

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Владимирский государственный университет

Н.И. Шушкевич

**ВЛИЯНИЕ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ФАКТОРОВ
НА СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ РАБОТАЮЩИХ
СВИНЦОВО-ЦИНКОВЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Монография

Владимир 2008

УДК 504.75:628.5

ББК 28.088

Рецензенты:

доктор медицинских наук, профессор

И.П.Бойко

доктор медицинских наук

В.Н.Буренков

Печатается по решению редакционного совета
Владимирского государственного университета

Шушкевич, Н. И.

Влияние неблагоприятных факторов на состояние здоровья рабо-
Ш98 тающих свинцово-цинковых предприятий: монография / Н.И. Шушке-
вич ; Владим. гос. ун-т. – Владимир : Изд-во Владим. гос. ун-та, 2008. –
151 с.

ISBN 978-5-89368-902-0

В книге приведены данные различных исследователей и материалы
собственного многолетнего изучения условий труда рабочих ведущих оте-
чественных цинковых заводов.

Рассматриваются вопросы уровня и специфики заболеваемости, а
также состояния здоровья работающих. Приводятся данные по токсиколо-
гии основных химических компонентов, выделяющихся в воздушную сре-
ду, а также влияние структурно-твердых аэрозолей на развитие профес-
сиональной патологии.

Книга может быть полезна для сотрудников заводских поликлиник,
экологов и работников свинцово-цинковых предприятий.

УДК 504.75:628.5

ББК 28.088

ISBN 978-5-89368-902-0

© Шушкевич Н.И., 2008

ПРЕДИСЛОВИЕ

Свинцово-цинковые предприятия занимают одно из ведущих мест в цветной металлургии, так как свинец и цинк необходимы фактически для всех видов промышленности. В то же время в связи с большим количеством различных химических компонентов в перерабатываемых концентратах, разнообразием физико-химических процессов и несовершенством технологий, несмотря на многочисленные усовершенствования, условия труда остаются еще весьма неблагоприятными и оказывают отрицательное воздействие на организм работающих.

Поступление в воздушную среду производственных помещений свинца, цинка, меди, мышьяка, сурьмы, кадмия и т. д., во многих случаях существенно превышает допустимые концентрации, а также неблагоприятные метеорологические условия и интенсивный физический труд приводят к высокому уровню общей, а в некоторых случаях и профессиональной заболеваемости работающих – вопросы, которым посвящено большое количество исследований. Однако все эти работы касались только определенных разделов, не освещая проблему в целом, а некоторые вопросы этиопатогенеза остались открытыми.

За основу данной монографии были взяты результаты многолетних исследований, проведенных на цинковом заводе г.Усть-Каменогорска. При этом в связи с ограниченным объемом и желанием более полно осветить наиболее значимые вопросы материалы, изложенные в книге, касались только ведущих цехов цинкового завода.

Значительное место в предлагаемой монографии уделено углубленным гигиеническим исследованиям, а также результатам анализа заболеваемости с временной утратой нетрудоспособности и оценке состояния здоровья работающих при продолжительном контакте на данном предприятии, без признаков клинических проявлений интоксикации. Существенное внимание уделяется процентному соотношению различных химических веществ, выделяющихся в воздушную среду, их структурному, дисперсному и гранулометрическому составу; показано их значение в развитии профессиональной патологии у работающих.

Рассматриваются и вопросы степени проникновения некоторых видов твердых аэрозолей на различные этажи трахеобронхоальвеолярного аппарата в зависимости от их дисперсного и гранулометрического состава, а также изучение механизмов воздействия субмикроскопических фракций аэрозолей цинка на развитие «литейной» лихорадки в экспериментальных условиях. Существенным моментом является и теоретическое обоснование этиопатогенеза «литейной» (цинковой) лихорадки при воздействии тетрагональных кристаллов цинка, подтвержденное в эксперименте на подопытных животных, а также приводятся данные, касающиеся пылевой патологии легких, при влиянии пыли, выделяющийся при обжиге цинка, на организм.

В монографии излагается также ряд предложений, касающихся снижения уровня общей и ликвидации профессиональной заболеваемости рабочих цинковых предприятий. Автор, не претендуя на исчерпывающую полноту изложенных материалов, считает, что приведенные в монографии данные будут в определенной степени полезны при решении вопросов диагностики, экспертизе трудоспособности и организации профилактических мероприятий.

Автор приносит искреннюю благодарность всем сотрудникам клинко-диагностической лаборатории 1-й городской больницы г. Усть-Калиногорска, сотрудникам Казахского НИИ гигиены и профзаболеваний, участвовавшим в проведении исследований по данной работе.

Глава 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. Развитие производства цинка и свинца и их современное значение

ЦИНК как металл был известен уже в древнем Египте и в древней Греции, а в Индии, и затем в Китае стали переплавлять окисленную цинковую руду в небольших горнах с углем и медью, получая латунь. Получение латуни описано в XII-VIII веках до н.э. Гомером, в IV в. до н.э. Аристотелем и в I веке н.э. Плинием Старшим, который в своих трудах детально изложил приготовление латуни восстановлением углем в присутствии меди, а древнегреческий философ Страбон в I веке до н.э. описал уже и получение металлического цинка, называемого тогда фальшивым серебром, или тунией.

В то же время в древние времена цинк не только использовали в виде сплавов. Особое место он занимал в медицине. В трудах Парацельса большое значение придается глазным цинковым каплям. Уже в то время цинк использовали в виде примочек, мазей, чаще всего при кожных заболеваниях, и особенно в виде присыпок для грудных детей. Он широко применялся и как противоядие при укусах змей, фаланг, тарантулов и др. Большую роль придавали цинку в своих опытах и средневековые алхимики, называющие его «белым снегом».

В XV веке в Европе начали выпускать цинк, однако производство его из-за крайне несовершенной технологии уже в конце XVI века прекратилось, и цинк завозился из стран Востока. Только в 1739 году Джон Чемпион создает дистилляционный способ получения цинка из окисленных руд, а уже в 1743 году в английском городе Бристоле был пущен первый в Европе цинковый завод. (М.М. Лакерник, Г.Н. Пахомова, 1989; Б.И. Казаков, 1990; Г.Н. Шиврин, 1994 и др.)

В начале XIX века по инициативе Ругенса в Европе уже было построено несколько дистилляционных заводов, а Дилингер в Каринтии установил более совершенную печь с вертикальными ретортами, конструкция в дальнейшем была использована на многих цинковых заводах. На американском континенте первый цинковый завод был

построен в Нью-Йорке лишь в 1850 году, а второй – в штате Иллинойс – в 1858 г. В дальнейшем цинковые заводы были построены в Австралии, Германии и ряде других стран. С пуском в 1915 году гидрометаллургических заводов в США (Анаконда) и в Канаде (Трейл) производство цинка заняло одно из важных мест в производстве цветных металлов.

В Северной Осетии, во Владикавказе – в 1898 году началось строительство завода, на котором уже в 1902 году приступили к обжигу цинковой обманки, а к 1911 году здесь получили около 3000 тонн цинка. Однако при этом потребности России удовлетворялись всего на 5%, в результате чего основное количество цинка ввозилось из-за границы. В связи с большим дефицитом цинка в 1929 году на Украине в г. Константиновке был построен цинковый (дистилляционный) завод, перерабатывающий дальневосточные концентраты, в 1931 году заработал цинкдистилляционный завод в Кузбассе (г. Белово), а в 1935 году выдал свой первый цинк и Челябинский цинковый завод.

Большое строительство началось и в Казахстане, ставшем в дальнейшем лидером по производству цинка в бывшем СССР. Так, за относительно небольшой отрезок времени, начиная с 1947 года, в Казахстане были построены три цинкоэлектролитных заводы, а именно: в Усть-Каменогорске, Лениногорске и Алма-Ате. С пуском этих заводов проблема цинка в СССР была полностью решена. В настоящее время производство цинка составляет около 5,5 млн. тонн, из которых 75-80% приходится на США, Японию, Канаду, ФРГ, Бельгию, Францию и Австралию.

При применении цинка в современной промышленности ведущую роль играет способность цинка образовывать с железом стойкие химические соединения, что позволяет производить антикоррозионные цинковые покрытия труб, проволоки, листов, баковой аппаратуры, перекрытий зданий, ферм мостов и многих других металлических конструкций. До 40-50% выпускаемого цинка используется для производства сплавов с цветными металлами. Самое широкое применение находят латуни – сплав цинка с медью (около 50% цинка), патронные латуни (10-20% цинка), мунцевые латуни, используемые как припои (до 40% цинка) и др.

Очень широко сплав цинка с медью и оловом – «бронза» – используется не только в технике, но и в искусстве, скульптуре и т.д., а сплавы его с медью и никелем широко известны как «мельхиор» и

«нейзильбер». Существенное значение цинк имеет и при производстве типографских сплавов. Благодаря низкой температуре плавления и хорошим литейным качествам цинка появляется возможность отливать под давлением сложные изделия с высоким качеством поверхности и прочностью. Это позволяет цинковые сплавы широко использовать для различных мелких деталей, применяемых в авиационной, оборонной, автомобильной и других видах промышленности.

Цинк при сплавах с золотом и серебром дает интерметаллиды, которые в связи со способностью не растворяться в жидком свинце используют для рафинирования свинца от благородных металлов. Цинк в порошкообразном состоянии может служить восстановителем и при некоторых химико-технологических процессах: осаждении золота из цианистых растворов, меди и кадмия при очистке растворов цинкового купороса, производстве гидросульфита и т.д. Ряд соединений цинка являются люминофорами, так, на экране кинескопа три основных цвета создаются от $ZnSeAg$ – зеленый цвет, $ZnSAg$ -синий цвет и $Zn_3(PO_4)_2Mn$ – красный цвет. Соединения цинка типа ZnS , $ZnSe$, ZnO и $ZnTe$ являются полупроводниковыми материалами, а марганеццинковые и никельцинковые шпинели являются магнитно-мягкими ферритами.

Цинк широко используется и в ракетостроении в качестве покрытия стартовых конструкций а краска, приготовленная из сульфида цинка, является хорошим покрытием для космических кораблей в связи с низким отношением поглощения солнечной энергии к инфракрасному излучению и обладает большими отражательными свойствами. Соединения цинка используют и в качестве источников энергии – цинк-серебряных окисных батарей, а также применяют в стабилизирующих устройствах, корректирующих отклонение ракет и спутников при движении в космосе. Сульфид цинка дает возможность использовать его для обнаружения различных типов радиации, так как он способен вспыхивать под воздействием α , β и γ -лучей. Антимонид цинка – для точечного охлаждения детекторных приборов, деталей самопишущих приборов и электроники.

Цинк все шире применяется в химической промышленности. Его окись используют в производстве резины и ее обработке при выпуске автомобильных покрышек и ряда других резиновых изделий, а цинковый купорос необходим при производстве корда. Несмотря на создание в лакокрасочной промышленности разнообразного количества красок, до сих пор применяются еще и цинковые белила. Существен-

ное значение цинк и его производные имеют при производстве и ряда медикаментов. Цинк в виде хлоридов и сульфидов применяют в медицине в качестве антисептических средств, а окись цинка – в виде паст и присыпок – при кожных заболеваниях, а также как косметическое средство. (Б.А. Канцельсон 1986; А.В. Роцин и соавт., 1998; Л.Ф. Гоова, 1999; Б.Б. Кистяковский и Н.В. Гудима. 2004 и др.)

Таким образом, на сегодня, несмотря на широкое внедрение огромного количества всевозможных сталей, сплавов, разнообразных видов пластмасс и т.д., цинк приобретает все большее значение и используется все в новых и новых технологиях, а потребление его неуклонно растет.

1.2. Физико-химические свойства цинка

Цинк, который в Европе начали выплавлять в середине XVIII века, а уже к 90 годам XX века производство его превысило 6 млн. тонн в год, является элементом II группы периодической системы. Порядковый номер его – 30, атомный вес – 65,38, плотность – 7,14, а давление паров – 1,49·10⁻¹ мм рт. ст.

Цинк – тяжелый цветной металл голубовато-серебристого цвета, тускнеющий на воздухе в результате того, что покрывается тонкой пленкой окиси, имеющей состав $ZnCO_3 \cdot 3Zn(OH)_2$, защищающей его от окисления. Температура его плавления – 419,4⁰С, а кипения – 906⁰С. Это хрупкий и не прокатываемый металл, но уже при температуре 100-150⁰С он становится ковким и пластичным, что позволяет прокатывать листы толщиной в сотые доли миллиметра, а также проволоку. В то же время при температуре свыше 250⁰С он становится очень хрупким, а при нагреве 500⁰С способен гореть зеленовато-синим пламенем, превращаясь в белый порошок – оксид цинка ZnO, и может окисляться как кислородом воздуха, так и парами воды и углекислым газом.

Цинк в природе может иметь пять стабильных изотопов Zn^{64} , Zn^{66} , Zn^{68} и Zn^{70} . Стандартный электродный потенциал цинка – 0,763 В. При воздействии разбавленных серной и соляной кислот цинк растворяется с выделением водорода, в азотной – с выделением аммиака и окислов азота, а щелочи растворяют его с образованием цинкатов. Для металлургии наибольшее значение имеют сернистый цинк, сульфат цинка а также свободный и связанный в силикатах и ферритах оксид цинка. Благодаря своей выраженной электроотрицательности по

сравнению с другими тяжелыми цветными металлами, он способен вытеснять их из растворов: $\text{MeSO}_4 + \text{Zn} = \text{ZnSO}_4 + \text{Me}$.

В расплавленном цинке хорошо растворяются железо, медь, алюминий и другие металлы, что создает благоприятные возможности для получения разнообразных сплавов на цинковой основе. Однако же данное обстоятельство затрудняет изготовление различных аппаратов, детали которых соприкасаются с расплавленным цинком. С железом расплавленный цинк образует химическое соединение, способствующее закреплению цинковой пленки на оцинкованных изделиях. Цинк способен активно восстанавливать окислы других металлов и вытеснять из водных растворов ионы более положительных металлов: Си, РЬ, Аи, Аg, Ni, Cd, As, Sb и др. Для цементации этих металлов на производстве применяют цинковую пыль.

Сернистый цинк, содержащийся в природе в виде минерала цинковой обманки или сфалерита ZnS и вюрцита, имеет температуру плавления 1650°C . При температуре 1167°C - 1250°C ZnS восстанавливается металлическим железом, где в присутствии CaO в восстановительной атмосфере происходит реакция: $\text{ZnS} + \text{CaO} + \text{CO} \rightleftharpoons \text{Zn} + \text{CaS} + \text{CO}_2$.

Оксид цинка ZnO восстанавливается до металла по реакции: $\text{ZnO} + \text{CO} \rightleftharpoons \text{Zn} + \text{CO}_2$ но при условии высоких температур и значительных концентраций CO . Цинк при соединении с окислами железа (Fe_2O_3) способен образовывать ферриты цинка, а именно $\text{ZnO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$, $2\text{ZnO} \cdot \text{Fe}_3\text{O}_2$, $4\text{ZnO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$. Ферриты способны к частичному растворению, за исключением метаферрита цинка – $\text{ZnO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$, который нерастворим даже в разбавленных растворах серной кислоты. До металлического цинка ферриты восстанавливаются углеродом и его оксидом, углеводородами и водородом, хотя данная реакция протекает медленнее, чем восстановление ZnO . Из простых солей цинка хорошо растворимы в воде хлориды, бромиды, иодиды, нитраты, сульфаты и ацетаты, а малорастворимы сульфиды, карбонаты, фториды, фосфаты, арсенаты, арсениды, хроматы, силикаты и др. (А.В. Рошин и соавт. 1998).

Из большого числа основных солей получили распространение следующие неорганические соединения цинка:

– окись цинка – порошок белого цвета, при нагревании желтеет, в воде практически нерастворим, легко растворяется в кислотах с образованием соответствующих солей;

- нитрат цинка – $Zn(NO_3)_2$ – хорошо растворим в водных растворах, при температуре $18^{\circ}C$ в 100 гр. воды растворяется 115 гр. соли;
- сульфат цинка – $ZnSO_4$ – бесцветные кристаллы, которые также хорошо растворимы в воде;
- хлорид цинка – $ZnCl_2$ – белый зернистый порошок, при прокаливании улетучивается, очень гигроскопичен, в воде растворяется с выделением большого количества тепла, при $25^{\circ}C$ растворяется 81,2% соли, хорошо растворим также в метиловом и этиловом спирте, ацетоне, глицерине и других кислородосодержащих растворителях и азотсодержащих соединениях основного характера. При производстве цинка весьма важным обстоятельством является и образование различных его соединений, которые так же, как и цинк, обладая высокой летучестью, в значительных количествах поступают в воздух производственных помещений цинковых заводов (О.П.Смирнова 1990).

Глава 2. ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УСЛОВИЙ ТРУДА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЦИНКА

Все основные цинковые заводы, расположенные на территории бывшего СССР, это предприятия с полным гидрометаллургическим циклом, включающим в себя разнообразные технологические процессы, ведущими из которых являются: переработка концентратов, обжиг, выщелачивание, электролиз и плавка катодного цинка. Практика эксплуатации различных цинковых заводов показывает, что даже при идентичной схеме производственного процесса, существуют весьма значительные различия, зависящие от климатических особенностей, расположения завода, конструкций зданий, состава получаемого концентрата, разнообразных усовершенствований, требований, предъявляемых потребителями к выпускаемой продукции и пр., что, естественно, отражается и на условиях труда работающих.

Все существующие заводы, расположенные на территории СНГ, в связи с местом их размещения можно условно разделить на две группы: предприятия «Электроцинк», «Укрцинк», Алмалыкский, расположенные в более благоприятных климатических условиях, и Лениногорский (ЛПК), 1-й и 2-й Усть-Каменогорские (УК СЦК) и Челябинский – в зоне резко континентального климата, что создает дополнительные трудности при их эксплуатации. Так, на первых трех заводах, в отличие от остальных, имеются дополнительные возможности для улучшения естественной аэрации производственных помещений.

На заводах же второй группы не только отсутствует возможность частичного раскрытия зданий, но плюс к тому – мощный снеговой слой покрывает крыши цехов и, закрывая фонари, еще более ухудшает аэрацию, не говоря уже о дополнительных трудоемких работах, связанных с очисткой этих крыш от снега.

Проведенные наблюдения показали, что планировка цинковых заводов также отличается друг от друга и имеет существенные особенности. Так, если Лениногорский цинковый завод был построен на совершенно обособленной строительной площадке, то заводы 1-й, 2-й УК СЦК, «Электроцинк», «Укрцинк» можно считать «совмещенными» заводами, т.к. они расположены на одной территории со свинцовыми производствами. В этом случае происходит дополнительное загрязнение окружающей воздушной среды и возникают серьезные затруднения при необходимости проведения работ по реконструкции производства. На этих заводах возникают трудности при озеленении между производственными корпусами, организации площадок для отдыха и т.д.

Кроме того, непосредственно к территории УК СЦК прилегает ТЭЦ и опытный свинцовый завод ВНИИцветмета, которые своими выбросами также увеличивают загрязнение окружающей воздушной среды цинкового завода. Несколько лучше положение на «Электроцинке», где существует более значительный разрыв со свинцовым производством. Планировка цехов также не идентична: на заводе «Укрцинк» все основные цеха почти не имеют разрывов и расположены в одну линию. Основные цеха на «Электроцинке» размещены как бы в одном квадрате: обжиговой, выщелачивательный, сернокислотный и бытовые помещения, а дальше начинается коробка электролизного цеха. Естественно, что при подобном положении цеха как бы «подпитывают» друг друга своими пылегазовыделениями.

На цинковом заводе УК СЦК основные цеха расположены последовательно, в результате чего, например, на втором цинковом УК СЦК пылегазовыделения из обжигового цеха способны проникать в выщелачивательный и т.д. При оценке результатов исследований наружного воздуха, где отбор проб проводился через каждые пять метров, (начиная от обжигового цеха до выщелачивательного и внутри его), оказалось, что концентрация пыли на расстоянии 50 метров от обжигового цеха снижалась в 8-10 раз, SO_2 – в 3-4 раза, а при таком же удалении, но уже в помещении выщелачивательного цеха – в 9-10 раз. То есть наличие сернистого ангидрида и пыли в выщелачива-

тельном цехе можно было в определенной степени объяснить за счет неправильного расположения этого цеха по отношению к обжиговому. Не была учтена и роза ветров. Подобные наблюдения получены и на других заводах.

В то же время гигиеническая оценка планировки цехов Лениногорского завода, а также Алмалыкского, показала более благоприятную картину размещения обжигового цеха по расстоянию от выщелачивательного, а затем уже расположен электролизный цех. Однако наиболее рациональным было бы размещение цехов в «шахматном» порядке. В этом случае, почти не расширяя общую заводскую территорию, разрывы между цехами оказались более значительными.

2.1. Краткая технологическая схема

Гидрометаллургическое производство цинка характеризуется большим разнообразием технологических переделов, этапов и операций, сопровождающихся выделением в воздушную среду комплекса химических компонентов. В настоящее время цинк получают из руд, основой которых являются минералы: сфалерит (ZnS), цинкит (ZnO), смидсонит – карбонат цинка ($ZnCO_3$), каломин ($Zn_2SiO_4 \cdot H_2O$) и некоторые другие (А.П.Снуриков 1992, Г.Н. Шиврин 1994, Б.Б. Кистяковский и соавт. 2004 и др.).

Поступающий на цинковые заводы концентрат загружается в бункера, из которых по транспортерам подается в сушильные барабанные печи, затем через разгрузочные камеры на измельчение в дисковые дробилки, после чего уже направляется в обжиговое отделение и с помощью ленточного или тарельчатого питателя загружается в печи для обжига. Концентраты, поступающие на цинковые заводы, обычно являются сульфидными и могут содержать ZnS , FeS , PbS , CuS , $CaCO_3$, SiO_2 , Al_2O_3 , CdS и другие. Задачей обжига является окисление сульфидов образованием окислов и сульфатов металлов.

Обжиг сульфида цинка происходит при температуре от 650 до 1000°C в присутствии кислорода по реакции: $2ZnS + 3O_2 \rightleftharpoons 2ZnO + 2SO_2$, $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$. При этом частично окись цинка связывается с сульфат-серным ангидридом $ZnO + SO_3 \rightleftharpoons ZnSO_4$. Высокие концентрации SO_2 и O_2 в обжиговых газах способствуют образованию и других сульфатов, которые окисляются до Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , PbO , CuO ,

CdO, и т.д. Свинец переходит также в PbSO₄, а окислы сурьмы и мышьяка частично окисляются до более тяжелых окислов.

Печь для обжига в «кипящем слое» представляет собой цилиндрическую шахту, под подину которой подается сжатый воздух. Загружаемый через форкамеры материал движется по поду печи в сторону разгрузочного отверстия и через 10-12 часов «сливается». Мелкие частицы пыли и газы (около 35% от загрузки) выходят через специальные отверстия в верхней части печи, оседая в циклонах, а затем в электрофилтрах. Готовый окарок проходит по шнекам или желобам, классифицируется и смешивается с обратным электролитом. Образующаяся при этом пульпа поступает в выщелачивательное отделение (рис. 1).

