников при выполнении основных рабочих операций, по данным радиопульсометрии (электролизный корпус с мощными электролизерами)

Рабочие операции	Число измерений пульса	Частота пульса, удары в минуту
Перемешивание электролита и съем пены	358	$132,0 \pm 0,72$
Подтягивание осадка	130	$140,0 \pm 1,50$
Проверка и продирка анода, сбивание «конусов»	175	$139,8 \pm 1,14$
Пробивка корки электролита	138	$126,0 \pm 1,32$
Ликвидация анодного эффекта	146	$148,0 \pm 1,48$
Загрузка сырья, взятие проб, замер уровней	158	$126,0 \pm 1,44$
Подпревание глинозема	168	$108,0 \pm 1,44$

Высокие показатели частоты пульса были получены и у анодчиков при выполнении ими основных рабочих операций.

Средние показатели частоты пульса у электролизников и анодчиков на протяжении всей рабочей смены представлены в таблице 4.

Таблица 4.

Средние показатели частоты пульса у электролизников и анодчиков на протяжении рабочей смены, по данным радиопульсометрии (электролизный корпус с мощными электролизерами), удары в минуту

Показатели \ Профессии	Электролизники	Анодчики
Средняя максимальная частота пульса	157,8±2,32	162,0±1,80
Средняя частота пульса в периоды «горячей» работы	126,4±0,41	128,4±0,38
Средняя частота пульса в периоды перерывов в работе	108,0±0,13	102,6±0,22
Средняя частота пульса за всю рабочую смену	111,8±0,22	119,9±0,26

По показателям средней максимальной частоты пульса и средней частоты пульса при выполнении рабочих операций работа электролизников и анодчиков должна быть отнесена к тяжелым работам по указанной выше классификации. Средняя частота пульса за всю рабочую смену (включая и перерывы в работе) составила 111,8—119,9 удара в минуту, то есть она превышает частоту пульса 100 ударов в минуту, предложенную В. В. Розенблатом и Ю. Г. Солониным в качестве критерия физиологически допустимого напряжения за рабочую смену.

После отдельных циклов «горячей» работы и в конце рабочей смены значительно (на 24,0—36,5%) снижались показатели статической выносливости мышц кисти. Тепловое самочувствие после выполнения операций по обслуживанию ванны обычно оценивалось электролизниками как «жарко» и «очень жарко».

Такие значительные физиологические сдвиги в организме рабочих, возникающие несмотря на большую общую продолжительность перерывов в работе (от 44 до 71% времени рабочей смены), в большой мере определяются тем, что эти перерывы проводятся рабочими в проходах цеха при неблагоприятных метеорологических условиях.

Обнаруженные физиологические сдвиги свидетельствуют о значительной мобилизации аппарата терморегуляции, ценой которой, однако, не обеспечивается сохранение теплового равновесия организма. Многими авторами в эксперименте и в наблюдениях за рабочими горячих цехов было установлено, что повторные и длительные нарушения терморегуляции сопровождаются значительными функциональными и морфологическими изменениями в организме (И. Г. Векслер, 1959; Г. Х. Шахбазян и Ф. М. Шлейфман, 1960, 1964; Л. А. Добровольский, 1962; Н. Г. Карнаух, 1963, 1966; Ф. М. Шлейфман, 1965; Л. З. Савенко, 1965, 1966).

Несмотря на значительные тепловыделения, микроклимат электролизных цехов в холодный период года характеризуется низкой температурой воздуха вследствие больших воздухообменов, создаваемых для ассимиляции вредных газов. Для характеристики температуры воздуха было произведено 1435 ее измерений. Температура воздуха в рабочих проходах в холодные дни, как правило, отрицательная; в одноэтажных электролизных корпусах она превышает наружную в среднем только на 15—16°, а в двухэтажных — всего на 8—9°. В таблице 5 приводится сопоставление средней температуры воздуха в рабочей зоне в корпусах с электролизерами средней мощности с боковым подводом тока и в двухэтажном электролизном корпусе с мощными ваннами. Для сопоставления взяты дни исследований с одинаковой температурой наружного воздуха, одинаковой кратностью воздухообмена (13 крат/час) и близкими показателями теплонапряженности.

Таблица 5.

Сравнительные данные температуры воздуха в рабочих проходах одноэтажных и двухэтажных электролизных корпусов в зимний период

Температура наружного воздуха	Одноэтажный корпус			Двухэтажный корпус		
	число измерений	средняя температура воздуха	Δt° (t° цеха — t° нар.)	число измерений	средняя температура воздуха	Δt° (t° цеха — t° нар.)
—8,0°	31	+7,5	15,5	50	—0,1	7,9
—20,0°	46	—4,3	15,7	50	—11,1	8,9

Рабочая зона двухэтажных электролизных корпусов охлаждается зимой значительно в большей степени, чем в одноэтажных корпусах. Температурный перепад в двухэтажных корпусах примерно в два раза меньше, и температура воздуха в помещении значительно ближе к наружной температуре, чем в одноэтажных корпусах. Большее выхолаживание рабочей зоны двухэтажных электролизных корпусов связано с поступлением в помещение через напольные решетки больших количеств наружного воздуха, а конвективные потоки нагретого воздуха от электролизеров в этих корпусах поднимаются к аэрационному фонарю и удаляются им, мало подмешиваясь к воздуху рабочей зоны. Большой воздухообмен вызывает и значительное охлаждение стен здания, а в двухэтажных корпусах очень охлаждается пол корпуса, температура которого лишь немного превышает температуру наружного воздуха.

Температура воздуха в рабочих проходах электролизных корпусов обнаруживает большие колебания. Различия между минимальной и максимальной температурой воздуха в проходах различных участков рабочего помещения составляли в одноэтажном корпусе 19—23,7°. Еще более резкие различия, достигающие 28—30°, имеют место между температурой воздуха на рабочих местах при обслуживании электролизеров и температурой воздуха в рабочих проходах. Резкое снижение температуры воздуха после прекращения работы на электролизере сопровождается и прекращением воздействия интенсивного лучистого тепла и уменьшением теплопродукции, что еще больше усугубляет охлаждающее действие микроклимата цеха на работающих.