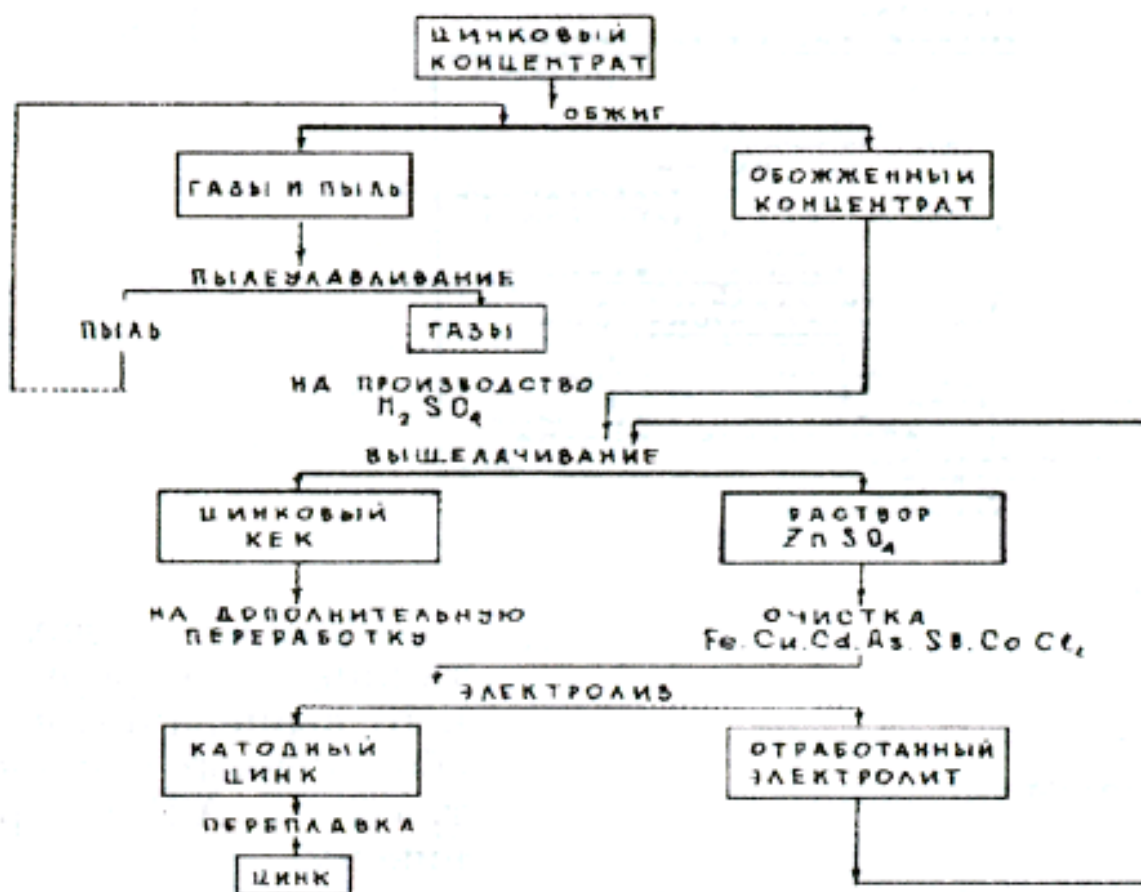
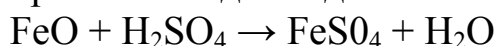


Рис. 1

В процессе обжига из печей выделяется большое количество избыточного тепла, которое на отечественных заводах отводится в котлы-утилизаторы или установки испарительного охлаждения и используется для получения пара. При нормальной эксплуатации уже в стояках, циклонах и газоходах улавливается около 95% выносимой с газо-

вым потоком пыли, а в 4,8% – в электрофильтрах (Л.К. Энгель, Б.М. Рудман, 1994).

Обоженный в печах «КС» огарок поступает в выщелачивательный цех, задачей которого является максимальное извлечение в раствор цинка и сопутствующих ценных металлов из обожженного огарка. При этом основным «рабочим» компонентом является серная кислота, т.к. все соединения цинка, за исключением неокисленного обжигом, способны реагировать с ней и давать водорастворимый сульфат цинка. Взаимодействуя с серной кислотой, соединения Fe, Pb, Si и др. также переходят в водорастворимые сульфаты или другие растворимые в воде соединения:



$\text{PbO} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{PbSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$. В связи с различием скоростей реакций окислов с серной кислотой происходит довольно быстрое выщелачивание ZnO, но сравнительно малое растворение примесей.

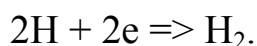
Почти все отечественные цинковые заводы и ряд крупнейших зарубежных заводов («Трейле» – Канада, «Грейт-фоллсе», «Анаконда» – США и др.) работают по непрерывной схеме двухстадийного противоточного выщелачивания, проводимого в две стадии: в первой – в растворе должен быть избыток H_2SO_4 для полного извлечения цинка, а во второй – для осаждения железа – нейтральный раствор. В первой стадии обожженный цинковый концентрат обрабатывают слабокислым раствором сульфата цинка, содержащего 3-5 г/л серной кислоты, а оставшееся количество цинка вторично выщелачивают отработанным электролитом с содержанием от 150 до 170 г/л Fe_2SO_4 ; затем раствор отделяют от осадка и направляют на нейтральное выщелачивание.

Так как при выщелачивании необходимо поддерживать содержащиеся в растворах твердые частицы во взвешенном состоянии, производят перемешивание пульпы при помощи пневматических (пачуков) или механических мешалок. Попутно из раствора удаляются соединения Pb, Fe, Cu, Sb, As и т.д.

Осветленный слив со сгустителей подается на очистку от примесей, а сгущенный нерастворимый осадок поступает на кислое выщелачивание; где смешивается с электролитом при температуре +50 – +60⁰С с содержанием до 60 г/л цинка. Из сгустителей нейтральной среды пульпа подается в сгустители кислой среды, а затем, предварительно подвергнувшись фильтрации и промывке, – на прессы.

Для дополнительного извлечения свинца, золота, серебра цинковый кек перед выводом предварительно промывают на рамных фильтрах периодического действия. Выпавший осадок отфильтровывают на фильтр-прессах, т.е. практически все основные технологические процессы выщелачивательных цехов связаны с использованием большого количества растворов, содержащих разнообразные химические компоненты. Очищенные растворы сернокислого цинка после выщелачивания направляются в электролизный цех. Основным технологическим оборудованием электролизных цехов являются электролизные ванны, в каждой из которых параллельно друг другу размещаются по 28-30 алюминиевых катодов и по 29-31 свинцовому аноду (иногда и более), опирающихся концами на продольные борты ванны. В каждом каскаде может быть от 20 до 30 ванн, а несколько каскадов объединяются в серии.

Поступающий на электролиз нейтральный раствор содержит ионы Zn^{+2} , SO_4^{-2} , H^+ , OH^- , при этом ионы цинка и водорода разряжаются на катоде по реакциям:



Практически же, чем меньше водорода выделяется на катоде вместе с цинком, тем выше выход цинка по току, поэтому осаждение цинка производят электролизом кислых растворов. При электролизе на свинцовом аноде процесс происходит следующим образом:



$Pb(SO_4)_2 + 2H_2O \rightleftharpoons PbO_2 + 2H_2SO_4$. Отечественные заводы в основном работают на режимах тока 400-600 а/м² и кислотностью от 110 до 150 г/л, оставляя в отработанном электролите около 40-60 г/л цинка, но на каждом заводе эти режимы отличны друг от друга. В процессе электролиза в растворах могут обнаруживаться не только $ZnSO_4$, $PbSO_4$, H_2SO_4 , HCl , но и PbO , CuO , Cl_2 , As , F , Sb и др. Для охлаждения растворов в ваннах устанавливаются плоские змеевики из алюминиевых трубок или оборудуются вакуумные испарительные установки (ВИУ).

Сдирка катодного цинка производится один раз в сутки. При помощи тельферного подъемника с захватывающим устройством одновременно из ванны вынимают по 10-15 катодов и вручную сдирают цинк. На отечественных заводах период наращивания цинка на катоде продолжается в основном около суток. Очистка анодов и ванн от

шлама также является трудоемкой, почти не механизированной операцией, но проводится она значительно реже. После сдирки цинка катоды проходят обработку на катодоочистительных машинах, а цинк направляется на переплав в плавильное отделение.

Все отечественные заводы оборудованы низкочастотными индукционными печами. Листы катодного цинка подаются в индукционные печи через загрузочные отверстия при помощи специальной загрузочной машины, а после расплавления цинк «вычерпывается» разливочным ковшом. Заводы СНГ оборудованы карусельными (УК СЦК, Челябинский, Лениногорский) или прямолинейными («Укрцинк» и др.) разливочными машинами. При разливке металла в изложницы на поверхности его образуется слой окислов («пенка»), удаление которой представляет собой тяжелую физическую операцию.

Таким образом, наблюдаемое разнообразие гидрометаллургических переделов с наличием сложных физико-химических реакций в условиях высокотемпературных процессов обжига, выщелачивания, электролиза и т.д. при агрессивности электролитных растворов, большого количества взгонов и при конструктивном несовершенстве оборудования способно создавать специфические условия труда работающих на цинковых заводах.

2.2. Условия труда рабочих на цинковых заводах

Вопросам технологии, охраны труда и техники безопасности на цинковых заводах посвящено значительное количество литературных источников (В.Н.Любченко 1983; Е.Г.Легостаева 1989, 1990; Н.Ф. Измеров 1993; Baranski B., Robinson M.F,2002. Oracka J.2003; Manifold B.D., 2004; Littorin G.G. et al. 2006; Viotery J.,Norin H ., et. al. 2005 и др.) Однако, литературные данные, касающиеся гигиенических исследований при гидрометаллургии цинка, весьма ограничены и освещают лишь отдельные вопросы.

Первые работы по гигиене труда при производстве цинка относятся к 1937 г.: проведены исследования в электролизных цехах заводов «Электроцинк» и Челябинском и обнаружено выделение в воздушную среду производственных помещений H_2SO_4 и $ZnSO_4$. При этом содержание H_2SO_4 на рабочих местах у электролизных ванн (при бездействии вентиляции) оказалось в пределах от 11,0 до 16,0 мг/см³, а сульфата цинка от 27,0 до 40 мг/м³. В холодный же период года в

воздушной среде центрального прохода концентрации H_2SO_4 равнялись $0,6 \text{ мг/м}^3$, а ZnSO_4 – $0,3 \text{ мг/ м}^3$. Однако авторы в своей работе не указывали, какие показатели они приводили (средние или максимальные) и не объясняли причин резкого улучшения гигиенической обстановки именно в зимнее время. Полученные данные указывали на неблагополучие воздушной среды при электролизе цинка, но, с нашей точки зрения, они вызывают и определенные сомнения. Прежде всего, основным продукт производства цинка – его окись – почему-то не был обнаружен. При наблюдаемой авторами кислотности электролитных растворов (100 г/л), их высокой температуре ($+48-55^\circ\text{C}$) и отсутствии местной вытяжной вентиляции следовало ожидать более значительных газовыделений в воздушную среду. Кроме того, отрицательные данные, полученные авторами при определении As, Sb и других компонентов, очевидно, можно объяснить несовершенством использованных методик, ссылок на которые они не приводят. При изучении метеорологических условий авторы наблюдали сравнительно невысокую относительную влажность (от 42 до 72%) и температуру воздуха на $2-3^\circ$ отличающуюся от наружной, а вопрос скоростей воздушных потоков вообще не затрагивался.

В тридцатые годы проводились гигиенические исследования также и на Беловском дистилляционном цинковом заводе в результате которых было обнаружено, что концентрации сернистого ангидрида в воздушной среде колебались в пределах от $3,0$ до $6,0 \text{ мг/м}^3$, а мышьяковистого водорода – от $0,1$ до $0,6 \text{ мг/м}^3$. В галереях же ленточных транспортеров было крайне высоким содержание пыли – от $23,7$ до $721,0 \text{ мг/м}^3$, свинца – от $1,0$ до $38,0 \text{ мг/м}^3$ и цинка – от $3,09$ до $7,26 \text{ мг/м}^3$.

При изучении метеорологических условий отмечалась невысокая относительную влажность (от 22 до 52%) лишь у питателей и нижней площадки 62-78%. Температура воздуха колебалась в пределах от $+19,4$ до $+24^\circ\text{C}$ и только в теплый период года при температуре наружного воздуха $+32^\circ\text{C}$ – значительно повышалась и в цехах от $+34^\circ$ до $+41^\circ\text{C}$. Однако в связи с тем, что в нашей стране все основные отечественные заводы по производству цинка имеют гидрометаллургический цикл, в дальнейшем условий труда при дистилляционном способе мы касаться не будем.

На протяжении последующих лет на цинковых заводах усовершенствовалась технология, внедрялось новое, более современное оборудование, механизировались и автоматизировались разнообраз-

ные операции и, наконец, строились новые предприятия, а углубленное изучение условий труда рабочих на них фактически не проводилось. Лишь в семидесятых годах вновь начались выборочные исследования на цинковых заводах городов Усть-Каменогорска и Орджоникидзе.

Исследования, проведенные в обжиговом цехе завода «Электроцинк», показали, что средние концентрации пыли в воздушной среде производственных помещений были весьма высокими (от 19,4 до 135,9 мг/м³). Наибольшее ее содержание отмечалось при разгрузке огарка из печей «КС» (107,2 и 135,9 мг/м³). Значительные концентрации окиси цинка определялись при очистке желобов и выпуске пыли (13,5 мг/м³), количество сернистого ангидрида у печей «КС» на разгрузке огарка оказалось минимальным (0,033 – 0,039 мг/м³), что вызывает некоторую неясность, т.к. в процессе обжига в печах «КС» образуется большое количество SO₂, который через неплотности в своде печей, форкамер и смотровые окна способен проникать в производственные помещения. Б.Т.Величковский (1987) отмечает также, что на ряде участков обжигового цеха имели место высокая температура воздуха и повышенная относительная влажность (конкретные цифры автором не приводятся).

В воздушной среде выщелачивательного цеха на участке фильтрпрессов завода «Электроцинк», по данным М.Х. Чеджемовой (1978) и В.И.Давыдовой (2005), были обнаружены соединения цинка, пары серной кислоты, мышьяковистый водород, свинец и др. На незначительное содержание в воздушной среде электролизного цеха этого завода пыли и паров H₂SO₄ и HCl еще ранее указывал и А.И.Бурханов (1988), однако цифровых показателей авторы не приводят. В 1975 г. Ф.М. Фидельман обнаружила в воздушной среде производственных помещений Челябинского цинкового завода наличие значительных количеств свинца, а также ртути, содержание которой было в основном ниже ПДК и в обжиговом цехе колебалось в пределах от 0,002 до 0,056 мг/м³, а в электролизном – от 0,0016 до 0,017 мг/м³. Однако Ф.М. Фидельман не указывает, при каких условиях и на каких рабочих местах производился отбор проб воздуха, не приводится описание технологической схема.

С.Р. Дихтяр и соавторы (1982) в электролизном цехе завода «Электроцинк» наблюдали резкие перепады температуры воздуха. Так, в плавильном отделении в холодный период года на расстоянии 3 м от печей температура равнялась +5,6°С, а на рабочем месте плавильщиков +30°С. Скорость движения воздуха у электролизных ванн

находилась в пределах 0,4-0,5 м/сек, а относительная влажность составляла около 70%. Загрязненность воздушной среды соединениями цинка, свинца и сернистым ангидридом в ряде случаев превышала предельно допустимые концентрации.

В.А. Бенедиктов (1989) обнаружил в воздушной среде обжигового цеха УК СЦК SO_2 , содержание которого колебалось в пределах от 6,0 до 19,6 мг/м³, ZnSO_4 – от 16,7 до 98,0 мг/м³, пыли – от 2,6 до 84,6 мг/м³, а свинца до 4,0 мг/м³. В выщелачивательном отделении концентрации H_2SO_4 достигали 28,8 мг/м³, ZnSO_4 – 50,0 мг/м³, HF и AsH_3 – 0,49 и 0,47 мг/м³ соответственно. В электролизном отделении среднее содержание в воздухе H_2SO_4 было 25,3 мг/м³, а ZnSO_4 – 83,4 мг/м³. На ряде технологических участков автор отмечает и наличие неблагоприятных метеорологических условий, както: высокая относительная влажность (до 80-92%) и температура воздуха (до + 30°C).

Г.Е. Пятаев и В.А. Бенедиктов (1989) обнаружили, что у электролизных ванн при взрывах гремучего газа интенсивность импульсного шума может достигать 120-155 ДБ с максимальной длительностью 0,003 секунд и частотой колебаний 330-8000 Гц. Кроме того, авторы наблюдали наличие электромагнитных полей на уровне 150-200 эрстед, но, как и импульсный шум при производстве цинка, это наблюдалось редко и только непосредственно у электролизных ванн.

А.Д. Абдуазимов (1989), изучая состояние воздушной среды в электролизном цехе Челябинского цинкового завода, получила иные результаты: 2,1 мг/м³ – хлора, 1,8 мг/м³ – серной кислоты, 0,8 мг/м³ – цинка, 0,14 мг/м³ свинца. Однако из приведенных данных остается неясным, почему содержание основных компонентов, в частности цинка и H_2SO_4 , менее значительно, чем хлора, являющегося в процессе электролиза только побочным продуктом.

Мощность пылегазовыделений в процессе работы цинковых и свинцово-цинковых предприятий наглядно представлена в исследованиях Бициева, И. Б. (1989). Так, автором было установлено, что ежедневно в атмосферу поступает более 500 тонн сернистого ангидрида, 25 тонн пыли, 9 тонн цинка и 3 тонны свинца, а содержание SO_2 , в производственных помещениях в 2,9-7,0 раз превышало предельно допустимые нормативы.

Г.Ф. Лугай и А.Г. Марченко (1998), изучая гигиеническую обстановку на цинковом (правда, дистилляционном) Беловском заводе, также наблюдали неблагоприятные условия труда рабочих. Так, концентрации пыли в воздушной среде достигали 125-130 мг/м³ (от 40,7

до 64,1 мг/м³ в среднем). Превышение ПДК по сернистому ангидриду было в 2,9-7,0 раз, а содержание свинца определялось на уровне 0,05-0,07 мг.

Р.А. Нищий (1987), проводя исследования на цинковых заводах ЛПК и УК СЦК, показал, что содержание пыли в воздухе печных отделений достигало 78,45 мг/м³. при дроблении – 86,9 мг/м³, а при перешихтовке грейферным краном даже до 125 мг/м³. Значительно выше ПДК были и концентрации SO₂, ZnSO₄ (от 13,6 до 16,8 мг/м³).

По данным Dun B.J., Blaiz D.Dominant(1996), в зоне дыхания работающих на цинковом металлургическом заводе концентрации окиси цинка были в пределах 0,16-1.84 мг/м³, свинца – 0.04-0,7 мг/м³, кадмия – 0,01 мг/м³; а Plan A.Y.S., Kennedu Ch (1999) обнаружил в воздушной среде до 2,44-7.13 мг/м³ окиси цинка.

Что касается характеристики трудовых процессов рабочих при производстве цинка, то этот вопрос на заводе «Электроцинк» изучался С.Р. Дихтяр. П.А. Колмаковой, К.Н. Кулаевой и др. (1964), С.Р. Дихтяр (1969), О.Н. Гурциевым (1972). С.Р. Дихтяр, М.Д. Дигоевой и соавторами (1972) и др. Результаты данных исследований показали, что на долю физического труда, выполняемого рабочими в течение смены, приходилось от 40 до 90%. Наиболее интенсивные физические нагрузки падали на профессии печевых, плавильщиков, фильтрпрессовщиков, агитаторщиков, анодчиков, катодчиков и др. Так, по данным Г.В. Варзиевой (1970), катодчик затрачивал энергии 1800-2700 кал. за 6 часов, что позволяло отнести данную профессию к категории рабочих с тяжелым физическим трудом.

Как указывает Е.Г. Легостаева (1989, 1990); М.А. Казимов, (1997), 50% рабочего времени катодчик затрачивал на сдирку катодного цинка, 8,5% – на зачистку контактов, 6% – на подъем катодов, 4,6% – на промывание ванн и 30% – на прочие работы, в том числе на опускание катодов, установление их в ванны и т.д. Фильтрпрессовщики, по данным Рахимов, М. Т.(1976) затрачивали на разборку прессов от 5,8 до 36,1% рабочей смены, на сборку прессов – от 5 до 43,5%, на раскладку полотен – от 2 до 16,8%, на операции по промывке полотен – от 2 до 22,5%, и т.д. То есть фактически рабочие данных (да и некоторых других) профессий на протяжении смены вынуждены заниматься интенсивным физическим трудом. Физический труд используется и при выполнении целого ряда других работ, как-то: чистка котлов, бункеров, сгустителей, желобов, шнеков, съём «пенки», производство разнообразных ремонтных работ и т.д.

То есть условия труда рабочих на цинковых заводах в семидесятих годах и ранее оказались весьма неблагоприятными. Однако и по данным литературы девяностых годов, существенного улучшения гигиенической обстановки не наблюдалось. Так, Р.А. Нищий (1989), а также А.В. Рошин и соавт. (1992) показали, что среднее содержание пыли в воздушной среде на печной площадке и на участке сепараторов классификации огарка было около 14 мг/м^3 , на складе концентратов - до $6,42 \text{ мг/м}^3$, а при выгрузке цинковой пыли - до $91,6-97,8 \text{ мг/м}^3$.

На высокое содержание пыли, цинка, свинца, сернистого ангидрида, мышьяка, хлора и серной кислоты при производстве цинка указывали и Б.А. Крутоногий с соавторами (1989). По этим данным отмечены и неблагоприятные метеоусловия. Так, температура воздуха на рабочих местах у газоходов, циклонов, форкамер и смотровых окон обжиговых печей достигала $+38,2^\circ - +40,5^\circ \text{C}$, интенсивность теплоизлучений - от $2,1$ до $4,8 \text{ кал/см}^2/\text{мин}$, а относительная влажность воздуха на некоторых участках - от $76,0$ до $98,0\%$. В.Г. Седачев и Б.А. Неменко (1984) обнаружили в зоне дыхания рабочих обжигового отделения высокое содержание кадмия (от $3,5$ до $5,5 \text{ мг/м}^3$), а также цинка.

По данным Б.Г. Фейгина, А.А. Лукашева и Р.М. Балмахаевой (1985), концентрации окиси цинка в одном из обжиговых отделений достигали $6,7 \text{ мг/м}^3$. а в отделении выщелачивания - $1,33 \text{ мг/м}^3$, мышьяковистый и фтористый водород в $1,8-2,2$ раза превышали ПДК (ПДК - $0,3 \text{ мг/м}^3$), а в электролизном отделении дополнительно к этому обнаружены хлор и хлористый водород ($0,52-3,79 \text{ мг/м}^3$, а ПДК - $1,0 \text{ мг/м}^3$), сернистый ангидрид ($71,8-79,7 \text{ мг/м}^3$, ПДК - $20,0 \text{ мг/м}^3$). На неблагоприятную гигиеническую обстановку фактически во всех цехах гидрометаллургического производства цинка указывали также Р.А. Нищий и соавторы (1989), С.И. Тезиева и Е.Г. Легостаева (1989), Э.Г. Плотко и соавторы (1990), Р.А. Нищий (1993) и другие.

Таким образом, вышеизложенные данные указывали на весьма неблагоприятную гигиеническую обстановку, способную оказывать отрицательное влияние на состояние здоровья работающих. А так как литературные данные оказались крайне ограниченными, выборочными и не охватывали всего технологического процесса гидрометаллургического производства цинка, ниже мы постараемся более подробно изложить результаты исследований, полученных в 1994-2004 гг. совместно с сотрудниками Усть-Каменогорского отдела НИИ гигиены и профзаболеваний на различных цинковых заводах.

2.2.1. Обжиговые цеха

Разнообразное технологическое оборудование обжиговых цехов является мощным источником пылегазовыделений, которые условно можно разделить на две группы: 1) пыль концентратов (участки склада питателей, транспортеров, дробилок); 2) пыль обжига и сернистый ангидрид (в отделениях сушильных барабанов и печей «КС»).