Подвижность воздуха (395 измерений) составляет в среднем 0,6—1,6 м/сек в одноэтажных корпусах и 0,6—0,7 м/сек. — в двухэтажных корпусах, где она, однако, субъективно воспринимается очень неприятно в связи с непривычным для человека направлением воздушных потоков снизу вверх.

Влажность воздуха в электролизных корпусах зимой низкая, величина ее определяется влажностью наружного воздуха.

В период наших исследований в двухэтажном электролизном корпусе на Иркутском алюминиевом заводе при температуре наружного воздуха всего —10°, —15° микроклимат цеха воспринимался как резко охлаждающий.

Физиологические наблюдения показали, что и в зимнее время работа по обслуживанию ванн у электролизников сопровождается повышением температуры тела (107 измере-

ний) и интенсивным потоотделением (по наблюдениям 44 рабочих смен), после чего рабочий подвергается воздействию резкого охлаждения. Переход от состояния перегревания к охлаждению повторяется неоднократно за рабочую смену и является крайне неблагоприятным фактором условий труда в электролизных цехах в зимнее время.

VI. Влияние условий труда на здоровье работающих в электролизных цехах

А. Заболеваемость с временной утратой трудоспособности.

Нами изучалась заболеваемость рабочих электролизных цехов по материалам оперативного учета (форма 3-1) на пяти алюминиевых заводах за период от 3 до 12 лет и по данным углубленного изучения на Уральском и Богословском алюминиевых заводах за три года. Производственный травматизм с временной утратой трудоспособности был изучен по материалам актов о несчастных случаях на Уральском алюминиевом заводе за десятилетний и на Иркутском заводе за шестилетний периоды времени.

Средние за ряд лет показатели частоты заболеваний у рабочих электролизных цехов составляли по разным заводам от 97 до 134 случаев на сто работающих, а показатели числа дней нетрудоспособности—от 749 до 1399. Общей закономерностью, обнаруживаемой на всех заводах как за весь период наблюдений, так и в отдельные годы является большая частота заболеваний у рабочих электролизных цехов по сравнению с рабочими всего завода в целом. Эти различия определяются в основном заболеваниями гриппом и острыми катарам верхних дыхательных путей. Во все годы наблюдений и на всех заводах у рабочих электролизных цехов были более высокие показатели заболеваемости бронхитом, чем у рабочих всего завода. У рабочих электролизных цехов, как правило, отмечалась несколько большая частота острых желудочно-кишечных заболеваний.

Для углубленного изучения заболеваемости была выделена группа рабочих — мужчин основных профессий электролизных цехов, в качестве контрольной группы была принята группа рабочих — мужчин вспомогательных цехов этих же алюминиевых заводов. Изучалась заболеваемость рабочих, проработавших на предприятии круглый год (круглогодичные рабочие). Анализ полученных материалов показал, что забо-

лезаемость рабочих электролизных цехов превышает заболеваемость рабочих контрольной группы по числу болеющих лиц, по числу случаев и дней нетрудоспособности. Более высокий уровень заболеваемости был обусловлен за счет острых катаров верхних дыхательных путей, заболеваний органов дыхания и бытовых травм. Различия в распространенности катаров верхних дыхательных путей у рабочих основной и контрольной групп особенно резко проявлялись у стажированных рабочих (стаж 10 лет и более), что позволяет предполагать влияние условий труда в электролизных цехах на эту патологию.

Анализ распространенности заболеваний органов дыхания у рабочих показал, что различия в сравниваемых профессиональных группах обусловлены в основном заболеваниями бронхитом. Частота бронхита, вызывавшего временную потерю трудоспособности, в одинаковых возрастных группах значительно больше у рабочих электролизных цехов. У рабочих электролизных цехов со стажем 10 лет и более заболеваемость бронхитом на обоих заводах в 4—5 раз выше, чем в контрольной группе. Это дает основания предполагать неблагоприятное влияние условий труда в электролизных цехах и в отношении заболеваний бронхитом.

Уровень производственного травматизма, сопровождающегося утратой трудоспособности, у рабочих электролизных цехов характеризуется относительно невысокими показателями. На Уральском алюминиевом заводе за последние пять лет достигнуто значительное снижение травматизма, чему способствовали механизация пробивки электролитной корки, устранение операций по удалению угольной пены из электролита, совершенствование механизмов для обслуживания анодов и другие.

Среди видов травматических повреждений преобладают механические травмы, особенно дистальных отделов конечностей. Термические ожоги составляют 20—28% всех травм. Основными материальными причинами травматизма на УАЗе являются переносимые вручную грузы и расплавленные металлы и электролит. На Иркутском алюминиевом заводе значительно больше удельный вес травм, связанных с механической транспортировкой грузов и с расплавленными электролитом, металлом, анодной массой, вызывающими ожоги у рабочих. Эти различия обусловлены особенностями организации работы по обслуживанию электролизных ванн с боковым и верхним подводом тока.

Б. Профессиональная заболеваемость по данным медицинских осмотров рабочих

В работе дается характеристика распространенности профессиональной заболеваемости у рабочих электролизных цехов на основании материалов медицинских осмотров рабочих электролизных цехов восьми алюминиевых заводов, проведенных на протяжении 1968—1969 годов в соответствии с приказом Министерства здравоохранения СССР. Осмотры проводились по единой методике, разработанной клиниками профессиональных заболеваний Свердловского и Ленинградского институтов гигиены труда и профзаболеваний. Осмотры были проведены специалистами из клиник профзаболеваний ряда институтов с участием врачей медико-санитарных частей заводов. При этом обеспечивалось проведение необходимых исследований, включая рентгенографию костей, которой подвергались рабочие со стажем работы в электролизном цехе свыше шести лет. Данные осмотров регистрировались в картах единой формы.

Нами совместно с П. Г. Симахиной была произведена первичная обработка карт медицинского осмотра рабочих УАЗа и проведена подготовка материала к машинной обработке, по образцу которой были подготовлены материалы и по другим алюминиевым заводам. Счетная обработка материалов была осуществлена в счетно-вычислительном центре, часть материала была разработана с помощью перфоративных карт. Нами была проведена последующая статистическая обработка материалов по всем алюминиевым заводам и составлены обобщающие таблицы.

Важнейшим проявлением профессиональной патологии рабочих электролизных цехов является флюороз, который представляет собой хроническое общее заболевание организма, характеризующееся поражением многих органов и систем. В клинике профзаболеваний Свердловского института гигиены труда принята клиническая группировка профессионального флюороза, предусматривающая начальную стадию (0—1) и три стадии последующего развития заболевания. Начальная стадия характеризуется совокупностью ряда клинических синдромов без изменений в костной системе, выявляемых рентгенологически. В I стадии заболевания присоединяются начальные склеротические изменения в отдельных костях. Стадия II характеризуется значительным нарастанием всей патологии, присущей предшествующим стадиям заболевания, генерализацией остеосклеротического процесса с обызвествлением

связок суставов и позвоночника. Стадия III — тяжелый генерализованный остеосклероз. Стадии I—III нередко определяются как так называемый костный флюороз.

Распространенность флюороза у рабочих основных профессий, к которым мы относим электролизников, анодчиков, крановщиков, выливщиков, рабочих, занятых ремонтом электролизеров, составляет в среднем по всем заводам 9,5% (табл. 6).

Таблица 6.

Распространенность флюороза у рабочих основной профессиональной группы в связи со стажем работы в электролизных цехах (в % к числу осммотренных)

Распространенность флюороза (в %)								
Завод \ Стаж	ВАЗ	НАЗ	КАЗ	УАЗ	БАЗ	НКАЗ-1	НКАЗ-11	Всего
3 года и менее	—	1,2	—	—	—	1,4	0,5	0,7
4—6	—	—	—	—	0,8	7,5	1,4	2,0
7—10	8,0	3,7	2,8	4,9	1,5	14,2	5,3	6,4
11—15	32,6	14,6	7,8	5,2	5,5	15,9	37,0	11,4
16—19	32,0	28,0	7,8	8,8	8,8	34,6	39,0	19,8
20 и более	31,3	38,0	25,0	20,6	22,5	55,0	45,0	28,9
Всего:	22,9	8,5	6,0	8,8	5,7	16,5	8,2	9,5
В том числе костный флюороз	18,3	3,0	2,5	6,8	3,7	2,5	1,6	3,6

Стандартизованные по стажу показатели

Весь флюороз	16,2±2,5	11,6±1,7	5,5±1,2	5,1±0,7	4,8±0,6	18,0±1,2	19,2±1,0	—
Костный флюороз	12,7±2,3	4,1±1,1	2,5±0,8	3,6±0,6	3,1±0,5	2,9±0,5	3,9±0,5	—

Наиболее тяжелые формы флюороза с выраженными изменениями в костях обнаружены в среднем у 3,6% обследованных рабочих. Значительные различия в распространенности флюороза на разных алюминиевых заводах не устраняются при стандартизации показателей по стажу работы. Наибольшая распространенность флюороза, особенно костного, имеет место на Волховском алюминиевом заводе, что связано с более высоким, чем на других заводах, содержанием фтори-

стых соединении в воздухе электролизного цеха этого завода. Более высокие показатели распространенности флюороза на заводах НкАЗ-1 и НкАЗ-2 связаны с «накоплением» больных к настоящему осмотру, т. к. больные флюорозом ранее не выводились из электролизных цехов, а также с различием в подходе к диагностике дорентгеновской стадии флюороза.

Выявлена отчетливая и статистически высоко достоверная ($P < 0,001$ по определению критерия согласия χ^2) зависимость распространенности флюороза от стажа работы в электролизном цехе. Распространенность флюороза заметно возрастает при стаже более 15 лет, а в стажевой группе 20 и более лет она составляет 28,9%.

У рабочих, занятых непосредственным обслуживанием электролизеров,—электролизников и анодчиков—распространенность флюороза составляет в среднем 11,8—10,9%, у рабочих остальных основных профессий — 4,6% и у рабочих прочих профессий — 3,6%, что свидетельствует об опасности развития флюороза практически у всех работающих в электролизных цехах. Установлена достоверная более ранняя и более частая заболеваемость флюорозом лиц, начавших работу в электролизном цехе в более старшем возрасте (старше 26—30 лет). Это обстоятельство должно учитываться при врачебной трудовой рекомендации.

Одним из характерных проявлений хронической фтористой интоксикации является поражение зубов в виде крапчатости эмали, или так называемого флюороза зубов. Стоматологический осмотр рабочих выявил большую распространенность (у 16% обследованных) крапчатости эмали зубов, возрастающую со стажем работы. Часто отмечались у рабочих и другие заболевания полости рта — гингивиты и пародонтоз.

У рабочих обнаружена большая распространенность катаров верхних дыхательных путей (в среднем у 16,8% обследованных), развивающихся часто при малом стаже работы в электролизном цехе (3 года и менее). У 4,3% обследованных установлен хронический бронхит, распространенность которого достоверно возрастала со стажем даже в одинаковых возрастных группах.

Как известно, в развитии бронхита могут играть роль многие этиологические факторы. В условиях электролизных цехов в развитии бронхита, по-видимому, имеет значение сочетанное воздействие возгонов анодной массы, глиноземсодержащей пыли и фтористых соединений. По данным клиники профзаболеваний Свердловского института гигиены труда, распро-

страненность бронхита у рабочих криолитовых заводов, которые подвергаются воздействию фтористых соединений в более высоких концентрациях, значительно меньше (0,5—1,5%), чем в электролизных цехах, и у этих рабочих не наблюдаются астмоидные бронхиты. Меньше распространенность бронхитов и у рабочих отделений кальцинации глиноземных цехов, подвергающихся воздействию пыли глинозема (Е. Я. Гирская, 1955). У рабочих электролизных цехов бронхит нередко имеет выраженный астмоидный характер, что, по-видимому, обусловлено аллергизирующим воздействием органических фтористых соединений, возможно образующихся в результате взаимодействия фтора с продуктами возгона анодной массы (Midttun, 1960). В этиологии хронических бронхитов возможно и влияние неблагоприятных метеорологических условий.

У рабочих выявлены случаи пневмокониозов и пневмофиброзов, что совпадает с литературными данными и может быть связано как с воздействием высоких концентраций пыли глинозема, так и с токсическим воздействием фтористых соединений и возгонов пека.