Проведенные исследования показали, что поступающий концентрат, являющийся исходным продуктом всего производства, имеет сложный химический состав, содержащий (в %) Zn – 45-60; S – 29-35; Fe – 6-12; Pb – 0,5-4,0; Си – 0,1-2,0; Са – 0,5-1,0; Мп – 0,2-1,0; As – 0,01-0,4; Sb – 0,01-0,3; Si – 0,4-2,0; Cd – 0,1-0,6 и др. Процентное соотношение химических компонентов может в значительной степени варьироваться в зависимости от месторождений, с которых поступают цинковые концентраты. Например, содержание Zn в концентратах Консайского месторождения 48,6%, Садонского – 63%, а содержание Pb в Алтынтопканском месторождении достигает 4,0%, в Красноуральском всего 0,34%.

Так, изучение воздушной среды в складе концентратов УК СЦК показало, что среднемесячное содержание пыли в холодный период года находилось в пределах 1,76-6,42 мг/м³, а на площадках питателей в среднем 13,6 мг/м³ (табл. 1). В отделении сушильных барабанов концентрации пыли в воздушной среде оказались уже более высокими. Так, у мест пересыпки концентратов на транспортер среднесуточное содержание ее равнялось 18,4 мг/м³, а у разгрузочной точки сушильного барабана – 34,7 мг/м³. Причем, если в процессе выгрузки продолжительностью 10-15 мин. содержание пыли повышалось до 48,25 мг/м³, то через 20 мин после ее окончания снижалось до 0,77 мг/м³.

Таблица 1. Содержание пыли в воздушной среде производственных помещений склада концентратов, отделений сушильных барабанов и дробильного (мг/м³)

Наименование точек отбора проб		Периоды года			
		теплый		холодный	
		n	M ± m	n	M ± m
I. Склад концентратов					
а)	на площадке обогрева концентрата	18	<u>1,67±0.11</u> 0.7- 2.5	18	<u>0.89 ±0.05</u> 0.5 – 1.9 P < 0.001
б)	на рабочей площадке при разгрузке концентрата	18	<u>6.42 ±0.51</u> 1,9-9.8	18	<u>4.16 + 0.42</u> 1,1 – 7.6 P < 0.01
в)	на площадке питателей	18	<u>13.6 ± 1.01</u> 0.4 – 16.0	18	<u>10.3 ±0.87</u> 1.3- 14.8 P < 0,05
II. Отделение сушильных барабанов					
а)	у разгрузочной точки из сушильного барабана	18	<u>34.7±6.18</u> 0.8-48.2	18	<u>23. 5 ±4. 61</u> 2.2 – 47.3 P < 0,05
б)	место пересыпки на транспортер с питателей	16	<u>18.4 + 2,92</u> 0.9 – 42,2	16	<u>12.0 ±2.01</u> 0.6 – 29.1 P < 0.05
в)	при загрузке концентрата в сушильный барабан	16	<u>27. 9 ±3.46</u> 2.0 – 50,9	16	<u>28,1 +3.01</u> 3.8 – 46.4 P > 0.05
III. Дробильное отделение					
а)	у подачи концентрата на щековые дробилки	18	<u>23,4 ± 2.15</u> 1,3- 34.6	18	<u>0.8 ± 1.76</u> 4.6- 31.9 P > 0.05
б)	на рабочей площадке дисковых дробилок	18	<u>24.5 ± 5.53</u> 1,5-46.9	18	<u>26.4 ± 3.02</u> 2,4 – 39,0 P<0.05
в)	при пересыпке концентрата с дробилок на транспортер	18	<u>29,6 ± 2.95</u> 2,3 – 48,8	18	<u>24.9 ±2.54</u> 3,5-42.8 P > 0,05

Примечание: в знаменателе приведены минимальные и максимальные концентрации.

Кроме того, на участке сушильных барабанов особое внимание обращала на себя окись цинка, концентрации которой даже при минимальных величинах намного превышали ПДК.

Содержание в воздушной среде SO_2 , CO , H_2S отличалось крайне нестабильностью и зависело как от точки отбора проб и расстояния от оборудования, так и непосредственно от выполнения технологических операций (табл. 2). На расстоянии 5-6 м от сушильных барабанов концентрации SO_2 равнялись $12,8 \text{ мг/м}^3$ и лишь незначительно изменялись при различных технологических операциях, а количество CO и H_2S было вообще ниже ПДК. В холодный период их содержание в воздушной среде несколько увеличивалось и уже в менее значительной степени зависело от технологического момента, что, очевидно, находилось в прямой зависимости от уменьшения циркуляции движения воздуха (закрыты фрамуги, ворота и т.д.). Это подтверждалось и при замерах скоростей движения воздуха: в теплый период года средние показатели равнялись $1,2 \text{ м/с}$, а в холодный период – $0,5-0,7 \text{ м/с}$ или вообще не определялись.

На дробильном участке через неплотности кожухов, отверстия у течек и транспортеров в зону дыхания работающих выделялось значительное количество пыли (см. табл. 1), а газовыделения также оказались минимальными. Следует отметить, что помещение дробилок не отапливается, и в зимний период температура на рабочих местах только на $3-5^0\text{C}$ отличалась от наружной.

Выделение в воздушную среду пыли, образующейся при обжиге, наблюдалось по всем основным технологическим переделам печных отделений и отделений классификации огарка (табл. 2). Причем до внедрения мероприятий на ряде участков концентрации ее значительно превышали предельно допустимые нормативы как в холодный, так и в теплый период года.

Повышенное содержание пыли отмечалось у мест загрузки концентрата в печь ($24,35 \text{ мг/м}^3$), на печной площадке ($32,97 \text{ мг/м}^3$), а также у бункеров котлов-утилизаторов. Но даже у идентичного оборудования на одних и тех же отметках концентрации пыли в ряде случаев существенно отличались друг от друга.

Таблица 2. Среднесменное содержание химических компонентов в воздушной среде участков сушильных барабанов при различных условиях отбора проб

Точки отбора проб	Определяемые компоненты (мг/м ³)									
	ZnO		SO ₂		CO		H ₂ S		n	M ± m
	n	M ± m	n	M ± m	n	M ± m	n	M ± m		
При загрузке концентрата в сушильный барабан	18	<u>26,9 ± 2,33</u> 6,3 – 42,8	18	<u>21,6 ± 1,32</u> 12,3-32,8	18	<u>10,4 ± 0,94</u> 7,2-21,8	18	<u>4,8 ± 0,42</u> 1,32-7,89	18	
	18	17,7 ± 1,22	18	12,7 ± 1,06	18	6,2 ± 0,36	18	1,24 + 0,08		
Во время суток (на высоте 1,5 метра от пола)		6,8-25,7		5,4-21,7		3,6-9,1		0,51 – 1,76		
	18	<u>22,6 ± 1,82</u> 4,1 -32,3	18	<u>28,5 ± 1,96</u> 11,9-42,3	18	<u>13,9 ± 1,03</u> 9,0 – 24,9	18	<u>7,20 ± 0,53</u> 4,11 – 12,30	18	
Во время сушки между барабанами	18	<u>19,4 ± 1,06</u> 7,6 – 24,0	18	<u>13,9 ± 0,42</u> 7,9- 16,2	18	<u>4,2 ± 0,33</u> 2,1 -7,3	18	<u>0,80 ± 0,05</u> 0,50- 1,21	18	
	18	<u>28,4 ± 1,19</u> 19,7-38,1	18	<u>14,8 ± 1,02</u> 8,1 -23,9	18	<u>3,84 ± 0,36</u> 2,4-6,9	18	<u>1,20 ± 0,07</u> 0,73- 1,80	18	
В центре участка (5 – 6 метров от барабана)	18	<u>7,8 ± 0,52</u> 4,2- 12,30	18	<u>12,8 ± 0,43</u> 8,9- 15,6	18	<u>2,4 ± 0,31</u> 0,8-5,7	18	<u>1,90 ± 0,14</u> 0,80-2,90	18	

Примечание: в знаменателе указываются минимальные и максимальные концентрации ПДК: ZnO – 0,5 мг/м³, SO₂ -10,0 мг/м³, CO – 20,0 мг/м³ H₂S – 10,0 мг/м³.

Например, на отметке 14 – у печей «КС», у загрузочного транспортера в зимний период содержание ее колебалось в пределах от 8,45 до 48,65 мг/м³ (среднесменное – 24,35 мг/м³), а на этой же отметке также между печами «КС», но у газоходов – от 6,14 до 14,13 мг/м³ (среднесменное 10,8 мг/м³). Как видно из табл. 3, существенную роль играли технологические этапы и расстояние от оборудования.

Исследования показали, что в зависимости от технологического этапа может изменяться как химический состав пыли, так и процентное соотношение определенных химических компонентов (табл. 3). Так, если в пыли концентратов содержится 31,2% серы, то при выделении из аэрохолодильников – всего 1,0%, а из циклонов – 4,4%.

Таблица 3. Содержание некоторых химических веществ в производственной пыли обжигового цеха ЛПК на технологических этапах (%)

Виды пыли	Химические вещества							Кол-во исслед.
	Zn	S	Fe	Pb	Си	SiO ₂	Cd	
Цинковый концентрат	54.4	31.2	5,8	1,8	0.9	1,1	0.2	12
Огарок из аэрохолодильника	65.4	1.0	6,6	2,0	0,6	1,4	н/об	12
Пыль из катлов-утилизаторов	58.6	3,6	9.0	2,8	1.5	2.0	н/об	12
Пыль циклонов	54,6	4.4	8,8	2.8	1,6	1,7	н/об	12
Классифицированный огарок	56.6	3,6	7.5	2.6	1.2	н/об	0,3	12

Концентрации одних и тех же химических веществ в обжиговом цехе в значительной степени зависели от места размещения технологического оборудования, его специфики и высоты перекрытий. Например, содержание цинка на отметке 20,0 м в среднем равнялось 2,23 мг/ м³, а на отметке 6,0 м – уже 18,77 мг/м³ (табл. 4). Количество свинца, наоборот, оказалось более низким на нижней отметке (0,61 мг/м³) и более высоким на 20,0 м отметке – (1,16 мг/м³), что прежде всего связано с возгонами свинца, образующимися при высоких температурах обжига и поступающими преимущественно в верхние слои воздуха.

Таблица 4. Содержание химических элементов в воздушной среде производственных помещений обжигового цеха

Точки отбора проб	Исследуемые компоненты											
	ZnO			ZnSO ₄			PbO			SO ₂		
	n	M ± m		n	M ± m		n	M ± m		n	M ± m	
При загрузке концентратов в печи "КС". Отметка +20	12	3,23 ± 0,24		12	5,51 ± 0,23		12	0,82 ± 0,03		12	59,1 ± 3,61	
		2,16 ± 0,23 P<0,01			3,89 ± 0,17 P<0,01			0,12 ± 0,01 P<0,001			11,4 ± 0,44 P<0,001	
На площадке в 5 м от печей "КС". Отметка + 11	12	4,48 ± 0,35		12	7,33 ± 0,40		12	0,43 ± 0,02		12	49,9 ± 2,17	
		4,25 ± 0,35 P<0,05			5,12 ± 0,30 P<0,01			0,06 ± 0,01 P<0,001			6,3 ± 0,10 P<0,001	
На печной площадке. Отметка +6,0	12	18,77 ± 1,25		12	35,66 ± 0,91		12	0,61 ± 0,01		12	21,5 ± 0,74	
		7,90 ± 0,38 P<0,001			4,43 ± 0,31 P<0,001			0,27 ± 0,01 P<0,001			7,2 ± 0,24 P<0,001	
У бункеров котлов-утилизаторов, Отметка +2,30	12	25,83 ± 1,01		12	23,92 ± 0,54		12	1,12 ± 0,05		12	58,7 ± 1,92	
		11,54 ± 0,34 P<0,001			5,64 ± 0,40 P<0,001			0,34 ± 0,01 P<0,001			8,6 ± 0,53 P<0,01	
На площадке сепараторов	12	26,86 ± 0,38		12	25,56 ± 2,06		12	1,01 ± 0,06		12	3,8 ± 0,12	
		9,31 ± 0,96 P<0,001			11,80 ± 0,49 P<0,001			0,35 ± 0,04 P<0,001			4,2 ± 0,08 P>0,05	
У шаровых мельниц	12	7,62 ± 0,48		12	12,76 ± 0,89		12	0,78 ± 0,04		12	6,4 ± 0,10	
		4,10 ± 0,32 P<0,001			7,70 ± 0,61 P<0,01			0,24 ± 0,01 P<0,001			2,3 ± 0,34 P<0,001	

Примечание: в числителе – до внедрения мероприятий, в знаменателе – после внедрения мероприятий. (ПДК: PbO – 0,01 мг/м³, ZnO – 0,5 мг/м³, SO₂- 20,0 мг/м³).

Обращает на себя внимание и более высокое содержание сульфата цинка по сравнению с его окисью на заводах ЛПК и УК СЦК, что объясняется соединением значительных количеств цинка с сернистым ангидридом, образующимся в больших количествах при высокотемпературных процессах в печах «КС». Идентичная картина отмечена и по сульфату свинца. Существенным моментом оказалась и зависимость концентраций химических компонентов от вида производственного оборудования и технологических режимов.

Так, до внедрения оздоровительных мероприятий у сепараторов, где в результате постоянного движения мелкодисперсного «огарка» – «сепарации» – частицы пыли при отсутствии качественной герметизации в значительных количествах выделялись в окружающую воздушную среду, среднее содержание окиси цинка равнялось $26,86 \text{ мг/м}^3$, а окиси свинца – $2,31 \text{ мг/м}^3$. В то же время у шаровых мельниц, обеспеченных укрытиями, ZnO – $7,62 \text{ мг/м}^3$, а РЬО – $0,78 \text{ мг/м}^3$. Зависимость содержания того или иного компонента от нарушений технологического режима наиболее четко отмечена по SO_2 . Например, когда серноокислотный цех не справлялся с забором отходящих от печей «КС» газов, концентрации SO_2 в воздухе возрастали до $111,3 \text{ мг/м}^3$ (1-2 раза в месяц на протяжении 2-3 часов).

На изменение содержания SO_2 влияло и время года – в теплый период концентрации его в зоне дыхания работающих по сравнению с холодным снижались в 2-3 раза. Определенные колебания были обнаружены и в зависимости от времени суток, направления ветра, относительной влажности и температуры наружного воздуха.

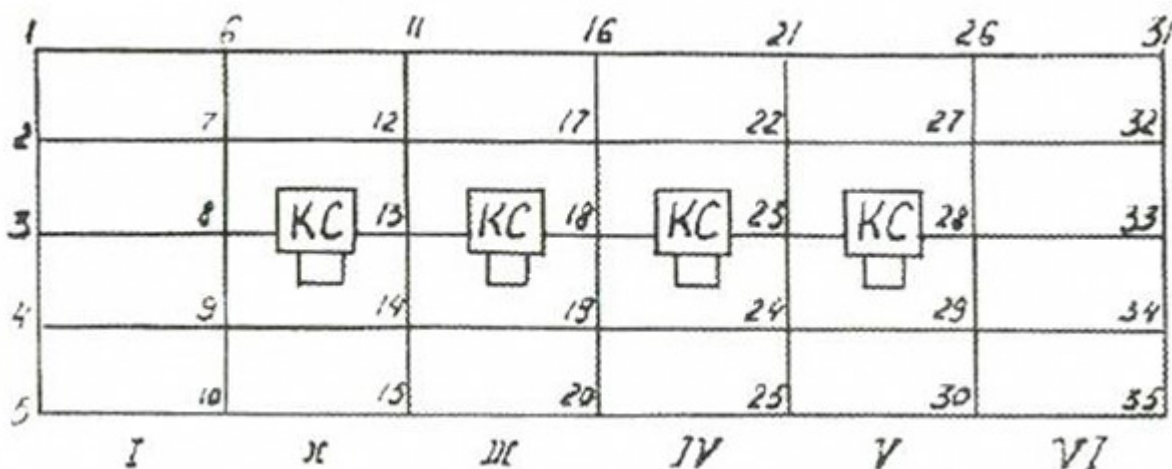
Однако ряд выявленных закономерностей касался в основном отдельных рабочих мест и не мог дать общей картины распределения пыли и газов в атмосфере обжиговых цехов, образующихся в результате работы сложного оборудования при высоких температурах, где постоянно происходят разнообразные физико-химические процессы. С этой целью была составлена дополнительная схема обследования, по которой один из цехов как бы разбивался на 6 равных зон, в центрах которых находились печи обжига; в точках скрещивания линий (в данном случае их оказалось 35) и проводились исследования (рис. 2). Пробы отбирались на пяти частичных перекрытиях цеха – «отметках» – на пыль и сернистый ангидрид на протяжении 6 часов в день при различных режимах работы основного оборудования в теплый период года.

Анализ полученных данных показал, что на 1-й отметке (2,30 м) над уровнем пола концентрации пыли и газов в воздушной среде были весьма незначительными и, за исключением аварийных ситуаций, не превышали ПДК. На третьей отметке (11,0 м) уже наблюдалось значительное нарастание их содержания (табл. 5).

Таблица 5. Выборочные данные исследования воздушной среды обжигового цеха на точках с наиболее высокими концентрациями пыли и газов

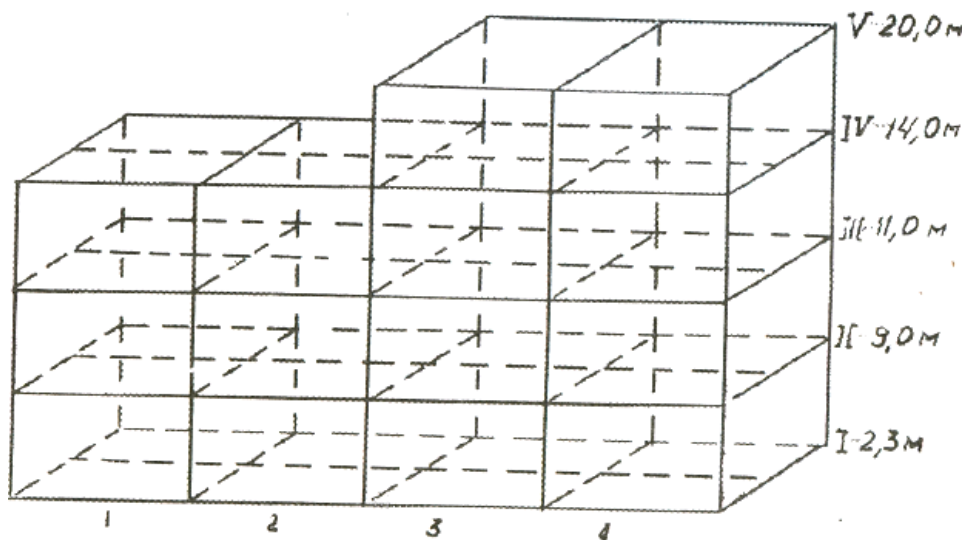
Точки отбора проб	Исследуемые компоненты (мг/м ³)			
	пыль		сернистым ангидрид	
	n	M ±m	n	M±m
I отметка				
№ 16	18	8,6 ±0,3	18	3,1 ±0,3
№ 17	18	12,5 ±0,5	18	2,4 ±0,4
№ 18	18	11,6 ±1,9	18	3,0 ±0,4
№ 19	18	10,2 ±0,7	18	3,4 ±0,3
№20	18	9,7 ±0,6	18	2,2 ±0,02
III отметка				
№ 16	18	15,8 ±0,6	18	22,7 ±0,8
№ 17	18	30,6 ±0,1	18	36,8 ±0,1
№ 18	18	48,8 ±0,5	18	57,3 ±0,7
№ 19	18	31,4 ±0,1	18	39,5 ±0,1
№20	18	16,4 ±0,7	18	18,7 ±0,7
IV отметка				
№ 16	18	17,8 ±0,8	18	25,6 ±0,8
№ 17	18	41,2 ±0,1	18	50,8 ±0,1
№ 18	18	67,3 ± 1,1	18	91,2 ± 1,6
№ 19	18	42,8 ±0,1	18	51,9 ±0,3
№20	18	21,7 ±0,7	18	23,6 ±0,9
V отметка				
№ 16	18	14,6 ±0,6	18	34,5 ±0,9
№ 17	18	29,9 ±0,1	18	69,3 ±1,1
№ 18	18	36,1 ±0,3	18	114,0 ±3,5
№ 19	18	30,5 ±0,2	18	71,6 ±1,3
№ 20	18	16,5 ±0,7	18	28,0 ±0,8

На рис. 2 дана схема разбивки рабочей площадки печного отделения для проведения отбора проб. КС – обозначение размещения печей "КС" I-VI – условные зоны разбивки 1-35 – точки отбора проб



а)

Рис. 2. Схематичный разрез печного отделения по уровням (а) ("отметкам"), на которых производился забор проб: 1, 2, 3, 4... – условные зоны разбивки; I-VI – рабочие "отметки" – высота (б) над уровнем пола)



б)

При этом, если на точках 1-5 и 31-35 концентрации пыли и газов почти не превышали предельно допустимых, то на точках 6-10 и 26-30 они уже были значительными. На точках же 8 и 21, несмотря на их близкое расположение к печам, содержание пыли и SO_2 оказалось невысоким. Наибольшее же количество пыли и газов зафиксировано на точках 16, 17, 18 – между двумя центральными печами «КС».

Интересна обнаруженная стабильность полученных результатов на точках 17,19, где, независимо от технологических процессов, остановки некоторых агрегатов и других факторов, минимальные и максимальные количества пыли и SO₂ почти не отличались друг от друга. Подобное явление имело место и на точках 12, 14, 22, 24, где образовывался как бы «стабильный пылегазовый пояс». В точке 18 (между второй и третьей печами «КС») практически на всех отметках концентрации пыли и газов были наиболее высокими.

Проведенные исследования позволили выделить характерные «пылегазовые» зоны, что может сыграть положительную роль при проектировании вытяжной вентиляции. Однако для объяснения полученных данных необходимо было попытаться увязать их с метеорологическими условиями, так как при обжиге концентратов мы имеем дело, с одной стороны, – с мощными источниками тепловыделений, а с другой – с большими количествами поступающего в цех наружного воздуха (через аэрационные фонари, фрамуги, дверные проемы).

При исследовании теплоизлучений оказалось, что они достигали значительных величин только у печей «КС» и их газоходных систем и фактически не зависели от времени года. А вот скорости воздушных потоков и температура воздуха (табл. 6) в зимний период значительно повышались, достигая у газоходных систем и циклонов 1,4 м /с (летом 0,7 м/с), что можно увязать с большей разностью температур наружного и внутреннего воздуха. Проведение исследований по отметкам показало, что на первой из них (2,30 м), где зафиксированы минимальные концентрации пыли и газов, температура воздуха и скорости воздушных потоков были незначительными и довольно стабильными (табл. 6). На четвертой отметке (14,0 м), где концентрации пыли достигали 67,3 мг/м³ в среднем, а сернистого ангидрида – до 91,6 мг/м³, температура повышалась уже до ± 34,8⁰С. а скорости движения воздуха до 1,6 м/сек.

По-видимому, наличие высоких температур обуславливало повышенную подвижность воздуха, особенно между печами “КС” по «восходящему типу», увлекающему за собой пыль и газы, выделяемые от технологического оборудования, и тем самым способствовало увеличению запыленности воздушной среды определенных участков. Некоторое снижение содержания пыли в верхней зоне при дальнейшем нарастании содержания газов, очевидно, можно связать с удель-

ным весом пылевых частиц, способных к более быстрому оседанию. Большое количество пыли и газов в зоне между 2-й и 3-й печами обуславливалось, по-видимому, также и конструктивными особенностями – наличием проемов в перекрытиях и компоновочными решениями размещения основного оборудования – 4 печи в один ряд. Производственный шум, а также вибрация не являются характерными для процессов обжига и, как показали исследования, во всех случаях находились в допустимых пределах.

Таблица 6. Данные замеров метеорологических условий по печному отделению обжигового цеха (теплый период года)

Место проведения замеров	Температура воздуха (°C)		Скорость движения воздуха (м/с)	
	n	M ±m	n	M±m
Отметка 2-й (30 м)				
Между 1-й и 2-й печами	12	14,2 ±0,8	12	-
Между 2-й и 3-й печами	12	15,6 ±0,7	12	-
Между 3-й и 4-й печами	12	15,4 ±0,7	18	-
В торцах пролета	12	13,0 ±0,6	12	-
9-я отметка (9,0 м)				
Между 1-й и 2-й печами	12	17,5 ±0,6	12	0,5 ±0,04
Между 2-й и 3-й печами	12	22,8 ±0,8	12	0,6 ±0,05
Между 3-й и 4-й печами	12	24,2 ±0,8	12	1,0 ±0,05
В проходах между печами и стеной	12	21,6 ± 1,1	12	0,7 ±0,05
а) в торцах пролета	12	17,3 ±0,6	12	0,5 ± 0,04
14-я отметка (14,0)				
Между 1-й и 2-й печами	12	19,2 ±0,9	12	0,5 ±0,05
Между 2-й и 3-й печами	12	25.2 ±1.4	12	0,7 ±0,06
Между 3-й и 4-й печами	12	34,6 ±1,3	12	1,6 ±0,06
В проходах между печами п стеной	12	32,5 ± 1.3	12	1, 1 ± 0,08
а) в торцах пролета	12	17,4 ±1,2	12	0,5 ±0,04
20-я отметка (20 м)				
Между 1-й и 2-й печами	12	16,5 ± 1,1	12	0,7 ±0,05
Между 2-й и 3-й печами	12	24,8 ± 1,3	12	1,4 ±0,05
Между 3-й и 4-й печами	12	33.6 ±1.4	12	2,5 ±0,06
В проходах между печами п стеной	12	29,7 + 1,4	12	2,3 ±0,07
а) в торцах пролета	12	15,2 ±0,8	12	1,7 ±0,06

Кроме того, заканчивая описание данного раздела, следует отметить, что все процессы подачи и обжига концентратов механизированы. Основная деятельность рабочих заключается в контроле и регулировке приборов управления (кроме крановщиков мостовых и грейферных кранов). Однако при ремонтных работах питателей, транспортеров, сушильных барабанов, дробилок, печей «КС», шнеков и т.д., при забивании течек, бункеров, шнеков используется интенсивный физический труд с применением лопат, ломов, скребков и т.д. В среднем на ремонтные работы затрачивается около 186 человеко-часов в месяц, а на аварийные ситуации – около 78 человеко-часов, т.е. в среднем каждый рабочий 6-8 часов в месяц занимается выполнением физических операций.

Таким образом, результаты гигиенических исследований, проведенных на одном из наиболее современных цинковых заводов, показали, что условия труда рабочих являются все еще неблагоприятными. В воздушную среду производственных помещений поступает большое количество пылегазовыделений, основными из которых являются полиметаллическая пыль со сложным химическим составом (Zn, Fe, Pb, S, Cu, Si, As, Sb и др.) и сернистый ангидрид. Концентрации пыли и газов на многих технологических участках значительно превышали ПДК. Дополнительно к пылегазовыделениям на организм работающих воздействуют и неблагоприятные метеорологические факторы: температура воздуха и теплоизлучения. А выполнение производственных операций периодически сопровождается применением интенсивного физического труда работающих.

Гигиенические исследования, проведенные на Лениногорском цинковом заводе, последнем из построенных на территории СНГ, показали, что условия труда рабочих при процессах подготовки и обжига концентратов оказались весьма неблагоприятными. Однако необходимо было выяснить, является ли обнаруженная обстановка характерной вообще для гидрометаллургии цинка, в чем общность и специфические особенности отдельных производств, каково воздействие на окружающую среду разнообразных технологических усовершенствований и оборудования.

Гигиеническое изучение, проведенное в складах концентратов различных заводов в девяностые годы, показало, что между ними наблюдались существенные различия, как в отношении загрязненности

воздушной среды пылью и газами, так и в непостоянстве метеорологических условий. На УК СЦК, Челябинском и Алмалыкском заводах среднее содержание пыли в зоне дыхания работающих у питателей было в пределах от 12,9 до 17,4 мг/м³, а вот на «Укрцинке» всего 6,7 мг/м³, что было связано с конструкцией узла подачи концентратов, где более рационально решена компоновка оборудования, а также типом самих питателей – ленточных. Подобные питатели установлены также на заводах УК СЦК (2-м) и Челябинском.

Участки загрузки концентрата на решетки питателей не имели местной вытяжной вентиляции (ни на одном заводе), хотя оборудование ее не представляло особых затруднений. Наибольшее (среднее) содержание пыли в воздушной среде наблюдалось при перешихтовке дроссов: от 67,3 на УК СЦК до 85,1 мг/м³ на «Укрцинке». В то же время на Челябинском заводе при данной операции среднесменное количество пыли равнялось 6,2 мг/м³, что являлось следствием подачи дроссов в концентраты в виде жидкой пульпы.

Сравнительная оценка условий труда в отделениях сушильных барабанов также показала их существенные различия. Так, среднее содержание пыли у разгрузочных течек барабанов завода «Электроцинк» равнялось 21,4 мг/м³, на УК СЦК (1-м) – 46,8 мг/м³, а на Алмалыкском – 51,1 мг/м³. Сушильные барабаны на УК СЦК (1-м) размещены в старом помещении с недостаточными площадями и при отсутствии эффективного воздухообмена (фрамужные устройства и фанари не открывались, механическая приточно-вытяжная вентиляция не оборудована). Метеорологические условия в отделениях сушильных барабанов незначительно отличались друг от друга, за исключением температуры воздуха, которая на заводах, расположенных в районах теплого климата, была более высокой (в среднем на 8-10°С).

Содержание пыли в воздушной среде дробильных участков, также за исключением заводов УК СЦК (2-й) и «Укрцинк», оказалось высоким и в среднем варьировало в пределах от 18,7 до 49,4 мг/м³. Конструктивные же особенности применяемых «щековых» или «дисковых» дробилок не предусматривали полной герметизации оборудования, а имеющиеся устройства местной вытяжной вентиляции не давали должного эффекта. Незначительные концентрации пыли на идентичных участках заводов «Укрцинк» и втором Усть-Каменогорском объяснялись поступлением в дробилки влажного

концентрата (из-за отсутствия отделений сушильных барабанов). На втором цинковом производстве УК СЦК и на «Укрцинке» была оборудована местная вытяжная вентиляция на основных пересылках. Метеорологические условия на неотапливаемых участках дробления и галереях транспортеров обжиговых цехов незначительно отличались от внешних климатических факторов на всех заводах.

Содержание пыли и газов непосредственно в обжиговых отделениях изучаемых заводов было весьма высоким, но на заводах «Укрцинк», «Электроцинк» эта концентрация оказалась незначительной (табл. 7). На Лениногорском и Алмалыкском – наиболее высоким, т.к. эти цеха оборудованы печами большей мощности и расположены в закрытых помещениях, что для Алмалыкского завода, расположенного в зоне теплого климата, не рационально. На 2-м УК СЦК были построены печи «КС-ТС» еще большей мощности, но с термосифонами, позволившими снизить температуру механически выносимых из реакционной зоны твердых частиц и отходящих газов, что создало условия для естественной сепарации, сократило объемы газов, поступающих на фильтрацию, уменьшило забивание газоходов, циклонов и т.д. При этом концентрации пыли и газов в воздушной среде снизились почти в 2 раза.

На «Электроцинке», Челябинском и 1-м УК СЦК при выпуске огарка содержание пыли в воздушной среде в среднем было в пределах от 9,3 до 14,3 мг/м³, а При классификации – от 2,6 до 4,1 мг/м³, т.к. там применен «мокрый» способ классификации. На остальных же заводах при «сухой» схеме классификации количество пыли в воздушной среде было более высоким. Исключением оказался завод «Укрцинк», где в результате установки «вакуумного» классификатора удалось ликвидировать сложную схему оборудования и снизить содержание пыли в воздухе при сухой классификации в среднем с 39,2 до 5,8 мг/м³ (табл. 7).

С гигиенической точки зрения подобное решение является удачным вариантом, т.к. при мокрой классификации необходимо применение физического труда рабочих в условиях высокой относительной влажности – до 92-96%. Следует отметить и незначительное содержание пыли у газоходных систем и циклонов 2-го цинкового завода УК СЦК и «Укрцинк» (пыли 14,9 мг/м³, SO₂ – 17,8 мг/м³) вследствие выноса их за пределы коробки цеха.

Таблица 7. Среднесменное содержание сернистого ангидрида и пыли в воздушной среде обжиговых цехов цинковых заводов на различных участках (в мг/м³)

Точки отбора проб	Завод						Кол-во проб
	Ленингор-ский	УК СЦК-2	Челябин-ский	"Электр оцинк"	"Укрцинк"	Алмалык-ский	
	Сернистый ангидрид						
У места загрузки концентрата в бункер печей "КС"	41,5 ±2,42	29,4 ±2,1	37,1 ±3,41	24,8 ±1,55	25,7 ±1,18	46,5 ±2,62	108
	19,3-56,7	10,1 -42,5	9,2-61,8	11,7-35,6	14,3 – 32,5	16,8-57,3	
На печной площадке между печами	40,4 +2,32	32,6 ±2,3	41,8 ±2,78	30,5 ±1,58	21,3 +1,12	47,4 +2,24	108
	22,1 -57,9	11,8-51,2	11,7-54,6	18,9-43,3	12,4-29,7	- 16,2-60,8	
У котлов-утилизаторов	30,2 ±2,37	10,8 ±0,36	-	-	15,1 ±0,47	49,3±2,20	86
	18,4-55,0	7,3 – 12,9			11,2- 18,4	25,0 – 58,9	
У газоходов между печами "КС"	23,9 ±1,49	12,3 ±0,74	16,4 ±0,49	8,4 ±0,56	17,9 ±0,60	26,8 ±1,79	104
	9,7 – 32,8	6,2-17,7	10,2- 19,9	3,9 – 12,5	10,5 – 19,8	9,8 – 37,5	
У форкамер печей "КС"	46,3 ±2,63	38,5 ±2,47	41,3 ±2,68	39,7 ±1,74	43,1 ±2,29	44,9 ±2,55	102
	18,4-59,1	11,6-49,8	19,1-60,5	21,4-48,3	22,0 – 57,3	21,6-61,0	
У места выпуска огарка из печей	39,5+ 1,84	7,-2 ± 0,46	11,9 ± 0,50	5,6 ± 0,28	29,9 ±1,77	46,7 ±2,03	108
	21,3-49,7	3,8-11,0	6,8-14,5	3,2-7,5	14,2-41,5	25,4-56,8	
Отделение классификации огарка (в центре площадки)	8,6 ± 0,56	23,5 ±1,49	10,4 ±0,37	6,4 ± 0,34	24,8 + 1,39	25,3'+ 1,40	104
	21,3-49,7	9,6 – 32,7	7,5-13,2	3,5 – 8,7	11,6-33,0	14,7-36,0	

Пыль									
У мест загрузки концентрата в бункер печей "КС"	15,4±1,14	17,2±1,79	26,7±2,63	14,2±1,46	27,5±2,05	31,2+1,87	102		
	6,2-23,8	4,1-31,7	11,4-42,1	3,2-25,7	9,6-41,2	14,9-43,7			
На печной площадке между печами	22,9±2,94	21,8+1,35	28,5±2,06	11,9±0,57	9,8±0,61	32,5±2,21	108		
	11,1-50,5	9,4-30,2	16,9-48,7	7,8-16,6	4,5-13,9	11,8-45,9			
У коглов-утилизаторов	26,8±4,54	29,5±2,20	-	-	15,5±1,13	58,8±3,26	86		
	14,2-64,3	18,1-52,0			4,3-21,8	27,2-73,6			
Угазоходов между печами "КС"	20,1+1/4	11,5±1,07	25,7±1,86	8,2±0,50	14,9±0,29	29,7±1,41	108		
	9,7-28,4	3,6-20,2	15,9-44,3	4,6-12,3	2,6-17,1	15,8-37,6			
У места выпуска огарка из печей	42,5±4,85	39,1±3,56	12,8±0,58	9,3±0,66	48,3±2,72	56,2+4,75	108		
	8,9-83,8	8,4-53,4	7,5-16,4	3,6-13,8	6,2-63,7	8,2-81,5			
Отделение классификации огарка (в центре площадки)	31,8±1,16	28,4±1,39	4,1±0,26	2,6±0,21	15,8±0,35	34,7±2,31	108		
	20,2-39,9	16,9-38,2	2,2-6,3	0,8-4,1	2,7-24,3	12,3-48,0			

Однако в этом же цехе в связи с установкой вельцпечей (как и вельцотделении завода УК СЦК) в воздушную среду выделяются значительные количества свинца (табл. 8).

Таблица 8. Среднесменное содержание химических компонентов в воздушной среде в отделении вельцокислов

Точки отбора проб	Исследуемые компоненты (мг/м ³)									
	I	Пыль		ZnO		PbO		As ₂ O ₅		SO ₂
	n	M±m	n	M±m	n	M±m	n	M±m	n	M±m
Верхняя площадка загрузки бункеров		17,8 ±2,52		7,2 ±0,77		0,45 ± 0,26		0,38 ± 0,04		10,5± 1,00
	12	4,3 – 32,7	12	2,8- 11,5	12	0,23 – 1,62	12	0,11 - 0,61	12	4,9- 16,2
Фильтровально-сушильное отделение		3,9+0,22		2,6 ± 0,23		0,16+ 0,02		0,21 ± 0,03		3,5± 0,27
	12	2,1 - 4,6	12	1,3- 3,9	12	0,07- 0,31	12	0,08 – 0,42	12	2,0- 5,1
На верхней площадке клинкера		8,3 ± 0,98		3,3+ 0,34		0,42+ 0,21		0,29 + 0,02		9,4 + 0,55
	12	2,4- 13,5	12	0,9 – 4,8	12	0,18- 1,54	12	0,12- 0,38	12	6,7 – 12,9
На верхней площадке между печами		6,2 + 0,60		2,6 ± 0,23		1,18+ 0,14		0,28 ± 0,02		7,3 ± 0,64
	12	1,8- 8,6	12	1,2- 3,8	12	0,56- 2,11	12	0,14- 0,37	12	3,8- 11,0
На площадке у нижних головок печей		4,9 ± 0,37		0,8 ± 0,08		0,30 ± 0,04		0,16± 0,01		3,5 ± 0,32
	12	2,1 - 6,3	12	0,4 – 1,3	12	0,08 – 0,52	12	0,09- 0,19	12	2,2 – 5,8
В центре печного пролета		3,9 ± 0,33		0,6 + 0,04		0,43 ± 0,05		0,19± 0,01		7,8 ± 0,68
	12	1,7- 5,4	12	0,3 – 0,8	12	0,12- 0,69	12	0,07 – 0,24	12	4,9- 12,6

Анализ работы печей «КС» показал, что отсутствие на заводах в сернокислотных цехах резервных мощностей периодически приводит к повышению «газового» давления в печах, следствием чего является интенсивное пылегазовыделение. Из всех применяемых типов транспортировки «огарка», как-то: пневмотранспорт, скреповые и ленточные транспортеры, шнек-трубы и т.д., наиболее благоприятными с гигиенической точки зрения оказались шнек-трубы с виброконфедером конструкции ВНИИцветмета (УК СЦК и Челябинский заводы).

Сравнительная оценка метеорологических условий показала, что в отделениях классификации огарка в зависимости от типа технологии резко менялась относительная влажность воздуха. Так, на ЛПК, Алмалыкском, «Укрцинке» и 2 УК СЦК при сухой классификации относительная влажность воздуха была в пределах 38-52%, а на заводах Челябинском, 1 УК СЦК и «Электроцинке» при мокрой – от 84 до 96%. Температура воздуха в отделениях «сухой» классификации незначительно отличалась от температуры наружного воздуха, а на участках «мокрой» классификации в теплый период года в среднем равнялась от +27 до -32⁰С. Относительная влажность воздуха в обжиговых отделениях на всех заводах была незначительна (табл. 9).

Таблица 9. Сравнительные показатели метеорологических условий в обжиговых цехах цинковых заводов (теплый период)

	Метеорологические показатели					
	относительная влажность (%)		скорость движения воздуха (м/с)		температура воздуха (°С)	
	n	M ± m	n	M±m	n	M ±m
Лениногорский						
Обжиговое отделение	18	32±1,6	24	0,5 ±0,02	18	28,4 ±0,4
Склад концентратов	18	66 ±2,6	24	1,9±0,04	18	15,7 ±0,5
УК СЦК-1						
Обжиговое отделение	18	35 ±1,4	22	0,6 ± 0,03	18	31,5 ±0,7
Склад концентратов	18	50 ± 2,2	22	1,7 ±0,03	18	16,8 ±0,6
УК СЦК-2						
Обжиговое отделение	18	36 ± 2,0	24	0,5 ±0,03	18	30,5 ±0,7
Склад концентратов	18	54 ± 2,5	24	1,7± 0,04	18	16,2 ±0,6
Челябинский						
Обжиговое отделение	12	44 ±2,2	12	0,6 ± 0,02	12	30,5±0,8
Склад концентратов	12	62±2,5	12	0,5 ± 0,03	12	17,4 ±0,6
"Укрцинк"						
Обжиговое отделение	12	35 ± 1,8	12	1,9±0,03	12	35 ± 0,5
Склад концентратов	12	62±2,6	12	0,5 ±0,04	12	23,2 ± 0,6
"Электроцинк"						
Обжиговое отделение	12	43± 2,9	12	1,3 ± 0,04	12	34,3 ±0,6
Склад концентратов	12	69 ±2,8	12	0,5 ± 0,02	12	22,0 ± 0,6
Алмалыкский						
Обжиговое отделение	12	42,±2,7	12	0,9 + 0,04	12	39,4 ± 0,5
Склад концентратов	12	56 ± 2,2	12	0,7±0,06	12	30,0 ± 1,6

Температура воздуха на рабочих местах всех отделений в теплый период года была повышенной, но особенно на заводах, расположенных в теплой климатической зоне.

Таким образом, проведенные исследования показали, что на всех гидromеталлургических отечественных цинковых заводах, как и на основных изучаемых нами – Лениногорском и Усть-Каменогорском, условия труда рабочих являются все еще неблагоприятными. В зону дыхания работающих выделяется значительное количество пыли и газов, во многих случаях превышающих ПДК. Кроме того, наблюдаются неблагоприятные метеорологические условия. При ряде технологических операций используется интенсивный физический труд работающих.

Анализ полученных данных показал, что в процессах подготовки и обжига участвуют разнообразные химические вещества, как-то: Zn, Fe, S, Pb, Cu, As, Sb, SiO₂, SO₂, CO, H₂S и др. Однако ряд из них выделяется в воздушную среду только на некоторых участках и в таких незначительных концентрациях, что они вряд ли могут иметь существенное гигиеническое значение. Основными же компонентами, характерными для обжиговых цехов, являются цинк и его соединения, сернистый ангидрид, а также производственная полиметаллическая пыль – аэрозоль сложного химического состава, образующегося при переработке цинковых концентратов. Именно они в первую очередь и способны оказывать неблагоприятное воздействие на организм работающих.

Наиболее неблагоприятными с токсикологической точки зрения при процессах обжига являются участки: а) дробления, б) загрузки концентратов в печь «КС», в) бункеров выгрузки огарка, г) сепараторов и мельниц при «сухой» классификации огарка. Содержание пылегазовы-делений в воздухе рабочей зоны и их перераспределение зависят от целого ряда причин, основными из которых являются особенности технологии, типов используемого оборудования и различных технологических усовершенствований, а также климатические факторы.

Недостаточность производственных площадей и объемов зданий, несоблюдение разрывов между печами и другим оборудованием при отсутствии эффективной организации воздухообмена создает условия для накапливания выделяющихся в воздушную среду аэрозолей внутри помещений, что наиболее характерно для обжиговых цехов,

расположенных в зоне резкоконтинентального климата (ЛПК, 1-й и 2-й УК СЦК, Челябинский заводы). В зоне теплого климата («Электродинк», «Укрдинк», Алмалыкский заводы) имеется возможность раскрытия коробок зданий, что может существенно увеличивать кратность воздухообмена.

2.2.2. Выщелачивательные цеха

Обожженный огарок из обжигового цеха поступает прежде всего в отделение «сухой» или «мокрой» классификации. Исследования показали, что в выщелачивательном цехе ЛПК в отделении «сухой» классификации было обнаружено значительное содержание пыли. Наиболее низкое количество пыли отмечалось на участках мельниц (от 10,8 до 14,2 мг/м³ в среднем), а наиболее высокое – на рабочих местах у сепараторов (110,1 мг/м³).

Как видно из данных, представленных в табл. 10, значительные пылевыведения имели место (до внедрения оздоровительных мероприятий) у сепараторов, вибропитателей и конусных классификаторов, что связано с несовершенством конструкций и некачественной герметизацией. Оборудование местной вытяжной вентиляции затруднялось тем, что при слабом отсосе эффект минимален, а при более мощном все наиболее ценные мелкие фракции огарка высасывались вентсистемой. В зоне дыхания работающих у сепараторов до реконструкции наблюдалось наиболее высокое содержание цинка и свинца (табл. 10).

Как только огарок смешивается с электролитным раствором, выделения: в числителе – до внедрения, в знаменателе после внедрения пыли в воздушную среду фактически прекращается. Причем ZnO и частично ZnS, попадая в электролитные растворы, вступают в реакцию с H₂SO₄, а также с ионами Cl₂, но значительная его часть превращается в сульфаты и хлориды цинка, и в подобном состоянии уже может выделяться в окружающую среду. Идентичная картина наблюдается и с соединениями свинца и др.

Анализ полученных данных показал, что среднее содержание H₂SO₄ в зоне рабочих мест (до внедрения комплекса мероприятий) на некоторых участках значительно превышало ПДК (у фильтрпрессов 4,2 мг/м³, у фильтров Моора – 4,8 мг/м³, а у пескового узла – 5,5 мг/м³).

Таблица 10. Содержание обжиговой пыли, цинка и свинца в воздушной среде рабочих мест у различного оборудования отделений сухой.