Профессиональная патология кожи у рабочих электролизных цехов проявляется в форме фотодерматитов, пековых дерматозов и наиболее широко распространенных поражений сосудов кожи, которые, по мнению ряда авторов, имеют токсико-аллергический характер (Н. М. Тихонова, 1963; Р. В. Тарадайко и В. Н. Тумаркин, 1968). Такие поражения были установлены у 45,5% обследованных рабочих основной профессиональной группы, а у анодников — в 62%, частота их отчетливо нарастала со стажем работы в электролизных цехах.

У рабочих электролизного цеха, оборудованного электролизерами с самообжигающимися анодами, выявлена достоверно более высокая заболеваемость раком кожи, чем у мужского населения контрольной группы (В. Г. Константинов, 1969), тогда как у рабочих электролизного цеха, оборудованного электролизерами с обожженными анодами, за десятилетний период времени не было зарегистрировано ни одного заболевания раком кожи.

В. Профессиональная инвалидность рабочих электролизных цехов

Ценным показателем состояния здоровья рабочих определенных профессиональных групп может быть инвалидность, особенно профессиональная, которая является одним из не-

благоприятных исходов и свидетельством тяжести заболеваний. Нами была изучена профессиональная инвалидность рабочих основных профессий электролизных цехов двух алюминиевых заводов — по материалам ВТЭК, отделов социального обеспечения и отделов кадров заводов за восемь лет — по одному и за шесть лет по другому заводу. Было установлено, что стандартизованный по возрасту показатель инвалидности рабочих электролизного цеха достоверно превышает соответствующий показатель по группе контрольных цехов (железнодорожный, тепловодоснабжения, ремонтно-строительный и электроцех). Инвалидность рабочих электролизных цехов имеет выраженный профессиональный характер: профессиональная инвалидность составляет 49,3% от общей инвалидности рабочих. В преобладающем большинстве случаев причиной профессиональной инвалидности у рабочих была хроническая интоксикация фтором; второе место в качестве причины профессиональной инвалидности занимает астматический бронхит и бронхиальная астма. Профессиональная инвалидность нередко возникает у рабочих в молодом возрасте: средний возраст рабочих к моменту установления инвалидности составлял 39 лет. Уровень профессиональной инвалидности закономерно возрастает с увеличением стажа ($P < 0,01$), особенно после 15 лет работы; в группе со стажем 20 и более лет он достигает очень большой величины — 30,8% (табл. 7).

Средний стаж рабочего в электролизном цехе к моменту установления инвалидности составляет 15 лет, отдельные случаи инвалидности возникают при очень небольшом стаже (4—6 лет). Профессиональная инвалидность отмечалась как среди рабочих основных профессий, так в отдельных случаях и у рабочих других профессий электролизных цехов. В преобладающем большинстве случаев профессиональная инвалидность рабочих была отнесена ВТЭК к третьей группе, но у 16 рабочих была установлена инвалидность второй группы.

Среди причин, вызвавших инвалидность непрофессионального характера, основное место занимают сердечно-сосудистые заболевания и туберкулез легких.

Таким образом, и данные по характеристике инвалидности рабочих электролизных цехов свидетельствуют о неблагоприятности санитарных условий труда в этих цехах и необходимости их радикального оздоровления. Они подтверждают целесообразность льготного пенсионирования, принятого для электролизных цехов, и указывают на необходимость разработки эффективных методов лечения хронической интоксикации фто-

Таблица 7.

**Распространенность профессиональной инвалидности в разных
стажевых группах у рабочих основных профессий
электролизного цеха УАЗа**

Стажевая группа	Число инвалидов на 1000 рабочих в год
1—3	нет
4—6	2,1
7—10	5,3
11—15	5,4
16—19	15,4
20 и более	30,8
Всего	8,2
Средний стаж	$15,0 \pm 0,40$

ром и рационального трудоустройства рабочих с профессиональной патологией.

**Г. Смертность рабочих электролизных цехов
от злокачественных новообразований**

В основу методики изучения смертности рабочих электролизных цехов от злокачественных новообразований нами были положены рекомендации американского Комитета по профессиональному раку (1958). Исходными документами служили свидетельства о смерти от рака за десятилетний период времени у мужчин в возрасте 18 лет и старше, проживающих в районе расположения алюминиевого завода. Из них в отделе кадров заводов были выбраны лица, когда-либо работавшие в электролизном цехе и учтены данные о профессиональном стаже этих лиц. На основании переписи, проведенной нами по материалам отделов кадров, были получены данные возрастного состава мужчин, работавших в этот период времени в электролизных цехах. Данные о численности мужского населения района и его возрастной структуре были приняты по материалам статистического управления. Относительные показатели смертности от рака рабочих электролизных цехов сопоставляли с показателями смертности мужчин, проживавших в районе размещения завода (контроль), после их стандартизации по возрасту.

Исследования были проведены на трех алюминиевых заводах: на заводах № 1 и № 2, где электролизеры имели самообжигающиеся аноды, и на заводе № 3 — с предварительно обожженными анодами.

Смертность рабочих электролизных цехов заводов № 1 и № 2 от рака всех локализаций в 2,3—3,0 раза больше, чем в контрольной группе ($P < 0,001$). Наиболее велики различия в смертности были в группе 18—39 лет. Смертность от рака органов дыхания была также достоверно выше у рабочих электролизных цехов заводов № 1 и № 2 — в 3,6—1,7 раза по сравнению с контролем ($P = 0,001$ и $P < 0,05$). И здесь различия особенно велики в младшей возрастной группе. На заводе № 3 показатель смертности рабочих оказался даже несколько ниже, чем у мужского населения города ($P > 0,05$), и за десятилетний период у рабочих электролизного цеха не было зарегистрировано случаев смерти от рака органов дыхания. Это позволяет считать, что канцерогенным фактором в электролизных корпусах являются возгоны каменноугольного пека, поступающие в воздух в электролизных корпусах, где применяются самообжигающиеся аноды.