Рабочее место	Исследуемые компоненты (%)													
	Пыль				ZnO				PbO					
	n	M±m	min	max	n	M±m	mm	max	n	M±m	min	max		
Между шнеками и перед растворением огарка (отметка +13,80)	24	27,4 ± 0,64	23,3	31,5	22	4,7 ± 0,19	3,01	5,5	14	0,22 ± 0,004	0,19	0,25		
	24	9,5 ± 0,37 P<0,001	7,1	11,9	24	2,9 ± 0,17 P<0,001	,8	3,9	14	0,18 ± 0,005 P<0,001	0,15	0,21		
У вибропитателя (отметка +13,80)	21	78,1 ± 2,36	65,7	90,5	21	16,2 ± 1,71	11,4	29,4	21	0,34 ± 0,03	1,14	0,58		
	22	14,8 ± 0,83 P<0,001	10,7	19,5	22	4,8 ± 0,41 P<0,001	1,5	7,1	22	0,12 ± 0,02 P<0,001	0,07	0,25		
У конусного классификатора при пробивке песков (отм. 10,30)	24	42,9 ± 1,36	34,2	51,6	24	14,7 ± 0,7	10,2	19,2	24	0,79 ± 0,03	0,58	0,99		
	22	11,2 ± 0,49 P<0,001	8,4	14,0	22	5,9 ± 0,48 P<0,001	3,2	8,6	22	0,24 ± 0,03 P<0,001	0,13	0,75		
На участке сепараторов (отметка 9,30)	22	110,1 ± 2,83	89,5	121,5	22	57,1 ± 2,99	39,9	73,7	22	0,71 ± 0,14	0,22	0,89		
	23	16,8 ± 1,71 P<0,001	6,5	27,1	23	12,4 ± 1,06 P<0,001	6,0	18,8	23	0,11 ± 0,02 P<0,001	0,04	0,15		

Концентрации HCl лишь на двух участках превышали предельно допустимые (у фильтрпресса – 6,1 мг/м³; и у пескового узла – 6,9 мг/м³). На высоком уровне находились ZnSO₄ и ZnCl₂. Так, средние концентрации ZnSO₄ у нейтральных сгустителей были 16,4 мг/м³, у пескового узла – 15,9 мг/м³, а между фильтрпрессами – 13,6 мг/м³. Кроме того, на ряде мест наблюдалось повышенное содержание хлора. Количество SO₂, PbO, AsH₃, SbH₃, HF, MnO и CdO в воздушной среде выщелачивательных цехов лишь в редких случаях превышало ПДК (табл.11).

Таблица 11. Содержание химических веществ в воздушной среде на основных рабочих местах выщелачивательных цехов

Основное рабочее место	Определяемые компоненты, %									
	ZnSO ₄		ZnCl ₂		H ₂ SO ₄		HCl		Cl ₂	
	n	M±m	n	M±m	n	M±m	n	M±m	n	M±m
У фильтров Моора	36	$\frac{6,30 \pm 0,26}{4,4 - 11,1}$	36	$\frac{3,8 \pm 0,19}{1,3 - 5,4}$	27	$\frac{4,8 \pm 0,30}{1,4 - 7,6}$	32	$\frac{5,7 \pm 0,28}{2,4 - 9,1}$	32	$\frac{4,9 \pm 0,21}{3,8 - 7,0}$
На верхней площадке сгустителей	36	$\frac{16,4 \pm 0,34}{10,8 - 19,5}$	36	$\frac{11,5 \pm 0,3}{6,2 - 12,8}$	27	$\frac{3,1 \pm 0,19}{1,9 - 5,8}$	32	$\frac{5,4 \pm 0,28}{4,2 - 8,9}$	32	$\frac{2,5 \pm 0,16}{1,8 - 5,1}$
На площадке между фильтрпрессами	36	$\frac{13,6 \pm 0,36}{7,9 - 17,2}$	36	$\frac{8,4 \pm 0,29}{6,6 - 12,8}$	27	$\frac{4,2 \pm 0,33}{1,3 - 8,2}$	32	$\frac{6,1 \pm 0,33}{2,9 - 10,8}$	32	$\frac{5,8 \pm 0,22}{3,8 - 9,1}$
Между дисковыми фильтрами	36	$\frac{8,2 \pm 0,32}{3,5 - 11,8}$	36	$\frac{2,6 \pm 0,25}{1,5 - 6,9}$	27	$\frac{2,2 \pm 0,15}{0,6 - 3,7}$	32	$\frac{1,5 \pm 0,12}{0,9 - 3,8}$	32	$\frac{0,8 \pm 0,07}{0,4 - 2,1}$
У пескового узла	36	$\frac{15,9 \pm 0,64}{8,9 - 25,2}$	36	$\frac{10,8 \pm 0,36}{8,1 - 14,5}$	27	$\frac{5,5 \pm 0,33}{1,3 - 8,2}$	32	$\frac{6,9 \pm 0,25}{4,6 - 10,5}$	32	$\frac{2,7 \pm 0,20}{0,8 - 5,6}$

Примечание: в знаменателе приведены пределы минимальных и максимальных концентраций.

В то же время, даже на одних и тех же участках, количество выделяющихся компонентов не было одинаковым и зависело от целого ряда факторов, как то: периода года, расстояния от оборудования, технологического этапа, направления ветра (наружного), температуры, влажно-

сти, скорости движения воздуха и т.д. Например, в теплый период года содержание H_2SO_4 , HCl и некоторых других соединений в воздушной среде у сгустителей и агитаторов снижалось и почти не превышало ПДК.

Среднее количество HCl непосредственно у фильтрпрессов равнялось $6,1 \text{ мг/м}^3$, в трех метрах от них – $3,2 \text{ мг/м}^3$ а в шести метрах – уже $2,2 \text{ мг/м}^3$. При разборке и мойке фильтрпрессов содержание H_2SO_4 , HCl , $ZnSO_4$, $ZnCl_2$ и др. в воздушной среде возрастало в 2-3 раза, а при сборке и в процессе фильтрации снижалось. Наличие SO_2 и относительная стабильность его концентраций в воздушной среде цехов объяснялись проникновением SO_2 из обжиговых и сернокислотных цехов – обстоятельство, указывающее на важность рациональной планировки.

Скорости воздушных потоков внутри производственных помещений были крайне незначительными (а во многих случаях вообще не определялись). Температура воздуха на рабочих местах как в летний, так и в зимний периоды года находилась в пределах от $+ 14,5$ до $+ 23,5^\circ\text{C}$ в среднем (табл. 12). Что касается относительной влажности, то в связи со спецификой технологии, процессы которой сопровождаются мощными влаговыведениями на всех основных участках, чему способствует и повышенная температура растворов, она оказалась высокой и в теплый период года была в пределах от 81 до 98%. Особенно высоки показатели относительной влажности на рабочих площадках пескового узла – 96% (табл. 13). В холодный период, несмотря на ухудшающийся воздухообмен (фрамуги, окна закрыты), относительная влажность воздуха несколько снижалась, что можно, по-видимому, объяснить за счет понижения температуры воздуха в помещениях и соответственно температуры растворов на 3-8 градусов.

Следует отметить, что при процессах выщелачивания используется и значительный физический труд. Так, рабочие периодически занимаются чисткой оборудования (раз в 1-2 месяца), вручную производят очистку баковой аппаратуры. Разборка и сборка фильтрпрессов также сопровождается применением интенсивного физического труда. При этом рабочие вынуждены поднимать плиты и рамы массой до 50 и более кг (вдвоем), снимать полотна, проводить их стирку в общей сложности около 2 часов за каждую рабочую смену. В то же время, после внедрения на ряде заводов (УК СЦК, ЛПК и др.) фильтрпрессов итальянской фирмы «Диффен-

бах» существенно улучшилось состояние воздушной среды, а все трудоемкие физические операции практически были ликвидированы. На некоторых заводах применяется еще ручная загрузка цинковой пыли в агитаторы (около 1,5 часов в смену). При забивании желобов для растворов также используется физический труд (лопаты, ломы), однако на выполнение данных операций затрачивается в среднем не более 32-34 человеко-часов в месяц.

Таблица 12. Результаты измерений метеорологических условий в выщелачивательных цехах в теплый и холодный периоды года

Место замера	Теплый период				Холодный период			
	температура (°C)		относительная влажность (%)		температура (°C)		относительная влажность (%)	
	в	M±m	п	M ± m	п	M±m	п	M±m
На площадке между пачуками	26	$\frac{19,5 \pm 0,7}{16,2 \text{ } 25,8}$	26	84 + 1,44	26	$\frac{14,3 \pm 0,31}{11,8 - 18,1}$	26	83 ± 1,39
В центре площадки нейтрального выщелачивания	26	$\frac{21,4 \pm 0,67}{16,3 - 29,8}$	26	82 ± 1,39	6	$\frac{15,7 \pm 0,31}{13,1 - 19,4}$	26	79 ± 1,38
В центре площадки кислого выщелачивания	24	$\frac{20,5 \pm 0,75}{14,7 - 29,1}$	24	81 ± 1,21	24	$\frac{15,2 \pm 0,37}{12,6 - 19,7}$	24	82 ± 1,15
На площадке фильтров Моора	13	$\frac{22,5 \pm 0,79}{17,2 - 31,7}$	23	98 ± 1,84	23	$\frac{16,1 \pm 0,59}{10,3 - 21,3}$	23	91 ± 1,57
Между фильтрами	23	$\frac{23,5 \pm 0,78}{18,1 - 32,7}$	23	93 ± 1,76	23	$\frac{17,3 \pm 0,57}{13,8 - 24,5}$	23	89 ± 1,44
У агитаторов кадмиевой очистки	23	$\frac{19,6 \pm 0,79}{13,4 - 28,1}$	23	84 ± 1,57	23	$\frac{15,3 \pm 0,68}{9,7 - 22,4}$	24	82 ± 1,46
На рабочей площадке пескового узла	24	$\frac{73,4 \pm 0,73}{18,5 - 32,4}$	24	96 ± 2,04	24	$\frac{16,9 \pm 0,56}{12,5 - 23,2}$	24	93 ± 1,78

Таблица 13. Среднесменное содержание химических компонентов в воздушной среде различных технологических участков выщелачивательных цехов цинковых заводов, %

Завод	Исследуемые компоненты									
	ZnSO ₄		ZnCL ₂		H ₂ SO ₄		Cl ₂		SO ₂	
	n	M ±m	n	M ±m	n	M ±m	n	M ±m	n	M ±m
На площадке фильтпрессов										
Челябинский	19	$\frac{12,5 \pm 0,82}{6,5-19,8}$	19	$\frac{11,0 \pm 0,87}{5,1-20,8}$	19	$\frac{6,8 \pm 0,25}{4,2-8,3}$	19	$\frac{4,2 \pm 0,44}{2,5-9,6}$	19	$\frac{7,7 \pm 0,67}{5,8-16,7}$
"Электроцинк"	19	$\frac{10,6 \pm 0,77}{6,1-18,6}$	18	$\frac{9,1 \pm 0,75}{4,7-16,8}$	18	$\frac{7,2 \pm 0,34}{4,8-10,4}$	18	$\frac{3,9 \pm 0,41}{1,7-8,3}$	18	$\frac{9,2 \pm 0,79}{6,9-19,6}$
"Укрцинк"	18	$\frac{18,8 \pm 1,13}{11,5-2,97}$	18	$\frac{14,3 \pm 0,67}{10,9-21,8}$	18	$\frac{10,3 \pm 0,17}{8,3-11,1}$	18	$\frac{9,8 \pm 0,41}{4,5-11,2}$	18	$\frac{15,4 \pm 1,01}{12,8-29,1}$
Алмалыкский	18	$\frac{12,3 \pm 0,97}{8,9-24,5}$	18	$\frac{10,1 \pm 0,83}{5,8-19,2}$	18	$\frac{8,2 \pm 0,47}{4,8-12,5}$	18	$\frac{6,9 \pm 0,38}{3,9-10,1}$	18	$\frac{10,9 \pm 0,76}{6,1-18,3}$
На площадке агитаторов										
Челябинский	19	$\frac{9,7 \pm 0,72}{4,8-16,5}$	19	$\frac{10,9 \pm 0,87}{7,8-21,9}$	19	$\frac{4,6 \pm 0,79}{2,9-15,6}$	19	$\frac{5,2 \pm 0,41}{2,7-9,3}$	19	$\frac{5,1 \pm 0,72}{3,2-14,9}$
"Электроцинк"	18	$\frac{3,8 \pm 0,52}{1,2-9,6}$	18	$\frac{4,2 \pm 0,57}{2,4-11,7}$	18	$\frac{5,3 \pm 0,24}{3,8-7,6}$	18	$\frac{3,1 \pm 0,42}{1,8-8,7}$	18	$\frac{8,3 \pm 0,66}{4,8-15,4}$
"Укрцинк"	18	$\frac{18,3 \pm 0,82}{12,4-25,6}$	18	$\frac{15,7 \pm 0,90}{11,8-26,3}$	18	$\frac{7,9 \pm 0,45}{4,9-12,2}$	18	$\frac{8,3 \pm 0,52}{2,7-11,1}$	18	$\frac{17,5 \pm 1,03}{13,2-29,8}$
Алмалыкский	18	$\frac{6,5 \pm 0,67}{3,9-14,7}$	18	$\frac{5,3 \pm 0,76}{2,6-14,8}$	18	$\frac{5,2 \pm 0,73}{2,9-14,7}$	18	$\frac{2,5 \pm 0,34}{1,3-6,9}$	18	$\frac{7,3 \pm 0,79}{4,2-16,9}$

Примечание: В знаменателе приведены пределы минимальных и максимальных концентраций.

Специфические особенности, обнаруженные при изучении процессов выщелачивания на заводах ЛПК, УК СЦК и др., указывали на необходимость проведения сравнительной гигиенической оценки на различных цинковых заводах с целью выяснения, является ли обнаруженная картина характерной вообще для процессов выщелачивания и каково влияние разнообразных технологических усовершенствований, архитектурно-планировочных решений и пр., наблюдаемых в различных выщелачивательных цехах, на условия труда работающих.

Исследования, проведенные по основным технологическим переделам, показали, что в ряде случаев гигиеническая обстановка на идентичных участках различных выщелачивательных цехов существенно различалась. Как видно из данных, представленных в табл. 13, содержание в воздушной среде $ZnSO_4$, $ZnCl_2$, H_2SO_4 , Cl_2 , значительно превышало ПДК фактически на всех обследованных заводах. Однако при этом наиболее высокие показатели отмечены по выщелачивательному цеху завода «Укрцинк», где средние концентрации $ZnSO_4$ равнялись $18,8 \text{ мг/м}^3$, H_2SO_4 – $10,3 \text{ мг/м}^3$, а Cl_2 – $9,8 \text{ мг/м}^3$, что явилось следствием размещения участка в приспособленном помещении с минимальными разрывами между фильтрпрессами и неэффективной местной вытяжной вентиляцией.

Весьма высокие концентрации химических компонентов имели место и на Усть-Каменогорском, Челябинском, Алмалыкском и других заводах (табл. 13 и 14). Ни на одном из этих заводов участки фильтрпрессов не имеют отдельных помещений, и их промежуточное положение создает условия для «подпитки» выделениями с прилегающих участков. Конструктивные же особенности фильтрпрессов не позволяют оборудовать эффективную местную вытяжную вентиляцию и ликвидировать значительный физический труд рабочих, связанный с разборкой и сборкой установок. В связи с этим во 2-м цехе УК СЦК и др. были установлены новые автоматические фильтры. Гигиенические исследования показали, что данные конструкции позволили снизить количество газовыделений и коэффициент использования физического труда.

На участках агитаторов содержание основных компонентов в воздушной среде также оказалось весьма высоким. Однако если на заводе «Укрцинк» средние концентрации $ZnSO_4$ равнялись $18,3 \text{ мг/м}^3$, а H_2SO_4 – $7,9 \text{ мг/м}^3$, то на заводе «Электроцинк» в результате создания более качественной герметизации верхней части агитаторов и оборудования от них вытяжных шахт количество $ZnSO$ было $3,8 \text{ мг/м}^3$, а H_2SO_4 – $5,3 \text{ мг/м}^3$. Идентичная картина отмечена на 2-м цинковом производстве УК СЦК (табл. 15). Кроме того, в зоне дыхания работающих на участках агитаторов заводов УК СЦК-I и «Укрцинк» были отмечены значительные концентрации AsH_3 – $1,5 \text{ мг/м}^3$ и SbH_3 – $1,7 \text{ мг/м}^3$ в среднем, что прежде всего также связано с недостаточными площадями, кубатурой и слабо организованной аэрацией производственных помещений.

Таблица 14. Среднесменное содержание химических компонентов в воздушной среде участков фильтрпрессов и агитаторов выщелачивательных цехов, %

Завод	Исследуемые компоненты									
	ZnSO ₄		ZnCl ₂		H ₂ SO ₄		AsH ₃		Cl ₂	
	n	M ±m	n	M ±m	n	M ±m	n	M ±m	n	M ±m
У фильтрпрессов										
ЛПК	12	13,8±0,77	12	8,5±0,61	27	4,2 ± 0,33	12	0,2 ± 0,02	12	5,7 ± 0,39
		6,9 ± 0,45 P<0,001		5,2 ± 0,38 P<0,001		3,4 ± 0,19 P<0,05		0,05±0,01 P<0,001		0,9 ± 0,16 P<0,01
УК СЦК (1-й)	12	14,2±1,18	12	11,9 ± 0,76	27	5,1 ± 0,27	12	0,6 ± 0,08	12	5,8 ± 0,74
		8,4 ± 0,59 P<0,001		7,4 ± 0,77 P<0,001		3,0 ± 0,22 P<0,001		0,3 ± 0,03 P<0,01		2,5 ± 0,26 P<0,001
У К СЦК (2-й)	12	11,1 ± 0,75	12	9,5 ± 0,46	24	5,0 ± 0,27	12	0,4 ± 0,01	12	6,4 ± 0,48
		7,5 ± 0,62 P>0,05		4,2 ± 0,33 P<0,001		2,2 ± 0,16 P<0,01		0,05±0,01 P<0,01		1,2±0,08 P<0,001
У агитаторов										
ЛПК	12	4,2 ± 0,34	12	9,4 ± 0,87	27	2,6 ± 0,15	12	0,8 ± 0,13	12	4,2 ± 0,38
		4,6 ± 0,37 P<0,01		4,9 ± 0,46 P>0,05		1,9 ± 0,10 P<0,01		0,3 ± 0,09 P<0,001		0,7 ± 0,07 P<0,001
УК СЦК (1-й)	12	9,9 ± 0,53	12	7,4 ± 0,54	24	4,2 ± 0,16	12	1,3 ± 0,17	12	7,9 ± 0,66
		7,0 ± 0,59		7,1 ± 0,66		2,9 ± 0,18		0,4 ± 0,05		1,5 ± 0,18
УК СЦК (2-й)	12	4,2 ± 0,60	12	3,5 ± 0,31	24	3,4 ± 0,19	12	0,5 ± 0,13	12	4,6 ± 0,48
		3,8 ± 0,26 P>0,051		2,4 ± 0,29 P<0,05		2,1 ± 0,13 P<0,001		0,4 ± 0,12 P>0,05		0,8 ± 0,08 P<0,001

Примечание: в числителе приведены данные до внедрения, в знаменателе – после внедрения оздоровительных мероприятий.

А вот повышенное содержание некоторых химических веществ в воздушной среде у агитаторов Лениногорского и Челябинского заводов, где оборудованы местные отсасывающие устройства, объясняется, по видимому, преимущественно за счет совмещения со смежными технологическими участками. На УК СЦК-П, где от каждого агитатора также оборудованы местные вытяжные отсосы, содержание ZnSO₄, H₂SO₄ и др. оказалось менее значительным. Серьезным недостатком является отсутствие механизации загрузки агитаторов цинковой пылью, сопровождае-

мой переносом и подъемом тяжелых (до 70 кг) емкостей и выделением больших количеств цинковой пыли (до $87,5 \text{ мг/м}^3$) при загрузке в агитаторы. Однако на Лениногорском, УК СЦК-2, Челябинском и Алмалыкском заводах применена механизированная доставка и загрузка при помощи централизованного вакуум-транспорта, что позволило ликвидировать физический труд рабочих, а содержание цинковой пыли у агитаторов уже не превышало $1,4 \text{ мг/м}^3$.

На участках фильтров Моора наиболее неблагоприятная картина отмечена на заводах УК СЦК-1, где среднее содержание ZnSO_4 было $16,0 \text{ мг/м}^3$, H_2SO_4 – $5,6 \text{ мг/м}^3$, Cl_2 – $5,7 \text{ мг/м}^3$ (табл. 18), а также на «Укрцинке», где дополнительно выделялось значительное количество пыли – $26,3 \text{ мг/м}^3$ при загрузке огарка из вагон-весов (сухой способ классификации), а организация эффективной местной вытяжной вентиляции крайне затруднена из-за постоянного перемещения вагон-весов.

Конструктивные особенности фильтров Моора (большие открытые поверхности, периодический подъем и опускание при промывке корзин, регенерация полотен и освобождение труб от сульфатов) затрудняют создание эффективной герметизации и организации местной вытяжной вентиляции. Более того, активность физико-химических процессов, протекающих при повышенной температуре ($+40 - +50^\circ\text{C}$) создает дополнительные условия для активизации выделения в воздушную среду химических компонентов, участвующих в реакциях выщелачивания. При этом 30-40% всех выполняемых операций связаны с применением физического труда работающих. Следует отметить, что менее значительные концентрации химических веществ на заводах ЛПК (табл. 18), а также Челябинском и Алмалыкском связаны с организацией вытяжных шахт непосредственно над фильтрами Моора, однако эффективность их невысока из-за недостаточных по площади и объемам помещений и отсутствия обособленности участков, где появились бы возможности для организации эффективного воздухообмена. На Челябинском заводе оказывают свое влияние и «пачуки», расположенные фактически рядом.

Таблица 15. Среднесменное содержание химических компонентов в воздушной среде участков фильтров Моора и сгустителей выщелачивательных цехов, %

Завод	Исследуемые компоненты									
	ZnSO ₄		ZnCl ₂		H ₂ SO ₄		AsH ₃		Cl ₂	
	n	M ± m	n	M ± m	n	M ± m	n	M ± m	n	M ± m
Рабочие площадки у фильтров Моора										
ЛПК	12	9,3 ± 0,43	12	8,8 ± 0,71	27	4,8 ± 0,30	12	0,6 ± 0,12	12	4,9 ± 0,49
		7,6 ± 0,39 P<0,001		2,5 ± 0,29 P<0,001		2,1 ± 0,11 P<0,001		0,2 ± 0,03 P<0,001		0,9 ± 0,11 P<0,01
УК СЦК (1-й)	12	16,0 ± 0,68	12	9,5 ± 0,69	27	5,6 ± 0,34	12	0,5 ± 0,07	12	5,7 ± 0,39
		11,3 ± 0,77 P<0,001		6,7 ± 0,32 P<0,01		2,5 ± 0,19 P<0,001		0,3 ± 0,04 P<0,01		1,9 ± 0,24 P<0,001
УК СЦК (2-й)	12	13,7 ± 0,80	12	12,4 ± 1,06	24	3,8 ± 0,23	12	0,2 ± 0,03	12	4,8 ± 0,37
		6,4 ± 0,48 P<0,001		4,1 ± 0,53 P<0,001		1,9 ± 0,11 P<0,001		0,1 ± 0,02 P<0,05		0,7 ± 0,12 P<0,001
Рабочие площадки сгустителей										
ЛПК	12	13,2 ± 0,72	12	9,1 ± 0,39	27	3,1 ± 0,19	12	0,02 ± 0,002	12	3,1 ± 0,21
		8,3 ± 0,63 P<0,001		6,0 ± 0,55 P<0,001		1,7 ± 0,10 P<0,001		0,05 ± 0,01 P>0,05		1,2 ± 0,13 P<0,001
УК СЦК (1-й)	12	9,5 ± 0,51	12	12,7 ± 0,72	24	6,5 ± 0,32	12	0,2 ± 0,02	12	4,2 ± 0,38
		9,3 ± 0,54 P>0,05		9,9 ± 0,77 P<0,05		4,1 ± 0,31 P<0,001		0,23 ± 0,007 P<0,001		1,9 ± 0,28 P<0,001
УК СЦК (2-й)	12	13,4 ± 0,79	12	10,5 ± 0,77	24	3,6 ± 0,20	12	0,07 ± 0,009	12	3,8 ± 0,32
		6,5 ± 0,62 P<0,001		4,8 ± 0,34 P<0,001		1,8 ± 0,19 P<0,001		0,03 ± 0,01 P<0,05		1,1 ± 0,13 P<0,001

Примечание: в числителе приведены данные до внедрения, в знаменателе – после внедрения оздоровительных мероприятий.