Средний стаж работы в электролизном цехе у умерших от рака составил всего 10—13 лет, что позволяет предполагать воздействие высокоактивных канцерогенных веществ. Об этом же свидетельствуют различия в возрасте умерших от рака рабочих и лиц контрольной группы: рабочие завода № 1 умирали в возрасте в среднем на шесть лет, а рабочие завода № 2 на двенадцать лет моложе, чем лица контрольной группы ($P < 0,001$). Различие в возрасте умерших от рака органов дыхания (в 9 лет на заводе № 1 и в 10 лет на заводе № 2) также статистически достоверно ($P < 0,01$).

Таким образом, статистические материалы о смертности от рака рабочих электролизных цехов, как и данные о более высокой распространенности у них заболеваний раком кожи, свидетельствуют о том, что работа в электролизных цехах, оборудованных электролизерами с самообжигающимися анодами, связана с повышенной канцерогенной опасностью.

VII. Пути оздоровления условий труда и профилактики профессиональных заболеваний рабочих электролизных цехов

За последние годы в электролизных цехах алюминиевых заводов осуществлены многие важные мероприятия по улучшению условий труда рабочих. Среди этих мероприятий боль-

шую роль играет механизация ряда трудоемких рабочих операций, выполняемых при неблагоприятных санитарных условиях, отказ от операции по удалению угольной пены из электролита, реконструкции систем механической вентиляции, направленные на повышение их эффективности, улучшение условий аэрации в двухэтажных электролизных корпусах и др. Реализация ряда оздоровительных мероприятий осуществлена в соответствии с нашими рекомендациями, которые давались в отчетах по исследованиям, проведенным в электролизных цехах алюминиевых заводов. Эффективность некоторых мероприятий получила гигиеническую оценку на основании наших специальных исследований.

В системе оздоровительных мероприятий в электролизных цехах основное место принадлежит мероприятиям технологическим, направленным на ограничение поступления вредных веществ и тепла от электролизеров в рабочие помещения. В этом отношении особо важная роль принадлежит автоматическому питанию электролизеров глиноземом, осуществление которого в одном из электролизных корпусов УАЗа получило хорошую гигиеническую оценку. В ближайшие годы на алюминиевых заводах предусматривается перевод ряда электролизных корпусов с боковым подводом тока к электролизерам на автоматическое питание глиноземом.

Тем же задачам облегчения физической работы, сокращения продолжительности пребывания рабочих в неблагоприятных условиях производственной среды и сокращения числа работающих в электролизных цехах служит механизация трудовых операций по обслуживанию электролизеров. Проектные материалы по механизации обслуживания электролизеров проходили экспертизу на санитарно-техническом совете Свердловского института гигиены труда с нашим участием. Опытнотомышленные образцы некоторых машин получили гигиеническую оценку в производственных условиях (В. Г. Константинов, 1969). Были даны рекомендации по устранению недостатков этих механизмов, которые должны быть учтены проектным институтом при серийном выпуске машин.

Для улучшения условий труда важное значение имеют сокращение числа анодных эффектов, устранение операции удаления угольной пены из электролита, замена порошкообразных фтористых солей гранулированными и ряд других технологических мероприятий.

Устранение смолистых веществ из воздуха электролизных цехов радикально решается применением предварительно обо-

жженных анодов. Экономическая целесообразность перехода на электролизеры с обожженными анодами была доказана на зарубежных заводах (Lange, Wilde, 1963; Wiph, Oehler, 1964; Bühn, 1968; Molnar, 1968) и в нашей стране на опытных мощных электролизерах.

Для максимального уменьшения выделения смолистых веществ самообжигающимися анодами необходимо осуществление мер по улучшению технологии анодов: улучшение качества анодной массы, ограничение повышения анодной плотности тока, искусственное охлаждение поверхности анодов мощных электролизеров. На опытных электролизерах с искусственным охлаждением анодов температура жидкой анодной массы снижалась на 50°, а высота ее слоя увеличивалась на 20—25 см, что усиливало гидравлический затвор на пути движения анодных газов из зоны высоких температур. Содержание смолистых веществ в воздухе электролизного корпуса с искусственным охлаждением анодов значительно уменьшилось. Так, на верхней площадке электролизеров концентрации смолистых веществ снизились в 20—49 раз (В. Г. Константинов, А. И. Кузьминых, 1969). Искусственное охлаждение анодов в настоящее время широко внедряется на алюминиевых заводах.

Технология электролитического получения алюминия на современном уровне еще не позволяет исключить выделения в воздушную среду электролизных корпусов значительных количеств тепла, пыли и вредных газов. В связи с этим в оздоровлении условий труда важное значение имеют мероприятия санитарно-технического характера, направленные на правильную организацию воздухообмена в электролизных корпусах. Основным из них является создание эффективной местной вытяжной вентиляции от электролизеров, обеспечивающей локализацию и удаление вредных веществ непосредственно от места их образования. Наши исследования позволили рекомендовать проектным организациям и заводам гигиенически эффективные решения устройства и эксплуатации местной вытяжной вентиляции от электролизеров с боковым и верхним подводом тока.

Эффективная система местной вытяжной вентиляции от электролизеров не только снижает концентрацию вредных газов и пыли в зоне пребывания рабочих до допустимого уровня и уменьшает неорганизованные выбросы в атмосферу, что предотвращает загрязнение приточного воздуха, но одновременно позволяет значительно сократить кратность воздухооб-

мена и предотвратить выхолаживание электролизных корпусов в холодный период года. Системы местного газоотсоса, обеспечивающие достаточно полное удаление вредных газов и пыли от электролизеров во все стадии технологического процесса, создают условия для эффективной очистки выбросов электролизных цехов.

Правильная организация воздухообмена в электролизных корпусах требует и эффективного использования аэрации, а в одноэтажных корпусах и механической приточной вентиляции. Наши исследования в электролизных цехах ряда алюминиевых заводов позволили рекомендовать наиболее целесообразные способы организации механической приточной вентиляции в отношении распределения приточного воздуха по рабочим проходам электролизных корпусов и наиболее рационального устройства воздухораспределителей, обеспечивающих хорошее «затопление» приточным воздухом рабочей зоны помещения. Увеличение эффективности приточной механической вентиляции летом может быть достигнуто путем охлаждения приточного воздуха. Наши исследования на Сумгаитском алюминиевом заводе показали значительную эффективность этого мероприятия. Охлаждение приточного воздуха особенно важно для алюминиевых заводов в южных районах страны, но оно целесообразно и для заводов Урала и Сибири.

В зимнее время должен обеспечиваться подогрев воздуха, подаваемого механическими приточными системами в электролизные корпуса.

Несмотря на то, что аэрация электролизных корпусов не может рассматриваться как основной путь борьбы с загрязнением воздушной среды вредными газами и пылью, как это до последнего времени принимается на зарубежных заводах, роль аэрации в электролизных цехах очень велика, главным образом в улучшении метеорологических условий в теплый период года. Кратность воздухообмена летом должна быть максимальной и обеспечивать полную ассимиляцию избытков тепла. Наши рекомендации по улучшению организации аэрации в различных электролизных корпусах реализованы на многих алюминиевых заводах.

В связи с необходимостью хорошего проветривания рабочей зоны электролизных корпусов в теплый период года в южных районах нашей страны предпочтительно однорядное расположение электролизеров в корпусе, в других районах может быть принято двухрядное расположение. В районах страны с холодным климатом следует применять утепленные

ограждения и кровлю в электролизных корпусах для предотвращения рециркуляционных нисходящих потоков воздуха вдоль стен, способствующих заносу вредных веществ в рабочую зону.

В настоящее время еще сохраняет значение и использование средств индивидуальной защиты рабочих в электролизных цехах. Испытанный и рекомендованный нами противопылевой респиратор ШБ-1 «Лепесток» получил широкое распространение в электролизных цехах наших алюминиевых заводов. В дальнейшей разработке нуждается вопрос о рациональной защитной одежде рабочих электролизных цехов для теплого периода года. В работе даются рекомендации по рациональному питанию рабочих электролизных цехов. Для работающих в этих цехах необходима организация профилактического питания.

Важным элементом медицинского обслуживания рабочих являются предварительные и периодические медицинские осмотры. В работе приводятся рекомендации по их организации и проведению на алюминиевых заводах, а также по организации медицинского и бытового обслуживания рабочих электролизных цехов.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Санитарные условия труда при электролитическом получении алюминия характеризуются комплексом неблагоприятных факторов. В воздухе электролизных корпусов содержатся фтористые соединения в виде фтористого водорода и фтористых солей; возгоны каменноугольного пека, содержащие различные полициклические ароматические углеводороды и в том числе 3,4-бензпирен; глинозем- и фторсодержащая пыль. Наряду с этим рабочие подвергаются воздействию неблагоприятных метеорологических условий как в теплый, так и в холодный периоды года. Ряд операций по обслуживанию электролизеров связан со значительным мышечным напряжением.

2. Количество фтористых соединений, выделяемых электролизером, зависит от стадии технологического процесса. Значительная часть расходуемых в процессе электролитического получения алюминия фтористых соединений (17,4—29,2 кг на тонну выплавляемого алюминия) поступает в воздух и удаляется от электролизных корпусов системами газоотсоса и через аэрационные фонари. Выбросы электролизных цехов вызывают большое загрязнение атмосферного воздуха фтористыми соединениями и смолистыми веществами на территории

алюминиевых заводов, а также в районах их размещения.

3. На содержание фтористых соединений в воздухе электролизных корпусов оказывает влияние большое число факторов: количество и степень одновременно открытых электролизеров, характер их обработки, производительность и эффективность систем газоотсоса, условия общего воздухообмена и др. Содержание фтористых соединений в воздухе рабочих проходов и особенно на рабочих местах даже при большой кратности воздухообмена превышает предельно допустимое.

В двухэтажных электролизных корпусах более благоприятные условия аэрации, по сравнению с одноэтажными, при соблюдении необходимых технологических условий обеспечивают снижение содержания фтористых соединений в воздухе рабочих проходов до предельно допустимой концентрации. Однако на рабочих местах при обслуживании электролизеров концентрации фтористых соединений остаются высокими.

4. Процесс электролитического получения алюминия в электролизных цехах, оборудованных электролизерами с самообжигающимися анодами, сопровождается поступлением в воздух смолистых веществ, образующихся в результате высокотемпературного разложения пека анодной массы. Содержание их на рабочих местах анодников достигает сотен миллиграммов в кубическом метре воздуха. Концентрации 3,4-бензпирена в воздухе во много раз превышают его содержание в атмосферном воздухе больших промышленных городов.

5. Наличие многочисленных источников пылевыведения приводит к высокой запыленности воздуха в электролизных корпусах. Концентрация пыли в воздухе при обработке электролизеров составляет десятки и сотни миллиграммов в кубическом метре воздуха. Витаящая в воздухе пыль на 32—55% состоит из глинозема, содержащего в значительных количествах его наиболее биологически активную γ -модификацию. В состав пыли входят и смолистые вещества (от 14,3 до 29,9%). Пыль обладает высокой дисперсностью и способностью адсорбировать фтористый водород и 3,4-бензпирен.

6. Микроклимат электролизных цехов характеризуется постоянным воздействием на работающих интенсивного теплового излучения (от 0,5 до 8,0 кал/см²мин.), источником которого служат электролизеры, особенно большой мощности, не имеющие укрытий. Высокие температуры поверхностей электролизеров, небольшие расстояния между их рядами и ограждениями здания создают в теплое время года крайне неблаго-

приятный радиационный режим в электролизных корпусах.

7. Большая теплонапряженность электролизных корпусов, достигающая 85—120 ккал/м³час в корпусах с электролизерами средней мощности и 150—210 ккал/м³час в корпусах с мощными электролизерами, обуславливает в летнее время высокую температуру воздуха в рабочих проходах электролизных корпусов. В одноэтажных корпусах она на 10—13° превышает наружную, а в двухэтажных корпусах, где обеспечены лучшие условия естественного воздухообмена, — на 5—6°.

Резко перегревающим воздействием характеризуется микроклимат на рабочих местах при обслуживании электролизеров. Воздействие интенсивного теплового облучения здесь сочетается с высокой температурой воздуха, которая летом всегда превышает 30° и часто достигает 40—45° при температурном перепаде порядка 15—19°.