На участках сгустителей у распределительных «пачуков» в воздушную среду выделяется значительное количество цинка и его соединений, H₂SO₄ и Cl₂. Особенно по заводу «Укрцинк», где сгустители из-за недостатка производственных площадей почти не имеют разрывов. Невысокие концентрации Cl₂ на заводах «Электроцинк» (0,4 мг/м³) и Челябинском (1,1 мг/м³), в отличие от УК СЦК (4,2 мг/м³), объясняется, прежде всего менее значительным содержанием его в технологических растворах (табл. 18). Увеличение содержания SO₂, превышающего ПДК, отмечено только на тех заводах, где неудачное размещение цехов способствовало

проникновению газов из обжиговых отделений (Лениногорский, УК СЦК-2, «Электроцинк» и Алмалыкский). Менее значительные концентрации H_2SO_4 и ZnSO_4 и др. на Челябинском заводе объясняются лучшей герметизацией желобов растворов и верхней части самих сгустителей, а также установкой непосредственно над сгустителями вытяжных шахт.

На заводах УК СЦК и «Электроцинк» из-за несовершенства конструкций узла распределения растворов по сгустителям происходит систематическое их забивание, вследствие чего рабочие периодически вручную проталкивают загустевшую массу, что затрудняет герметизацию оборудования и значительно увеличивает газовыделения в воздушную среду. Трудоемкая физическая операция мойки полотен на заводах «Укрцинк», «Электроцинк» не механизирована, а на ЛПК и Челябинском установлены специальные моечные машины, дающие хороший гигиенический эффект. На Челябинском заводе механизирована чистка плит и рам. Высокое содержание Cl_2 , особенно на «Укрцинке» – $9,8 \text{ мг/м}^3$, и др. объяснялось прежде всего за счет химического состава фильтрующих растворов и использования воды, обогащенной хлором.

Отделения ФСО (фильтровально-сушильные) на Лениногорском, Алмалыкском и Челябинском заводах (в отличие от «Укрцинка» и других) расположены в отдельных помещениях, где на нулевой отметке размещаются сушильные барабаны, а на отметках 7-9 метров – дисковые фильтры, рессиверы, мешалки и т.д. Однако «сообщество» с сушильными барабанами привело к тому, что на площадках дисковых фильтров этих заводов повысилось содержание свинца (табл. 16), а также SO_2 , (в среднем от $15,8 \text{ мг/м}^3$ на Лениногорском, до $19,4 \text{ мг/м}^3$, на Челябинском заводе, а пыли соответственно – $12,3$ и $13,9 \text{ мг/м}^3$).

В настоящее время после внедрения автоматики по контролю разрежения в сушильных барабанах и оборудования местной вытяжной вентиляции пылегазовыделения существенно снизились и, за исключением свинца, приблизились к ПДК (табл. 16). На заводе «Укрцинк» сушильные барабаны также размещаются под дисковыми фильтрами, но здесь от хвостовой части сушильных барабанов оборудована сблокированная с подачей газа эффективная вытяжная вентиляция, создающая постоянное разрежение в барабанах (2-3 мм), что, по данным исследований, привело к значительному уменьшению выбросов (пыли в среднем – $7,2 \text{ мг/м}^3$, а SO_2 – $4,6 \text{ мг/м}^3$) в производственных помещениях. Наличие же в воздушной среде фильтровально-сушильных отделений на участках дисковых

фильтров свинца связано с его значительным содержанием в перерабатываемых «кеках».

Таблица 16. Результаты исследований воздушной среды на участках фильтров ФСО выщелачивательных цехов

Завод	Исследуемые компоненты (мг/м ³)											
	n	ZnO	n	ZnSO ₄	n	SO ₂	n	пыль	n	PbO	n	AsH ₃
		M ±m		M ±m		M ±m		M ±m		M ±m		M ±m
ЛПК	12	8,2 ±0,81	12	2,6±0,31	12	15,8 ± 0,84	12	12,3±0,85	12	0,97 ±0,07	12	0,49± 0,16
		6,4 ±0,47 P<0,05		3,1±0,38 P>0,05		8,4 ± 0,82 P<0,001		6,1±0,36 P<0,001		0,15 ±0,02 P<0,001		0,4±0,06 P<0,05
УК СЦК (2-й)	12	5,9 ±0,63	12	7,4±0,12	12	7,1 ± 0,80	12	6,2 ± 0,73	12	0,63±0,08	12	0,20 ± 0,02
		3,5 ±0,36 P<0,001		1,9±0,29 P<0,05		6,2 ± 0,48 P>0,05		4,5 ±0,47 P>0,05		0,42 ±0,05 P<0,05		0,05±0,006 P>0,05
УК СЦК (1-й)	12	9,3 ±0,53	12	6,3±0,68	12	8,2 ± 0,72	12	-	12	0,89 ±0,12	12	0,6 ± 0,06
		8,4 ± 0,86 P>0,05		4,7 ± 0,52 P>0,05		7,4 ± 0,67 P>0,05		-		0,1 ± 0,02 P<0,001		0,3 ± 0,05 P>0,05

Примечание: в числителе приведены данные до внедрения, в знаменателе – после внедрения оздоровительных мероприятий.

Исследования показали, что выщелачивательные цеха с их разнообразной базовой аппаратурой являются мощными источниками и влаговыделений. Так, относительная влажность воздуха оказалась крайне высокой на всех участках изучаемых цехов. Например, средние показатели ее у фильтрпрессов были от 85% на Челябинском заводе до 97% – на Алмалыкском; а у пескового узла от 93 до 98% (табл. 17). На участках сгустителей непосредственно у распределительных узлов растворов – «пачуков» – относительная влажность достигала до 97-98%). Наименьшие показатели относительной влажности на Челябинском заводе объяснялись не только более низкой температурой наружного воздуха, но и удачно организованной аэрацией помещений выщелачивательного цеха, где дополнительно к аэрационным фонарям над всеми основными участками влаговыделений оборудованы вытяжные шахты. На УК СЦК-2 влагоудаление осуществляется непосредственно от агитаторов, что оказалось наиболее эффективным.

Естественно, что повышенная температура растворов оказывала свое влияние и на температуру производственных помещений: на участках фильтров Моора в теплый период года она варьировалась в среднем

от +20,1 до +29,4°C, а у пескового узла – от +22,2 до +31,8°C. Наиболее высокая температура воздуха наблюдалась на Алмалыкском заводе, что связано прежде всего с климатическими условиями Узбекистана, а также на заводах «Укрцинк», «Электроцинк (табл. 17). Средние скорости воздуха на всех участках были крайне незначительны, и лишь на участках дисковых фильтров, где они расположены в ФСО (Лениногорский и Алмалыкский заводы), скорости повышались до 0,8, а в холодный период года – до 1,2 – 1,3 м/сек.

Таким образом, результаты исследований показали, что во всех выщелачивательных цехах цинковых заводов в зону дыхания рабочих выделяется значительное количество разнообразных химических компонентов: ZnO , H_2SO_4 , $ZnSO_4$, ZCl_2 , PbO , SO_2 , Cl_2 , AsH_3 , SbH_3 , пыль и др., во многих случаях превышающие предельно-допустимые концентрации. При этом ведущими являются цинк и его соединения ZnO , $ZnSO_4$, ZCl_2 , выделение которых наблюдается по всем технологическим этапам выщелачивания, причем в значительных концентрациях. Повышенное содержание свинца, а также пыли, в отличие от обжиговых цехов, при процессах выщелачивания отмечено лишь на участках классификации и ФСО, где почти отсутствуют пары H_2SO_4 , повышенные концентрации которой характерны непосредственно для цикла выщелачивания. Наличие пыли металлического цинка зафиксировано только при загрузке в агитаторы.

Процессы выщелачивания характеризуются наличием большого количества влаговывделений, наблюдаемых фактически по всем основным технологическим переделам. Разнообразное количество баковой аппаратуры (пачуки, маны, сгустители, агитаторы, фильтрпрессы, желоба растворов и т.д.), наличие огромных поверхностей рабочих растворов с повышенной температурой при недостаточно эффективной герметизации и вентиляционных отсосах создают возможности для массированного поступления влаги непосредственно в воздушную среду выщелачивательных цехов. Все эти факторы способны оказывать неблагоприятное воздействие на состояние здоровья работающих, особенно на участках, где используется интенсивный физический труд, а именно – у фильтров Мора, фильтрпрессов, песковых узлов, при ремонтных работах баковой аппаратуры и т.д.

Таблица 17. Результаты исследований температуры воздуха (°C) на различных участках выщелачивательных цехов цинковых заводов

Участок	Наименование заводов											
	Лениногорский		Алмалыкский		УКСЦК		Челябинский		"Электроцинк"		"Укрцинк"	
	n	M ± m	n	M ± m	n	M ± m	n	M ± m	n	M ± m	n	M ± m
Теплый период года												
На рабочей площадке у сгустит.	12	$19,2 \pm 0,54$ 15,5-21,6	9	$29,9 \pm 1,28$ 25,4 -36,8	12	$20,30 \pm 0,77$ 15,7-24,4	9	$18,1 \pm 0,83$ 14,3-21,7	9	$22,5 \pm 0,71$ 17,0-26,3	9	$23, \pm 0,84$ 18,3-25,8
У фильтров Моора	12	$23,5 \pm 0,56$ 20,4 – 26,7	9	$32,7 \pm 0,92$ 29,1 -37,3	12	$23,7 \pm 0,78$ 16,9-25,7	9	$20,3 \pm 0,71$ 17,1- 23,4	9	$24,2 \pm 0,83$ 21,5-28,9	9	$25,3 \pm 0,89$ 20,0 – 27,9
У фильтр-прессов	12	$23,1 \pm 0,58$ 21,2-27,8	12	$33,6 \pm 1,11$ 28,7-38,6	12	$24,6 \pm 0,78$ 17,5-26,3	9	$90,7 \pm 0,64$ 17,9-23,6	9	$25,7 \pm 0,82$ 22,3 – 29,6	9	$24,4 \pm 0,84$ 21,7 – 29,2
У дисковых фильтров	12	$18,7 \pm 0,51$ 15,6-21,4	9	$28,5 \pm 1,19$ 24,8 – 35,4	12	$19,0 \pm 10,74$ 15,1 -23,5	9	$17,6 \pm 0,72$ 14,5-20,9	9	$22,8 \pm 0,85$ 18,3-26,1	9	$22,3 \pm 0,63$ 19,1 -24,7
Холодный период года												
На рабочей площадке у сгустит	12	$14,6 \pm 0,42$ 12,7- 17,4	9	$18,3 \pm 0,59$ 16,1 -21,4	12	$15,8 \pm 0,47$ 12,6- 17,9	9	$13,1 \pm 0,64$ 10,2- 15,9	9	$17,6 \pm 0,72$ 13,4- 19,8	9	$15,4 \pm 0,57$ 12,1 – 17,2
У фильтров Моора	12	$16,1 \pm 0,43$ 14,3 – 19,2	9	$21,5 \pm 0,65$ 17,9-23,7	12	$17,4 \pm 0,45$ 15,2- 20,3	9	$15,4 \pm 0,55$ 12,8- 17,7	9	$19,60 \pm 0,63$ 16,3-21,3	9	$18,2 \pm 0,66$ 14,5 -20,4
У фильтр-прессов	12	$16,4 \pm 0,41$ 15,0- 19,6	9	$22,4 \pm 0,66$ 18,6-24,5	12	$16,3 \pm 0,43$ 14,8 – 19,7	9	$15,7 \pm 0,66$ 13,0- 18,9	9	$20,10 \pm 0,58$ 17,4-22,7	9	$17,9 \pm 0,77$ 14,1 -21,0
У дисковых фильтров	12	$13,5 \pm 0,58$ 10,2 – 16,8	9	$19,1 \pm 0,63$ 16,7-22,3	12	$14,5 \pm 0,56$ 12, 1 – 18,4	9	$13,8 \pm 0,62$ 11,0- 16,5	9	$18,4 \pm 0,72$ 14,6-21,0	9	$16,3 \pm 0,65$ 12,9- 18,7

Примечание: в знаменателе приведены минимальные и максимальные величины исследований.

Незначительные различия в содержании ряда химических компонентов некоторых отделений выщелачивательных цехов указывают на взаимодополнение газовыделений в связи с отсутствием обособленности участков и неэффективной организацией аэрационных режимов. В то же время, несмотря на определенную общность производственных факторов, в каждом из выщелачивательных цехов изучаемых заводов имели место свои характерные особенности, которые в ряде случаев оказывали существенное влияние на условия труда рабочих.

2.2.3. Электролиз и плавка катодного цинка

Электролизные цеха размещаются в обособленных корпусах с аэрационными фонарями и открывающимися фрамугами вдоль стен и состоят из двух основных отделений – электролизного и плавильного. На Лениногорском заводе они размещены в отдельных коробках зданий, соединенных между собой галереями, а на УК СЦК-2 – с разрывом около 50-60 м. На остальных же заводах электролизные и плавильные отделения находятся практически в общих корпусах, разделенных между собой капитальными стенами. В электролизных отделениях размещены и участки для очистки катодов, но в одних случаях они располагаются в торцах пролета (например, на «Электроцинке»), а в других – в основном пролете (на Алмалыкском и Лениногорском заводах).

На УК СЦК, Лениногорском, Алмалыкском, «Электроцинке» на участках электролизных ванн имеются помещения для зарядки аккумуляторов, химических лабораторий и весовых; на Лениногорском и Алмалыкском заводах весовые размещены у края галерей, ведущих в плавильное отделение. В центре электролизного отделения Челябинского завода расположен участок пайки змеевиков, а их мойка (как на этом заводе, так и на «Укрцинке», «Электроцинке», производится непосредственно в отделениях. На Лениногорском и Алмалыкском заводах с наружной стороны к коробкам электролизных отделений прилегают помещения ВИУ – вакуум-испарительных установок, соединенные специальными галереями.

Размещение и компоновка электролизных ванн на различных заводах также имеют существенные отличия друг от друга. Так, на «Электроцинке» и Челябинском заводах имеется три серии ванн, а на Алмалыкском и Лениногорском – по две. Ширина основных проходов на «Электроцинке» – 4 м, на Челябинском – 5 м, а на «Укрцинке» - единственный проход между сериями ванн. Расстояние между каскадами ванн на этих заводах, а также 1-м УК СЦК крайне недостаточное – около 1 метра, что не только затрудняет выполнение различных операций, но и отражается на аэрационном режиме.

Неодинаковы и конструкции ванн, число их в каскадах, типы подключения и количество загружаемых катодов. Например, на Алмалыкском и Лениногорском заводах каскад состоит из двух рядов ванн (по К) в каждом), расположенных продольно; в ваннах отсутствуют змеевики и

размещаются по 33 катода. Здесь применена наиболее прогрессивная система оцинковки ванн с выносом контактов на шины, проходящие вдоль бортов каскада, что создало возможности для механизации трудоемких процессов – групповой выемки и постановки катодов (по 10-11 штук одновременно). В то же время на УК СЦК, «Электроцинке», «Укрцинке» и Челябинском заводах подключение ванн последовательное, а электродов – параллельное, что затрудняет обслуживание ванн, чистку катодов и т.д.

Плавильные отделения оборудованы индукционными печами, разливочными машинами и штабелеукладчиками для выплавляемых чушек товарного цинка. В плавильных отделениях заводов УК СЦК, ЛПК и Челябинского установлены разливочные машины «карусельного» типа, а на «Укрцинке» и др. – «прямолинейного». Общеобменная вентиляция почти во всех электролизных отделениях недостаточно эффективна: аэрационные фонари и фрамуги не имеют централизованного управления.

Очищенные цинкосодержащие растворы после выщелачивания поступают в электролизный цех на электролиз. При этом изменение процентного соотношения компонентов в растворах оказывает влияние и на структуру пылегазовыделений. Как показали исследования, проведенные на цинковом заводе ЛПК, наиболее молодом предприятии, в процессе электролиза в воздушную среду выделяются преимущественно те же химические компоненты, что и при выщелачивании, но, как видно из табл. 18, концентрации основных из них оказались более значительными. Даже в середине прохода электролизного отделения среднесменное содержание H_2SO_4 равнялось $4,8 \text{ мг/м}^3$, ZnCl_2 - $14,4 \text{ мг/м}^3$, а Cl_2 – $2,68 \text{ мг/м}^3$.

Наиболее высокие концентрации химических компонентов в воздушной среде электролизного цеха наблюдались на площадке электролизных ванн, что является следствием активных химических ионообменных реакций, протекающих при процессах электролиза с повышенной температурой растворов. Выделение химических веществ усиливалось и в результате бужирования растворов при поднятии из ванн катодов и анодов. При электролизе цинка, в отличие от стадии выщелачивания, вновь возрастает значение свинца (табл. 18), т.к. из него состоят аноды, а на некоторых заводах и внутренняя обшивка электролизных ванн. Однако выделяется он в воздушную среду преимущест-

венно в виде PbSO_4 , а также PbCl_2 , образованию которых способствует большое количество ионов Cl_2 и особенно SO_2 , содержащихся в электролитах. Идентичная реакция протекает в электролизных ваннах и с цинком, часть которого, не осажденная на катодах, вступает в реакции с кислотными остатками SO_4 и Cl_2 .

Значительное количество хлора в растворах является следствием его высвобождения в результате химических реакций из некоторых соединений, а также высокого содержания в воде, используемой для растворов. Кроме того, в воздухе электролизного отделения обнаруживались и HCl , SO_2 , As , Sb , HF , Cd и др., но концентрации их были весьма невысоки. У вакуумиспарительной установки (ВИУ) содержание основных химических веществ в зоне дыхания работающих, за исключением соединений цинка, в результате качественной герметизации основных узлов незначительно превышало ПДК. В плавильных отделениях, где происходит плавка катодного цинка в индукционных печах, из процесса уже исключаются H_2SO_4 и Cl_2 , а обнаружение в воздушной среде несколько повышенного количества ZnSO_4 и ZnCl_2 происходило за счет их присутствия в катодном цинке. Наибольшие же концентрации отмечены по ZnO , т.к. выплавлялся в печах именно металлический цинк, который, соединяясь с кислородом, и обнаруживался в отбираемых пробах.

Гигиенические исследования, проведенные в плавильных отделениях цинкового производства, показали, что содержание цинка и его соединений в воздушной среде было весьма высоким. Так, на рабочем месте пенкосъемщика только среднесменные концентрации ZnSO_4 и ZnCl_2 , достигали соответственно 12,5 и 11,7 мг/м^3 , а при загрузке катодного цинка в индукционные печи (на верхней площадке) – 14,2 и 13,5 мг/м^3 . Однако на наиболее высоком уровне оказалась окись цинка, среднесменное содержание которой равнялось 22,7 мг/м^3 – это на расстоянии двух метров от печей. По удалении от них количество цинка снижалось: в четырех метрах – 15,9 мг/м^3 , а в торцах пролета – 4,3 мг/м^3 .

Таблица 18. Содержание основных химических веществ в воздушной среде производственных участков электролизного цеха

Точки отбора проб	Исследуемые компоненты (мг/м ³), М ± m							
	К-во проб	ZnSO ₄	ZnCl ₂	ZnO	H ₂ SO ₄	Cl ₂	PbSO ₄	PbCl ₂
На рабочей площадке при сдирке цинка	180	<u>26,7±1,19</u> 10,6-35,4	<u>19,2±1,16</u> 11,9-23,2	<u>14,2±1,2</u> 2,4 – 27,9	<u>12,5±0,45</u> 8,1 – 17,8	<u>5,5 ±0,31</u> 2,8 – 9,6	<u>1,89±0,06</u> 0,23-1,02	<u>0,83 ±0,04</u> 0,43 –1.14
В середине центрального прохода	164	<u>9,7 ± 0,76</u> 2,5- 18,4	<u>8,4 ± 0,79</u> 3,1 – 16,4	<u>11,1±0,68</u> 3,9- 18,1	<u>4,8± 0,28</u> 2,8 – 8,9	<u>2,7 ± 0,29</u> 1,4 -7.6	<u>0,04± 0,003</u> 0,01 -0,07	<u>0,01±0,002</u> 0,004-0,05
У приемника отработанного электролита	178	<u>17,3± 1,24</u> 5,3 -31,2	<u>10,9±0,74</u> 3,1 – 18,5	<u>12,6±0,62</u> 6,8 – 19,7	<u>9,9 ±0,23</u> 8,7- 13,6	<u>4,9 ±0,36</u> 2,1- 9,8	<u>0,56±0,03</u> 0,23 – 0,98	<u>0,30±0,03</u> 0,12-0,69
В помещении зарядки аккумуляторов	120	<u>2,4± 0,24</u> 0,6 – 5,7	<u>1,1 ± 0,09</u> 0,4 – 2,3	<u>2,80± 0,26</u> 0,3 – 5,7	<u>9,8 ± 0,28</u> 6,5 – 12,4	<u>0,2 ± 0,03</u> 0,11 -0,95	<u>0,64 + 0,03</u> 0,30- 1,09	<u>0,18 ± 0,01</u> 0,06 – 0,39
На рабочем месте пен-косьемщика	180	<u>4,5 ± 0,28</u> 1,3- 14,2	<u>2, 8 ± 0,22</u> 0,8 – 8,4	<u>16,8 ± 0,59</u> 11,2-23,5	<u>0,2 ± 0,04</u> 0,1 – 1,1	<u>0,2 + 0,03</u> 0,04 – 0,84	<u>0,21 ±0,02</u> 0,07 – 0,48	<u>0,02 ± 0,003</u> 0,01 -0,07
На верхней площадке при загрузке цинка в печи	180	<u>14,2± 1,04</u> 5,1 – 16,8	<u>13,5 ± 1,35</u> 1,6-29,7	<u>22,7 ± 2,17</u> 3,1 -48.2	<u>0,8± 0,05</u> 0,3 -1,5	<u>0,7± 0,03</u> 0,06 – 0,75	<u>0,46 ± 0,03</u> 0,11 -0,83	<u>0,14 ± 0,01</u> 0,04 – 0,39
У вакуумиспарительной установки	168	<u>13,0 ± 0,72</u> 4,5- 19,6	<u>12,9 ± 0,68</u> 3,9- 18,2	<u>0,8±0,03</u> 0,5- 1,3	<u>1,7±0,19</u> 1,4- 5,6	<u>1,5 ± 0,07</u> 0,8 – 2,3	<u>0,02 + 0,002</u> 0,01 -0,05	<u>0,01 ± 0,003</u> 0,002 -0,07

Примечание: в знаменателе приведены пределы минимальных и максимальных концентраций.

Как показали исследования, даже на одних и тех же участках концентрации химических компонентов в воздушной среде далеко не стабильны и зависели прежде всего от технологического момента и выполняемых операций. Так, если при нормальной работе ванн (процесс электролиза) среднесменное содержание H₂SO₄ было 7,4 мг/м³, Cl₂ – 3,4 мг/м³, то при загрузке катодов количество H₂SO₄ возрастало до 11,1 мг/м³, а Cl₂ – до 6,7 мг/м³ (табл. 19).