8. Сочетание резко выраженных перегревающих метеорологических условий и значительного физического напряжения у рабочих основных профессий при обслуживании электролизеров вызывает нарушения физиологических функций, свидетельствующие о большом напряжении процессов терморегуляции, которое, однако, не всегда обеспечивает сохранение теплового равновесия в организме.

Температура тела у электролизников после циклов «горячей» работы обычно повышается до 37,1—37,5°, а в большом числе наблюдений достигает 37,5—38,0°. У рабочих отмечается значительное нарушение водного обмена.

О больших физиологических сдвигах в организме рабочих свидетельствуют также данные о частоте сердечных сокращений, полученные методом динамической радиопульсометрии: максимальная частота пульса у рабочих основных профессий составляла 154,8—162,0 удара в минуту, средняя частота пульса за время выполнения всей «горячей» работы — 126,4—129,6 удара в минуту. Высокая средняя частота пульса за всю рабочую смену (110,4—119,9 удара в минуту) в большой мере определяется тем, что перерывы в работе проводятся рабочими в проходах цеха при неблагоприятных метеорологических условиях.

9. Микроклимат электролизных цехов в холодный период года, несмотря на значительные производственные тепловыделения, характеризуется низкой температурой воздуха и ограждений здания и повышенной подвижностью воздуха в рабочих проходах корпусов. Температура воздуха рабочих про-

ходов в холодные дни, как правило, отрицательная; в одноэтажных корпусах она превышает наружную в среднем лишь на 15—16°, а в двухэтажных корпусах всего на 8—9°. Температура пола в двухэтажных корпусах близка к температуре наружного воздуха.

Выхолаживание электролизных корпусов зимой определяется в основном большой кратностью воздухообмена, необходимой для ассимиляции вредных газов.

Крайне неблагоприятным фактором являются повторяющиеся неоднократно на протяжении смены переходы рабочих из условий перегревающего микроклимата при обслуживании электролизеров к резко охлаждающему микроклимату рабочих проходов.

10. При медицинском осмотре рабочих электролизных цехов восьми алюминиевых заводов выявлены заболевания профессиональным флюорозом. Наиболее тяжелые формы флюороза с выраженными изменениями в костях обнаружены в среднем у 3,6% обследованных рабочих основной профессиональной группы.

Выявлена достоверная зависимость распространенности флюороза от стажа работы в электролизном цехе. Заболеваемость флюорозом резко возрастает после 10-летнего стажа, а при стаже 20 лет и более она составляет 28,9%.

Стоматологический осмотр рабочих показал большую распространенность специфической крапчатости эмали зубов (флюороз зубов), гингивитов и пародонтоза, возрастающих со стажем работы.

11. Данные медицинских осмотров и изучения заболеваемости с временной утратой трудоспособности свидетельствуют о значительной распространенности катаров верхних дыхательных путей и хронического бронхита у рабочих электролизных цехов. Бронхит у рабочих электролизных цехов нередко имеет астмоидный характер. У рабочих выявлены случаи пневмокониозов и пневмофиброзов.

12. Профессиональная патология кожи у рабочих проявляется в форме фотодерматитов, пековых дерматозов и наиболее широко распространенных поражений сосудов кожи токсикоаллергического характера (у 45,5% обследованных рабочих основных профессий, а у анодчиков — в 62%).

13. У рабочих электролизных цехов обнаружена инвалидность профессионального характера. В преобладающем большинстве случаев причиной ее является профессиональный

флюороз. Профессиональная инвалидность резко возрастает после 15 лет работы в электролизном цехе.

14. Данные о заболеваемости рабочих электролизных цехов раком кожи и материалы смертности рабочих от рака свидетельствуют о повышенной канцерогенной опасности работы в электролизных цехах, оборудованных самообжигающимися анодами.

15. Оздоровление условий труда в электролизных корпусах может быть достигнуто только в результате осуществления комплекса мероприятий технологического и санитарно-технического характера. В системе оздоровительных мероприятий основное место принадлежит технологическим мероприятиям, направленным на резкое сокращение поступления вредных веществ и тепла от электролизеров в рабочее помещение и на облегчение физической работы при обслуживании электролизера. Наши исследования показали гигиеническую эффективность автоматического питания ванн глиноземом, искусственного охлаждения самообжигающихся анодов, применения ряда механизмов для обслуживания электролизеров.

16. Среди мероприятий санитарно-технического характера главное место занимает эффективная местная вытяжная вентиляция. Важную роль играет и правильная организация общего воздухообмена, особенно для улучшения метеорологических условий как в теплый, так и в холодный периоды года. На основании проведенных исследований были разработаны рекомендации по повышению эффективности местной вытяжной вентиляции от электролизеров и организации общего воздухообмена, часть этих мероприятий реализована и получила гигиеническую оценку в наших исследованиях.

17. Исследованиями установлена большая эффективность противопылевого респиратора ШБ-1 «Лепесток» для защиты органов дыхания рабочих электролизных цехов. Особое внимание следует уделить рациональному питанию, бытовому и медицинскому обслуживанию рабочих.

18. Наши исследования в электролизных цехах, опыт работы алюминиевой промышленности и проектных организаций свидетельствуют о наличии в настоящее время реальных возможностей радикального оздоровления условий труда в электролизных цехах.

Отчеты о результатах исследований, проводившихся на различных алюминиевых заводах, направлялись на соответствующие заводы и в научно-исследовательский и проектный институт - алюминиевой и магниевой промышленности (ВАМИ).

Результаты исследований докладывались на специальных совещаниях и конференциях по алюминиевой промышленности (на Всесоюзном совещании по развитию алюминиевой промышленности, на Всесоюзном совещании по технике безопасности в алюминиевой промышленности, на Всесоюзной школе по обмену опытом работы в электролизных цехах алюминиевых заводов, на Всесоюзной школе по научной организации труда в алюминиевой промышленности, на Всесоюзном симпозиуме по флюорозу и др.).

На основе проведенных исследований вносились необходимые коррективы в проекты строительства и реконструкции электролизных корпусов, проходивших санитарную экспертизу в Свердловском институте гигиены труда и профзаболеваний (проектные задания по реконструкции ряда электролизных корпусов Богословского алюминиевого завода, по строительству и расширению Красноярского, Новокузнецкого, Иркутского алюминиевых заводов. Проектные соображения по совершенствованию типовой серии электролиза алюминия).