Подобная картина отмечена и при сдирке катодного цинка. Кроме того, при чистке катодов и анодов в зону дыхания рабочих выделялось большое количество пыли, содержащей ZnO, As₂O₃, PbO в среднем 24,9 мг/м³, – операция, на которую затрачивается около часа за рабочую смену. Наблюдаемые концентрации SO₂ (от 9,0 до 13,1 мг/м³), по-видимому, частично объяс-

няются и за счет" поступления SO₂, с наружным воздухом из находящегося вблизи сернокислотного цеха, т.к. содержание SO₂ между цехами в среднем колебалось от 5,7 до 8,4 мг/м³. Естественно, это приводило к «подпитке» атмосферы электролизного отделения, особенно в те периоды, когда направление ветра было со стороны сернокислотного, а также обжигового цехов.

В то же время в ряде случаев наблюдалось несоответствие между содержанием некоторых химических веществ в зоне дыхания работающих и их процентным соотношением в технологическом процессе. Для выяснения данного обстоятельства мы отобрали несколько газообразных веществ, по которым (при ранее проводимых исследованиях) наблюдалось наиболее выраженное непостоянство концентрации, а именно: HCl, Cl₂, SO₂, HF, AsH₃. При этом было сделано предположение о зависимости распределения вышеуказанных компонентов в воздушной среде цеха от их молекулярного веса и плотности.

Таблица 19. Содержание основных химических компонентов в воздушной среде на площадках электролизных ванн при различных производственных операциях до и после внедрения оздоровительных мероприятий

Точки отбора проб	Исследуемые компоненты, мг/м ³											
	ZnO		ZnSO ₄		ZnCh		H ₂ SO ₄		PbSO ₄		Cl ₂	
	n	M ± m	n	M ± m	n	M ± m	n	M ± m	n	M ± m	n	M ± m
При работе электролизных ванн	12	<u>11,5±1,50</u>	12	<u>17,1±1,25</u>	12	<u>19,8±1,18</u>	12	<u>7,4±0,27</u>	12	<u>0,32±0,2</u>	12	<u>3,4±0,09</u>
	14	7,4±0,91 P<0,05	14	6,9 ± 0,45 P<0,001	14	5,2± 0,47 P<0,001	14	3,8±0,36 P<0,001	14	0,13±0,03 P<0,001	14	1,53±0,09 P<0,001
Выгрузка катодов из ванн	12	<u>13,3±2,04</u>	12	<u>30,5 ± 1,57</u>	12	<u>23,7 ± 2,06</u>	12	<u>11,1 ± 0,5</u>	12	<u>0,94±0,11</u>	12	<u>6,7±0,52</u>
	14	10,9 ± 0,91 P<0,001	14	12,4±0,56 P<0,001	14	9,9 ± 0,83 P<0,001	14	6,6±0,60 P<0,01	14	0,27±0,02 P<0,001	14	2,1±0,29 P<0,001
Загрузка катодов	12	<u>14,4± 1,67</u>	12	<u>25,6 ± 0,77</u>	12	<u>26,4±1,85</u>	12	<u>8,5±0,51</u>	12	<u>0,91±0,04</u>	12	<u>2,7±0,21</u>
	14	8,3± 0,68 P<0,01	14	9,8 + 0,58 P<0,001	14	6,5 ± 0,69 P<0,001	14	5,3±0,43 P<0,001	14	0,33±0,02 P<0,001	14	1,2±0,18 P<0,001
Сдирка катодного цинка	12	<u>14,1± 1,67</u>	12	<u>26,8±14,33</u>	12	<u>31,3±2,02</u>	12	<u>17,5±0,45</u>	12	<u>0,87±0,08</u>	12	<u>5,5±0,45</u>
	14	9,8 ± 0,49 P<0,01	14	8,3 ± 0,58 P<0,001	14	18,1±1,66 P<0,001	14	8,4±0,39 P<0,001	14	0,33±0,03 P<0,01	14	4,87±0,42 P<0,001
Чистка ванн	12	<u>13,5 ± 1,17</u>	12	<u>29, 5±2,75</u>	12	<u>24,9±2,15</u>	12	<u>10,7±0,63</u>	12	<u>0,89±0,11</u>	12	<u>1,65±0,13</u>
	14	11,4±0,66 P<0,001	14	10,1±0,93 P<0,001	14	12,8±1,28 P<0,01	14	7,4±0,73 P<0,001	14	0,51±0,06 P<0,01	14	1,28±0,14 P>0,05

Примечание: в числителе приведены показатели до внедрения, в знаменателе – после внедрения оздоровительных мероприятий.

По закону А. Авокадро, равные объемы различных газов при равном давлении и температуре содержат одинаковое число молекул. Плотность выражается формулой: $\rho = m/v$ г/см³, где m – масса, а v -объем данного вещества.

С учетом молекулярного веса и плотности изучаемые нами вещества распределялись следующим образом:

№ п/п	Исследуемое вещество	Молекулярный вес	Плотность по воздуху
1	AsH ₃	77,3	2,70
2	Cl ₂	71,0	2,49
3	SO ₂	64,0	2,26
4	HCl(газ)	36,5	1,26
5	HF	20,0	0,71

В связи с этим отбор проб воздуха проводился на различной высоте от уровня пола, а именно: на 1,0; 2,5; 4,5; 6,0; 8,0 м (не совсем равнозначные расстояния были продиктованы конструктивными особенностями цеха) при идентичных условиях технологического процесса. Для изучения был взят весенний период года, когда аэрационные фонари еще открыты частично, и движение воздуха в помещениях менее значительно.

В результате исследований удалось выявить весьма своеобразное распределение определяемых компонентов в зависимости от их молекулярного веса и плотности. Так, средние концентрации AsH₃ (табл. 20) были наибольшими на нижних уровнях: 1,0 м от пола – 0,81 мг/м³, а на высоте 8 м – 0,08 мг/м³. Подобная картина наблюдалась и с хлором. Более равномерно распределялись сернистый ангидрид и хлористый водород, а вот содержание HF колебалось от 0,10 до 0,81 мг/м³. Т.е., соединения, обладающие более высокой плотностью – AsH₃ (2,70) и Cl₂ (2,49) имели тенденцию к повышению их содержания в нижних слоях воздуха. Пары же фтористого водорода (плотность 0,71) распределялись иначе. В то же время, сравнивая результаты анализов, полученных непосредственно над ваннами и в центральной части, даже у химических веществ с меньшей плотностью наблюдалось некоторое увеличение концентраций в нижней зоне и уменьшение – в верхней. Проведенные замеры температуры воздуха, скорости движения и направления воздушных потоков показали,

что температура воздуха над ваннами была более высокой (до +27,3°C), чем в центре между сериями ванн (до +22,5°C). Причем над ваннами при удалении от них кверху (до 8 м) она фактически не снижалась, что указывало на перемещение более теплых потоков воздуха в верхнюю зону. Подобная картина наблюдалась и с относительной влажностью воздуха. В то же время в центре, между сериями ванн, температура и относительная влажность воздуха были менее значительными и понижались в верхних зонах, что указывало на нисходящие потоки на данных участках.

Таблица 20. Содержание химических компонентов в воздушной среде электролизного отделения в зависимости от уровня отбора проб среднесменные показатели)

Место отбора проб	Расстояние от уровня пола (м)	Исследуемые вещества, мг/м ³									
		HCl ₂		AsH ₃		Cl ₂		HF		SO ₂	
		n	M ± m	n	M ± m	n	M ± m	n	M ± m	n	M ± m
1. В центре пролета между сериями ванн	1,5	12	15,25 ± 0,95	12	0,87 ± 0,03	12	3,11 ± 0,39	12	0,15 ± 0,02	12	12,7 ± 0,69
	2,5	12	16,31 ± 1,20	12	0,45 ± 0,03	12	1,87 ± 0,17	12	0,23 ± 0,01	12	14,35 ± 1,21
	4,5	12	11,35 ± 0,51	12	0,39 ± 0,04	12	1,04 ± 0,03	12	0,27 ± 0,01	12	13,9 ± 0,98
	6,0	12	9,02 ± 0,53	12	0,16 ± 0,01	12	0,53 ± 0,05	12	0,13 ± 0,02	12	10,45 ± 0,66
	8,0	12	7,6 ± 0,61	12	0,08 ± 0,01	12	0,11 ± 0,02	12	0,12 ± 0,01	12	8,14 ± 0,79
2. У электролизных ванн	1,5	12	14,6 ± 0,35	12	0,68 ± 0,04	12	3,38 ± 0,39	12	0,10 ± 0,01	12	12,6 ± 0,69
	2,5	12	15,7 ± 0,54	12	0,53 ± 0,05	12	2,17 ± 0,39	12	0,25 ± 0,04	12	14,82 ± 0,94
	4,5	12	17,5 ± 0,59	12	0,32 ± 0,04	12	1,69 ± 0,20	12	0,36 ± 0,02	12	21,5 ± 0,092
	6,0	12	19,7 ± 0,67	12	0,20 ± 0,03	12	1,14 ± 0,09	12	0,81 ± 0,08	12	18,35 ± 1,91
	8,0	12	10,2 ± 0,57	12	0,14 ± 0,02	12	0,32 ± 0,05	12	0,41 ± 0,06	12	11,87 ± 0,74

Кроме того, участок электролизных ванн является фактически единственным из всех переделов производства цинка, где был обнаружен интенсивный шум и электромагнитные поля (исследования проведены Г.Е. Пятаевым и В.А. Бенедиктовым). Кислород и водород, выделяемые в процессе электролиза, скапливаются под слоем пены, и при замыканиях в

электрической цепи происходит «взрыв». Интенсивность звуковых импульсов при «взрывах» колебалась в пределах 120-140 дБ., длительность импульса – 0,1-0,3 с. А длительность максимальной интенсивности – 0.001 сек. Расстояние от поверхности ванны, где возникал «взрыв», до слухового органа работающих было равно 1,7-2,0 м. Однако уже на протяжении ряда лет в связи с заменой пенообразователей и нормализацией работы электромагнитных полей оказалась значительной только между ваннами (150-170 эрстед) и у шинопроводов (250-350 эрстед), где рабочие находятся не более 5-10% по времени за смену. На других участках цеха, так же как и на всех других переделах производства цинка, электромагнитные поля не фиксировались.

Необходимо отметить, что если в отделениях электролиза основным неблагоприятным метеорологическим фактором является относительная влажность воздуха, то в плавильных отделениях – это повышенная температура воздуха и теплоизлучения. Так, в летний период среднесменная температура воздуха на рабочих местах пенкосъемщиков равнялась + 29,9°С, а у рабочего окна индукционных печей +36,5°С. Теплоизлучения на данных участках были в пределах 26,4-37,5 Дж/ (см²мин). Весьма значительными оказались и скорости воздуха, что, очевидно, связано с усилением конвекционных потоков за счет горячих источников – индукционных печей. В ВИУ метеорологические условия оказались более благоприятными.

Следует также остановиться еще на двух обособленных участках: приготовления цинковой пыли и переработки дроссов из индукционных печей. На первом из них, расположенном в отдельном помещении, в воздушную среду ранее выделялось в среднем от 28,0 до 97,8 мг/м³ цинковой пыли, особенно при выгрузке цинковой пыли (97,8 мг/м³), и хотя данная операция продолжалась не более 30-40 мин за рабочую смену (табл. 21), подобные концентрации заслуживали особого внимания. На дроссовом участке до проведения механизации процесса герметизации оборудования содержание пыли в воздухе было также значительным, особенно при операциях просева дроссов – 66,3 мг/м³ и их загрузке – 72,8 мг/м³. Метеорологические условия на данных участках в связи с неотопливаемостью помещений, особенно в холодный период года, также были неблагоприятными.

Таким образом, исследования, проведенные при электролизе цинка, показали, что условия труда работающих на целом ряде переделов являлись еще весьма неблагоприятными. И даже на таких заводах, как ЛПК,

построенном по более прогрессивной технологической схеме, в электролизном цехе при выполнении разнообразных операций на организм работающих воздействовал целый комплекс химических веществ, как-то: ZnO, ZnSO₄, Cl₂, H₂SO₄, PbSO₄, PbO, SO₄, HCl, AsH₃, SbH₃, HF и др. А концентрации многих из них в зоне дыхания работающих оказались весьма значительными. Основными компонентами, выделяемыми в воздушную среду по всему технологическому циклу, являются ZnO, ZnSO₄, ZnCl₂. Наряду с цинком обращают на себя внимание Cl₂, но особенно H₂SO₄, значительное содержание которой в воздушной среде неразрывно связано с процессом электролиза.

Таблица 21. Содержание пыли в воздушной среде на участках приготовления цинковой пыли и дроссов электролизного цеха ЛПК до и после внедрения оздоровительных мероприятий

Место отбора проб	Концентрации (мг/м ³)			
	средние		минимальные	максимально разовые
	n	M ±m		
Участок приготовления цинковой пыли				
На рабочей площадке 3 м от печей	12	<u>28,0 ±3,48</u>	10,4	46,4
	12	17,5 ±1,66 P<0,001	1,1	23,9
У бункера печей	12	<u>36,5 ±4,21</u>	13,9	59,1
	12	9,4 ± 0,95 P<0,001	4,1	14,7
При загрузке цинковой пыли	12	<u>97,8 ± 6,02</u>	52,4	143,2
	12	31,4 ±2,53 P<0,001	6,7	42,3
Дроссовый участок				
При просеве дроссов	12	<u>66,3±4,83</u>	32,3	100,3
	12	16,9 ±0,82 P<0,001	12,1	21,7
При загрузке дроссов	12	<u>72,8 ±6,14</u>	25,0	120,6
	12	17,5 ±2,47 P<0,001	5,3	29,5

Примечание: в числителе указаны концентрации до внедрения, в знаменателе – после внедрения оздоровительных мероприятий.

Дополнительно к этому наблюдается и комплекс неблагоприятных метеорологических факторов, как-то: высокая относительная влажность воздуха (электролизное отделение), неблагоприятная температура и скорость воздуха (плавильное отделение, участки приготовления цинковой пыли и дроссов. отделения индукционных печей), а также теплоизлуче-

ния (индукционные печи и разливные машины). Непосредственно у электролизных ванн имеют место, хотя и весьма редко, импульсный шум, а также электромагнитные поля.

Операции по сдирке катодного цинка, чистке анодов, катодов и др. связаны с применением интенсивного физического труда рабочих. Механизировать данные процессы на сегодня еще не удается, т.к. имеющиеся конструкции катодосдирочных машин не обеспечивают требуемого качества обработки катодов, и рабочие-катодчики на протяжении 3-4 часов в смену занимаются выгрузкой, загрузкой и сдиркой с катодов листового цинка – наиболее трудоемкая физическая операция. Физический труд используется также при чистке катодов (30-50 мин за смену), анодов и электролизных ванн (1,5-2 ч за смену). При выходе из строя штабелеукладчиков штабелирование цинковых чушек также производят вручную.

В связи с неблагоприятной гигиенической обстановкой в электролизных цехах отечественных цинковых заводов важно было провести сравнительную гигиеническую оценку. Исследования, проведенные в электролизных цехах, показали, что условия труда рабочих фактически на всех цинковых заводах оказались неблагоприятными. Наиболее высокое содержание химических веществ было отмечено в воздушной среде электролизного отделения завода «Укрцинк», где среднесменные концентрации $ZnSO_4$ над ваннами равнялись $43,8 \text{ мг/м}^3$, H_2SO_4 – $19,6 \text{ мг/м}^3$, а $PbSO_4$ – $1,56 \text{ мг/м}^3$, а также Алмалыкском (табл. 25). Подобное положение объяснялось недостаточными производственными площадями, большими открытыми поверхностями растворов, плотностью установленного оборудования и неэффективной аэрацией.

Несколько лучшее состояние отмечалось на заводах УК СЦК (1-м), «Электроцинке», где несоответствие коробок зданий и оборудования частично компенсировалось работой вентустановок и механизированным открыванием фонарей.

Оказалось, что на наиболее современном заводе – Лениногорском концентрации выделяющихся в воздушную среду химических компонентов также довольно значительны, что объясняется прежде всего недостатками, допущенными при проектировании. Так, многие желоба для подачи и коллектора для слива отработанных растворов открыты, и испарения поступали непосредственно в цех. Полы не имели уклонов и органи-

зованных стоков, в результате чего при переливах растворов появлялись дополнительные источники газовыделений. Конструкция приточно-вытяжной вентиляции не удовлетворяла требованиям, и несмотря на механизированное открывание фонарей, не обеспечивала достаточного удаления выделяющихся вредностей.

В то же время на более новых заводах, даже при более высокой кислотности растворов, концентрации химических компонентов в воздушной среде оказались менее высокими, что прежде всего связано с применением вакуум-испарительных установок – ВИУ, создавших возможности охлаждать подаваемые к ваннам растворы. Это, естественно, привело к существенному уменьшению испарений из ванн и, кроме того, создало условия для ликвидации змеевиков, при замене и ремонте которых условия труда рабочих были крайне неблагоприятными. Например, если температура растворов на заводах «Укрцинк», УК СЦК и Челябинском была в пределах: зимой $+36 - +45^{\circ}\text{C}$, а летом $+40 - +50^{\circ}\text{C}$ и даже выше, то на Лениногорском заводе – от $+30$ до $+38^{\circ}\text{C}$.

На некоторых заводах, например «Электроцинк» и Челябинском, растворы подаются в ванны по трубам, а на Алмалыкском и Лениногорском – по открытым желобам сверху, что создает условия для дополнительных газовыделений. На всех заводах (за исключением Челябинского, где оборудована приточно-вытяжная вентиляция) концентрации химических компонентов над ваннами и в центре пролета незначительно отличались друг от друга. Механизация удаления шлама из ванн вакуумными отсосами (через верх) при помощи ресиверов (на Лениногорском, Алмалыкском и Орджоникидзовском заводах) создавала возможность для ликвидации и этой трудоемкой операции. Еще рациональнее был решен вопрос на УК СЦК, где был применен «донный выпуск», что позволило удалить рабочих из ванн и уменьшить газовыделения.

Изучение метеорологических условий показало, что относительная влажность воздуха во всех электролизных отделениях была в пределах от 71 до 98% в теплый период и от 68 до 96% – в холодный период года, а температура воздуха соответственно от $+20,4$ до $+31,2^{\circ}\text{C}$ и от $+15,9$ до $+23,4^{\circ}\text{C}$ (табл. 22). На Челябинском заводе относительная влажность не превышала 87% в связи с более эффективной организацией воздухообмена, а также герметизацией подачи растворов. Наиболее значительной относительная влажность оказалась на «Укрцинке», 1-м УК СЦК и

«Электроцинке», а более высокая температура воздуха отмечена на Алмалыкском заводе, а также «Укрцинке» и «Электроцинке» – заводах, расположенных в зоне теплого климата.

Исследования, проведенные в плавильных отделениях, показали, что состав химических компонентов и их содержание в воздушной среде, так же, как и на ЛПК, существенно отличались от электролизных отделений. Так, при плавке катодного цинка в зону дыхания работающих выделялось значительное количество ZnO , $ZnSO_4$, а также пыли и PbO (табл. 23), но уже почти не обнаруживались H_2SO_4 , HCl , AsH_3 , SbH_3 , Cl_2 . В то же время на заводе «Укрцинк» условия труда рабочих оказались несколько лучше, чем на других заводах, в связи с малым количеством печей, их незначительной производительностью и оборудованием местной вытяжной, а у рабочего места пенкосъемщика и обдувной вентиляцией.

Оказалось, что в плавильных отделениях «Укрцинк», «Электроцинк», Челябинского заводов, где работали прямолинейные разливочные машины, в воздушную среду может выделяться SO_2 и CO , правда, в небольших концентрациях. «Карусельные» же агрегаты конструкции Котова более гигиеничны, и при их работе не наблюдается «горение» смазочных масел, создающее дополнительный источник газовой выделений. Гидравлические штабелеукладчики с программным устройством конструкции Челябинского завода и на УК СЦК – Котова – полностью механизмируют укладку чушек и почти не загрязняют воздушную среду газовой выделением. В то же время пневматические штабелеукладчики заводов «Электроцинк» и «Укрцинк» нестабильны в эксплуатации и не удовлетворяют гигиеническим требованиям. А вот гидравлические штабелеукладчики Лениногорского завода удобны в работе, но при горении масел в воздушную среду выделялось SO_2 (8,3-14,9 мг/м³) и CO (5,4-11,7 мг/м³).

Кроме того, значительные газовой выделение в определенной степени являются следствием несовершенства конструктивных печей типа «ИЦ-20» и «ИЦ-40» и др., где при съеме дроссов открываются все люки. Метеорологические условия определяются спецификой плавильных отделений и функционирующего в них оборудования – теплоизлучениями и повышенной температурой окружающего воздуха. Однако при сравнительной гигиенической оценке плавильных отделений различных заводов не было обнаружено существенных отклонений от результатов, полученных по Лениногорскому заводу.

Таблица 22. Результаты исследований метеорологических условий в электролизных отделениях цинковых заводов

Завод и точки замеров	Относит влажность (%)				Температура возд. (°C)			
	лето		зима		лето		зима	
	n	M ±m	n	M ±m	n	M ±m	n	M ±m
Лениногорский а) над ваннами б) в центре пролета	27	94 ± 0,86	18	90 ± 1,30	27	26,8±(),63	18	20,9±0,49
	27	85 ± 0,96 P<0,001	18	80 ± 1,49 P<0,001	27	22,5±0,68 P<0,001	18	17,3±0,52 P<0,001
Алмалыкский а) над ваннами б) в центре пролета	12	94 ± 1,33			12	31,2±1,35		
	12	88 ± 1,86 P<0,05			12	27,5±1,22 P>0,05		
Челябинский а) над ваннами б) в центре пролета	12	87 ± 1,42	12	83 ± 1,95	12	25,0±0,81	12	19,6±0,76
	12	71 ± 1,68 P<0,001	12	68 ± 2,03 P<0,001	12	20,4±0,83 P<0,01	12	15,9±0,89 P<0,01
УК СЦК-1 а) над ваннами б) в центре пролета	27	98 ± 0,48	18	94 ± 0,93	27	27,3±0,55	18	21,2±0,59
	27	93 ± 0,72 P<0,001	18	90 ± 0,74 P<0,01	27	21,6±0,47 P<0,001	18	16,4±0,47 P<0,001
УК СЦК-2 а) над ваннами б) в центре пролета	27	92 ± 0,77	18	88 ± 0,87	27	25,5±0,45	18	20,6±0,36
	27	86 ± 1,05 P<0,001	18	81 ± 1,05 P<0,001	27	22,7±0,46 P<0,001	18	17,3±0,51 P<0,001
"Электроцинк" а) над ваннами б) в центре пролета	12	95 ± 0,97			12	27,9±0,81		
	12	92 ± 1,24 P>0,05			12	24,8±0,72 P>0,05		

Таблица 23. Содержание основных химических компонентов в воздушной среде плавильных отделений цинковых заводов

Завод и место отбора проб	Исследуемые компоненты (мг/м ³)					
	ZnO		ZnSO ₄		PbO	
	n	M ±m	n	M ±m	n	M ±т
Лениногорский а) сьем "пенки" б) площадка загрузки печей	24	<u>15,8 ±0,44</u>	<u>24</u>	<u>3,6 ±0,15</u>	24	<u>0,08 ± 0,004</u>
	24	85 – 0,96	<u>24</u>	<u>2,2-5,1</u>	24	0,04-0,11
		<u>22,7 ± 1,48</u>		<u>5,9 ± 0,54</u>		<u>0,07 ± 0,005</u>
		10,8-39,1		<u>2,4- 12,7</u>		0,02-0,17
Алмалыкский а) сьем "пенки" б) площадка загрузки печей	12	<u>17,1 ±1,78</u>	12	<u>4,1 +0,33</u>	12	<u>0,04 ± 0,006</u>
	12	12,4-21,2 <u>18,6</u>	12	2,0-5,7	12	0,02 – 0,09
		<u>±2,36</u>		<u>9,2±1,28</u>		<u>0,09 ± 0,007</u>
		6,3-32,9		2,4- 16,8		0,05-0,13
УК СЦК-2 а) сьем "пенки" б) площадка загрузки печей	27	<u>13, 9 ±0,35</u>	27	<u>2,5 ± 0,11</u>	27	<u>0,09 ± 0,004</u>
	27	9,5 – 16,8	27	1,2-3,6	27	0,06-0,14
		<u>19,6± 1,23</u>		<u>5,3 ±0,76</u>		<u>0,08 ± 0,003</u>
		5,7-31,3		2,1 – 10,9		0,06-0,15
Челябинский а) сьем "пенки" б) площадка загрузки печей	12	<u>13, 2 ±0,69</u>	12	<u>2,4 ± 0,23</u>	12	<u>0,03 ±0,005</u>
	12	9,1 – 16,9	12	0,9 – 3,7 <u>6,7 ±</u>	12	0,01 –0,07
		<u>22,9 ±2,23</u>		<u>0,70</u>		<u>0,04 ± 0,005</u>
		7,2-32,4		3,5- 11,4		0,02-0,08
"Электроцинк" а) сьем "пенки" б) площадка загрузки печей	12	<u>12,4 ±0,83</u>	12	<u>2,9 ± 0,22</u>	12	0,06 ± 0,005
	12	8,1 – 17,5	12	1,3-3,8	12	0,03 – 0,09
		<u>25,4 ±2,86</u>		<u>7,7 ±0,85</u>		<u>0,17 ±0,01</u>
		8,9-41,2		2,5- 12,1		0,08-0,24
"Укрцинк" а) сьем "пенки" б) площадка загрузки печей	12	<u>11, 4 ±0,76</u>	12	<u>2,7+0,28</u>	12	<u>0,08 ±0,009</u>
	12	6,3 – 14,9	12	0,9-4,1	12	0,04-0,11
		<u>23,8±2,14</u>		<u>6,4 ± 0,95</u>		<u>0,04 ± 0,005</u>
		10,5-34,6		1,8- 12,5		0,02-0,08

Примечание: в знаменателе приведены минимальные и максимальные концентрации.