Материалы исследований были использованы для составления письма Свердловского института гигиены труда и профзаболеваний «О необходимых мерах по оздоровлению условий труда в электролизных цехах алюминиевых заводов и по санитарной охране воздушного бассейна вокруг них», на основании которого было издано специальное постановление коллегии Министерства цветной металлургии СССР «О мерах по улучшению условий труда в цехах электролиза алюминиевых заводов» № 56 от 11 ноября 1966 г.

СПИСОК РАБОТ, ВЫПОЛНЕННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Итоги и задачи научной работы в области гигиены труда в электролизных цехах алюминиевых заводов. Сб. «Вопросы гигиены труда, профпатологии и токсикологии в промышленности Свердловской области», Свердловск, 1955, 121—127 (в соавторстве).
2. Оценка эффективности металлизированной одежды в условиях электролизного цеха алюминиевого завода. Гигиена и санитария, 1956, 7, 48—50.
3. Эффективность охлаждения приточного воздуха в электролизном цехе Сумгаитского алюминиевого завода. Материалы VIII научной сессии Свердловского НИИ гигиены труда и профзаболеваний. Свердловск, 1958, 12—15 (в соавторстве).
4. Основные вопросы гигиены труда в электролизных цехах в связи с интенсификацией процессов и строительством новых цехов. Сб. «Вопросы гигиены труда, профпатологии и промышл. токсикологии» т. III, ч. I. Свердловск, 1958, 3—11 (в соавторстве).
5. Основные вопросы гигиены труда в электролизных цехах в связи с интенсификацией процессов. Тр. научно-технического общества цветной металлургии по вопросам внедрения новой техники в алюмин. промышленности. Свердловск, 1959 (в соавторстве).
6. Сравнительная оценка различных способов раздачи приточного воздуха в рабочие проходы электролизных цехов. Сб. «Вопросы гигиены труда и профпатологии в цветной металлургии», т. IV, Свердловск, 1959, 40—52 (в соавторстве).
7. Исследование эффективности опытной установки для очистки воздуха в кабине крановщика электролизного цеха. Там же, 53—59 (в соавторстве).
8. Санитарные условия труда в электролизных цехах алюминиевых заводов и необходимые оздоровительные мероприятия. В тр. XIII Всесоюзного съезда гигиенистов, эпидемиологов и инфекционистов. «Вопросы гигиены», т. I, Москва, 1959, 403—405 (в соавторстве).
9. Гигиеническая характеристика проектирования электролизных цехов алюминиевых заводов. Сб. «Вопросы гигиены и профпатологии в цветной металлургии», т. IV, Свердловск, 1959, 5—18 (в соавторстве).
10. Эффективность противопылевого респиратора ШБ-1 «Лепесток» в условиях электролизного цеха алюминиевого завода. Гигиена труда и профессиональные заболевания, 1961, 8, 44—47.
11. Эффективность оздоровительных мероприятий в электролизном корпусе Богословского алюминиевого завода. Сб. «Вопросы ги-

гигиены, физиологии труда, профпатологии и пром. токсикологии», т. VI, Свердловск, 1961, 141—148 (в соавторстве).

12. Гигиеническая оценка проектирования новых электролизных корпусов, оборудованных мощными электролизерами с верхним подводом тока. Там же, 149—155 (в соавторстве).

13. Выбросы фтористых соединений через аэрационные фонари в электролизных корпусах алюминиевых заводов. Материалы XII научной сессии Свердловского НИИ гигиены труда и профзаболеваний, Свердловск, 1962, 62—64 (в соавторстве).

14. Профилактика профессиональных отравлений фтором в алюминиевой промышленности. Материалы республ. итоговой научной конференции по гигиене. Ленинград, 1963, 104—106 (в соавторстве).

15. Валовые выделения фтористых соединений в электролизных корпусах алюминиевых заводов и пути их снижения. Материалы XIII научной сессии Свердловского НИИ гигиены труда и профпатологии, Свердловск, 1964, 118—129 (в соавторстве).

16. Санитарные условия труда в двухэтажных электролизных корпусах в связи с условиями воздухообмена. Там же, 109—117 (в соавторстве).

17. Баланс фтора при электролитическом производстве алюминия и его гигиеническое значение. Гигиена и санитария, 1965, 11, 33—38 (в соавторстве).

18. Материалы по заболеваемости с временной утратой трудоспособности рабочих электролизных цехов алюминиевых заводов Свердловской области. Материалы XXIX годичн. научн. сессии Свердловского мединститута. Свердловск, 1966, 151—153 (в соавторстве).

19. Метеорологические условия и содержание фтористых соединений в воздухе двухэтажных электролизных корпусов в условиях Сибири. Сб. «Вопросы гигиены, профпатол. и пром. токсикологии», Свердловск, 1966, 65—66 (в соавторстве).

20. Организация воздухообмена в двухэтажных электролизных корпусах. Там же, 67—68 (в соавторстве).

21. Метеорологические условия и пути их нормализации в современных электролизных цехах алюминиевых заводов в разных климатических зонах страны. Материалы республ. научн. конференции по итогам гигиенических исследований за 1963—1965 гг. Уфа, 1966, 7—9 (в соавторстве).

22. Выделение фтористых соединений от электролизеров в производстве алюминия. Сб. «Флюороз и его профилактика», Свердловск, 1967, 5—13 (в соавторстве).

23. Особенности санитарных условий труда в двухэтажных электролизных корпусах алюминиевых заводов. Там же, 14—22 (в соавторстве).

24. Эффективность системы газоотсоса с панельными газосборниками от электролизеров с верхним подводом тока. Там же, 23—29 (в соавторстве).

25. О направлениях проектирования и выборе рациональных решений для современных алюминиевых заводов. Цветные металлы, 1968, 3—5 (в соавторстве).

26. О выделениях фтора в воздушную среду при электролитическом получении алюминия. Материалы XXX годичн. научн. сессии Свердловского мединститута. Свердловск, 1968, 137—138 (в соавторстве).