Переработка дроссов на большинстве заводов была не механизирована, а условия труда – неблагоприятными, особенно при процессах загрузки и просева дроссов, когда среднесменные концентрации пыли в зоне дыхания рабочих составляли от 46,3 до 72 8 мг/м³ Исключением являются заводы УК СЦК (2-й) и «Укрцинк», где были созданы механизированные узлы с эффективной местной вытяжной вентиляцией. На Челябинском цинковом заводе был применен ультразвуковой способ приго-

товления цинковой пыли, что дало определенный гигиенический эффект. И если при способе «раздува», применяемом на других заводах, среднесменное содержание пыли у печей было от 17,4 до 26,5 мг/м³, то при ультразвуковом – от 12,4 до 18,7 мг/м³. Снизилось и содержание свинца (до 0,06 мг/м³). В то же время вся система транспортировки оказалась недоработанной, и в бункерном отделении были обнаружены значительные пылевыведения (от 21,3 до 37,6 мг/м³) что не дает оснований рекомендовать данный способ для других заводов. Не были полностью механизированы и процессы подачи цинковых чушек в печь.

Таким образом, изучение условий труда в электролизных цехах различных цинковых заводов показало, что в воздушную среду производственных помещений выделяется разнообразный комплекс химических компонентов, основными из которых являются: ZnO, ZnSO₄, ZnCl₂, а также полиметаллическая пыль, H₂SO₄, PbSO₄, Cl₂ и др. Содержание свинца в воздухе плавильных отделений в отличие от ряда других технологических переделов, незначительно превышало ПДК. Кроме того, на работающих оказывают влияние и неблагоприятные метеоусловия, а именно: высокая относительная влажность теплоизлучения и повышенная температура воздуха. При этом многие из основных производственных операций сопровождаются применением физического труда.

Результаты сравнительной гигиенической идентичности гидрometаллургического цикла указывают на существенные различия в производственных помещениях, планировке оборудования и типах его организации воздухообмена и т.д., что оказывало влияние на количество пылегазовыведений и их специфику, метеорологические условия, интенсивность физического труда рабочих. Проведенные исследования позволили выделить наиболее неблагоприятные с гигиенической точки зрения технологические операции, к которым были отнесены плавка катодного цинка и съём окисленной «пленки».

Гигиеническая оценка разнообразных технологических усовершенствований показала, что многие из них дают существенный гигиенический эффект; и если взять все лучшее, имеющееся на тех или иных заводах, то уже сегодня можно создать цеха, в определенной степени удовлетворяющие гигиеническим требованиям. Однако в настоящее время в электролизных цехах остается и ряд нерешенных вопросов, основными из которых являются: механизация процессов сдирки катодного цинка с применением катодосдирочных машин, создание автоматики для под-

держания температуры и заданного состава электролитных растворов, герметизация желобов для растворов, механизация снятия «пенки» при разливе цинка и др.

В заключение необходимо отметить, что в дальнейшем на цинковых заводах будут совершенствовать и видоизменять технологические процессы, автоматизировать и механизировать трудоемкие операции. Многие профессии (катодчики, печевые, фильтрпрессовщики, агитаторщики) изменятся в корне или вообще отпадут, а все это может привести и к совершенно иным взаимоотношениям организма работающих с производственными условиями, иной картине заболеваемости, предопределять которую необходимо на данном этапе. В связи с изложенным материалом весьма важным вопросом является и выяснение зависимости условий труда и состояния здоровья работающих, одним из показателей которого является и заболеваемость с временной утратой трудоспособности. Требуют своего разрешения и вопросы оценки влияния на организм некоторых ведущих химических компонентов, и особенно твердых полиметаллических аэрозолей, содержащих непосредственно соединения цинка, а также свинца, выделение которых в воздушную среду наблюдается почти по всему технологическому циклу.

Глава 3. ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ С ВРЕМЕННОЙ УТРАТОЙ ТРУДОСПОСОБНОСТИ РАБОЧИХ

3.1. Цинковые заводы

При производстве цинка на работающих воздействует разнообразный комплекс химических компонентов, неблагоприятных метеорологических условий и интенсивного физического труда, способных отрицательно воздействовать на организм. Так, результаты разработки заболеваемости с временной утратой трудоспособности на цинковом заводе УК СЦК, по данным В.А. Бенедиктова и М.Т. Рахимова и др. (1987), показали, что в 1991 году число случаев достигало 171,5, а дней нетрудоспособности – 2043,1 на 100 работающих. Подобная картина отмечена авторами и на протяжении нескольких последующих лет.

Изучая заболеваемость рабочих с временной утратой трудоспособности на цинковом производстве завода «Электроцинк», С.Р. Дихтяр (1982) показал, что в среднем за три года в обжиговом цехе заболеваемость равнялась 100,33, в выщелачивательном – 100,06, а в электролизном – 99,12 (однако это были усредненные данные). Наибольшее количество случаев падало на язвенные болезни, дизентерию, гепатохолециститы, миозиты, радикулиты и гинекологические заболевания. В электролитном же цехе особенно высокого уровня достигали заболевания миозитами – 241,3, отитами – 233,33, радикулитами – 160,98 случаев (усредненные данные по отношению к общезаводским показателям), что вполне объяснимо за счет влияния производственных факторов и характера выполняемой работы.

Высокий уровень заболеваемости наблюдали в электролизных цехах УК СЦК – 123,5 случаев на 100 работающих, а в целом по заводу – 115,3 случая при 1483,4 дней нетрудоспособности и по Лениногорскому соответственно – 117,7 случаев при 1376,0 днях.

Р.А.Нищий в 1989 году, обследуя рабочих завода «Электроцинк», отмечал повышенный уровень заболеваний органов дыхания, а также органов пищеварения (13,8%) и сердечно-сосудистой системы (11,6%). При этом изменения со стороны крови и мочи, обнаруженные у рабочих (базофильная зернистость, ретикулоцитоз, порфиурия и свинец в моче), указывали на воздействие свинца. По данным автора, в обжиговом цехе наибольшее количество случаев заболеваний с временной утратой трудо-

способности в процентах по отношению к общезаводским показателям равнялось: воспаление легких – 183,1; язвенная болезнь – 177,2; гинекологические заболевания – 210,7; профессиональные отравления – 172,3.

А.Ф.Соклаков (1972) указывает на наибольший суммарный показатель заболеваемости у рабочих-агитаторщиков более, чем в два раза превышающий показатели, наблюдаемые у рабочих обжигового цеха, а наименьший – у дробильщиков и печевых. Автор не приводит цифровых данных и совершенно не ясно, почему в условиях больших пылегазовых делений, повышенной температуры и теплоизлучений заболеваемость рабочих обжигового цеха находится на более низком уровне. У рабочих УК СЦК обнаружил значительное количество сердечно-сосудистых нарушений, болезней нервной системы, органов дыхания, полости рта. Исследования указывали, что наибольшее число случаев заболеваний нервной системы, особенно в виде пояснично-крестцового радикулита, астенического синдрома и вегетативного полиневрита, отмечалось в электролизном цехе (В.И. Тихонова, Р.А. Нищий, 1986).

При неврологическом обследовании 494 рабочих завода «Электроцинк» О.Т.Хагиров(1982) также выявил существенные функциональные нарушения нервной системы: 26,7 случаев на 100 работающих, среди которых на заболевания пояснично-крестцового отдела приходилось от 5,7 до 8,8%. Эти данные, несмотря на определенные отличия от результатов, подтверждают их взаимосвязанность со специфическими особенностями цинкового производства. З.Е. Дзукаев (1997) при обследовании рабочих завода «Электроцинк» обнаружил усиление деформации и сгущение легочного рисунка с ячеистыми тенями, считая это проявлением легочного фиброза и классифицируя как токсический пневмосклероз, связанный с воздействием сернистого ангидрида. Но данные исследования, к сожалению, проводились в сернокислотном цехе, где отсутствует производственная пыль и другие компоненты, наблюдаемые в ведущих цехах цинкового производства.

На повышенный уровень заболеваний органов дыхания, а также сердечно-сосудистой системы, болезней нервной системы, пищеварения и лор-органов у рабочих цинковых заводов указывали также В.И. Тихонова (1985), Г.Е. Пятаев (1982); Б.А. Крутоногий и соавт. (1989), А.И. Музафаров (1992), Р.П. Неровная (1993). Groering P.L. et.al (2003), изучая состояние заболеваемости на Беловском цинковом заводе,

правда, с пирометаллургической технологией и показали, что уровень ее равнялся 110,4 случаям при 1225,2 дней нетрудоспособности на 100 работающих. При этом ведущее место в структуре заболеваемости занимали болезни верхних дыхательных путей (вместе с гриппом – 52,3%), заболевания костно-мышечной системы – 11,2%, кожи и подкожной клетчатки – 7,0%.

На ведущее влияние условий труда рабочих на заводе «Электроцинк» в формировании высоких показателей заболеваемости указывают и С.Ч. Тезиева, Е.Г. Легостаева (1989). По данным Р.А. Нищего и В.И. Тихоновой (1986), при производстве цинка значительный уровень падал на остеохондрозы и невралгии – 10,8 случаев, заболевания желудочно-кишечного тракта – 3,3 случая, а печени – 2,9 случаев на 100 работающих. На болезни органов дыхания приходилось около 18%, сердечно-сосудистой системы – 5,5 – 7,2%, а кожно-гнойничковые -5,2%. М.Т. Рахимова (1976) показала, что при анализе заболеваемости с временной утратой трудоспособности наиболее частными являлись заболевания нервной системы, органов пищеварения, опорно-двигательного аппарата и системы органов дыхания.

При изучении центральной нервной системы Р.П. Неровная (1993) обнаружила расстройство функций центральной и вегетативной нервной системы (вегетативно-сосудистые дистонии и астенические состояния) у рабочих цинкового производства и показала воздействие комплекса химических веществ через рецепторный аппарат на ретикулярную формуляцию ствола мозга.

Г.Е. Пятаев (1982) выявил нарушения функции слухового аппарата у рабочих электролизных отделений, прогрессирующие с увеличением производственного стажа. При изучении сердечно-сосудистой системы (А.Н. Ахмедшин и соавт., 1989) у рабочих при производстве цинка наблюдали существенные сдвиги и со стороны сердечно-сосудистой системы. Так, синусная аритмия отмечена у 37,9% обследованных, замедление внутрипредсердной или внутрижелудочковой проводимости – у 28,9%, тахикардии – у 24,5%, брадикардии – 22,2%, с вертикальным расположением электрической оси сердца – у 24,6%, характерных для рабочих обжиговых цехов, развивающихся параллельно с начальными стадиями пневмоклероза, а также электролизных цехов.

А.И. Музафаров (1992) при рентгенологическом обследовании большой группы работающих цинкового завода УК СЦК-1 у 24,9% обследованных обнаружил признаки пневмосклероза. При этом рентгенологические признаки пневмосклероза были выявлены у 28,1% – в обжиговом цехе, у 27,3% – в электролитном и у 22,1% – при процессах выщелачивания. Интересные данные получены при рентгенологическом исследовании позвоночника, где автор показал, что у 75% рабочих цинкового производства наблюдались различные изменения поясничного отдела, дегенеративно-дистрофического характера с деформирующим спондилезом, спондилоартрозом, остеохондрозом и грыжей межпозвоночных дисков. С увеличением возраста и стажа работы признаки пневмосклероза у рабочих увеличивались. Полученные А.И. Музафаровым результаты объясняли в значительной степени высокий процент остеохондрозов у рабочих цинковых производств.

Изучая состояние полости рта у рабочих цинкового завода, В.И. Тихонова (1985) выявила ряд серьезных патологических изменений со стороны пародонта и некариозных поражений зубов, однако на всем этом мы в дальнейшем остановимся более подробно. Талакин Ю.Н., Иванова Л.А. и соавт. (1991) на заводе ЛПК по производству соединений цинка выявили высокий процент заболеваний органов дыхания, в числе которых хронические субатрофические фарингиты, тонзиллиты, риниты. Исследования авторов показали, что на цинковом производстве одного из горно-металлургических комбинатов заболеваемость с временной утратой трудоспособности была значительно выше, чем в контроле (цифровых данных авторы не приводит). При этом наибольшее число случаев и дней нетрудоспособности приходилось на болезни органов дыхания, нервной системы, пищеварения, болезни кожи и подкожной клетчатки, костно-мышечной системы и соединительной ткани.

Изложенные выше данные, несмотря на крайнюю ограниченность исследований, проводимых преимущественно до 1976 года, указывали на весьма неблагоприятное состояние заболеваемости работающих на цинковых заводах и требовали более широкого изучения, особенно в современных условиях. Работы же авторов освещали только отдельные вопросы заболеваемости на гидрометаллургических цинковых заводах. Как показали гигиенические исследования, проведенные на гидрометаллур-

гических цинковых заводах, условия труда рабочих все еще остаются ведущим фактором в формировании уровня и структуры заболеваемости с временной утратой трудоспособности, являющейся одним из основных показателей состояния здоровья работающих, а также оценки степени воздействия на организм неблагоприятных производственных факторов. Как было показано в предыдущих главах, условия труда на цинковых заводах оказались весьма неблагоприятными, что приводило к высокому уровню заболеваемости с временной утратой трудоспособности работающих. Так, на цинковых заводах УК СЦК и ЛПК число случаев в целом по заводам в 1980-1982 гг. колебалось в пределах от 116,2 до 120,8 случаев на 100 круглогодичных работающих (табл. 24). Особенно высокие показатели заболеваемости отмечены у женщин.

Таблица 24. Заболеваемость с временной утратой трудоспособности в основных цехах цинковых заводов

Цеха и пол работающих	Показатели заболеваемости по заводам					
	ЛПК		УК СЦК-1		УК СЦК-П	
	Случаев	Дней	Случаев	Дней	Случаев	Дней
1. Обжиговые						
Мужчины	113,9	1103,8	118,2	1547,1	121,2	1305,7
Женщины	124,6	1368,3	129,8	1613,3	123,2	1419,0
2. Выщелачивательные						
Мужчины	90,4	949,0	89,0	1019,0	101,6	1257,6
Женщины	131,3	1461,1	144,6	1761,0	125,2	1660,1
3. Электролизные						
Мужчины	116,3	1120,2	124,3	1394,2	111,45	1523,3
Женщины	121,0	1457,4	119,4	1341,3	130,3	1766,4
В целом по заводам	116,2	1243,2	120,8	1445,9	118,8	1488,6

В последующие годы в связи с внедрением комплекса оздоровительных мероприятий гигиеническая обстановка в цехах значительно улучшилась, что привело и к ощутимому снижению уровня заболеваемости с временной утратой трудоспособности работающих. Так, на ЛПК она снизилась до 101,29 случаев, по УК СЦК (2) – до 101,08 случаев, но особенно ощутимое снижение произошло по дням нетрудоспособности, что является весьма важным показателем при оценке степени тяжести заболеваний (табл. 25). Однако сопоставление полученных данных с контрольной группой показало, что и в настоящее время они

значительно превышают показатели заболеваемости у рабочих механических цехов.

При анализе заболеваемости по основным цехам наиболее высокий уровень был зарегистрирован у рабочих обжиговых (от 100,02 до 116,62 случаев) и электролизных цехов (от 108,79 до 110,7 случаев), что, очевидно, связано с выделением в воздушную среду больших количеств пылегазовыделений. Обращает на себя внимание и различие в показателях заболеваемости мужского и женского контингента. Так, число случаев заболеваемости у женщин было фактически во всех цехах выше, чем у мужчин, что, по-видимому, указывало на большую чувствительность женского организма к производственным факторам. Особенно наглядно это проявлялось в обжиговых цехах (табл. 25), что является следствием воздействия основного комплекса неблагоприятных производственных факторов – твердых полиметаллических аэрозолей в сочетании с сернистым ангидридом, повышенной температурой воздуха и теплоизлучениями.

При анализе же болевших лиц оказалось, что в среднем по трем обжиговым цехам у рабочих основных профессий число болевших мужчин было более значительным (82,3), чем женщин (67,9). Число же случаев заболеваний было выше у женщин (119,4 против 98,3), что указывало на более высокий уровень хронических заболеваний (табл. 26). Подобная зависимость, хотя и менее выраженная, наблюдалась и в выщелачивательных цехах (вспомогательные профессии у женщин обжиговых цехов не обсчитывались в связи с крайне малым количеством лиц). В группах вспомогательных профессий различия между показателями болевших мужчин и женщин были минимальными. Крайне незначительны были они и в контрольной группе работающих. Число болевших лиц, а также случаев и дней нетрудоспособности во всех основных группах работающих (оба пола вместе) изучаемых цехов оказалось более высоким, чем у лиц вспомогательных профессий, а число случаев и дней временной нетрудоспособности, как в основных, так и во вспомогательных группах было наиболее значительным у женщин (за исключением выщелачивательного цеха). Что касается средней длительности 1 случая нетрудоспособности, то наблюдаемые колебания (от 8,21 до 10,82) не давали оснований делать какие бы то ни было выводы.

Таблица 25. Заболеваемость с временной утратой трудоспособности в основных цехах цинковых заводов

Цеха и пол работающих	Показатели заболеваемости по заводам					
	ЛПК		УК СЦК-1		УК СЦК-2	
	Случаев	Дней	Случаев	Дней	Случаев	Дней
Обжиговые						
Мужчины	102,2	953,7	104,6	1062,2	88,2	887,3
Женщины	117,7	1017,3	128,7	1184,4	111,8	982,5
Итого	109,9	985,5	116,6	1123,3	100,0	934,9
Выщелачивательные						
Мужчины	84,5	893,5	88,9	922,3	95,4	906,7
Женщины	104,8	1091,1	111,8	1066,0	98,6	972,1
Итого	94,6	992,3	100,4	984,2	96,9	919,4
Электролизные						
Мужчины	103,3	992,2	109,2	1102,6	108,3	969,8
Женщины	105,1	882,3	112,3	1164,7	109,2	923,2
Итого	108,5	937,2	110,7	1130,6	108,8	954,1
Механические						
Мужчины	76,6	789,6				
Женщины	80,4	826,6				
Итого	78,4	807,0				
В целом по заводам	104,3	971,7	109,2	1079,4	101,1	933,6

При анализе по стажевым и возрастным группам во всех изучаемых цехах наиболее высокий процент болевших лиц падал на рабочих старших возрастных групп с большим профессиональным стажем. В этих же группах отмечался и наиболее высокий уровень случаев и дней нетрудоспособности. Так, например, в обжиговых цехах при возрасте 30-39 лет и стаже работы 5-9 лет у мужчин основных профессии процент болевших был равен 90,4, а число случаев 125,0. При стаже 10 и более лет на 87,7 болевших лиц приходилось 166,6 случаев нетрудоспособности. У мужчин вспомогательных профессий число болевших лиц и случаев нетрудоспособности было менее значительным.

Обращает на себя внимание высокое число случаев заболеваний при относительно невысоком числе болевших лиц у женщин стажированных групп основных профессий обжиговых, а также выщелачивательных цехов (табл. 27). У женщин же вспомогательных профессий эти различия менее выражены. Значительное число болевших лиц при высоком числе случаев заболеваний отмечалось также и у рабочих основных

профессий в электролизных цехах, однако в данном случае высокий процент заболеваний наблюдался и у малостажированных рабочих. В контрольной группе различия между изучаемыми показателями были незначительными.

Таблица 26. Заболеваемость с временной утратой трудоспособности в основных цехах различных цинковых заводов

Профессии	Показатели заболеваемости по цехам				
	Пол	Болевш.	Случаи	Дни	Средн. длит. случаи
Обжиговые					
Основные	муж.	82,3	98,3	934,4	9,5
	жен.	67,9	119,4	1061,4	8,8
	оба пола	76,7	108,9	997,8	9,2
Вспомогательные	муж.*	57,8	88,0	802,8	9,1
Выщелачиват.					
Основные	муж.	73,8	89,6	907,5	10,1
	жен.	69,8	112,6	1014,5	9,1
	оба пола	71,7	101,1	961,1	9,5
Вспомогательные	муж.	69,4	88,9	829,4	9,4
	жен.	70,5	86,5	906,9	10,5
	оба пола	69,9	89,4	865,6	-
Электролизные					
Основные	муж.	81,7	118,1	1045,7	8,8
	жен.	82,7	125,4	1079,9	8,6
	оба пола	81,9	120,3	1055,7	8,8
Вспомогательные	муж.	70,9	84,4	850,3	10,1
	жен.	70,6	87,6	863,4	9,8
	оба пола	71,2	85,8	855,9	9,9
Механические					
Основные	муж.	59,9	74,3	703,3	9,5
	жен.	64,3	81,7	828,6	10,1
	оба пола	61,4	77,5	757,5	9,8
Вспомогательные	муж.	64,1	79,3	893,8	11,2
	жен.	60,1	79,3	824,7	10,4
	оба пола	62,4	77,3	858,4	10,8

Примечание: * – женский труд почти не используется

Таблица 27. Показатели заболеваемости с временной утратой трудоспособности различных возрастно-половых групп в зависимости от профессий и стажа работающих в выщелачивательных цехах

Возраст	Стаж	Болевшие лица		Случаи		Кол-во дней нетрудоспособности	
		Муж.	Жен.	Муж.	Жен.	Муж.	Жен.
Основные профессии							
20-29	1-4	70,1	53,7	84,4	75,8	632,5	601,0
	5-9	51,9	54,0	65,8	82,4	656,9	464,8
	10<	-	-	-	-	-	-
30-39	1-4	72,4	61,6	91,4	89,0	770,7	868,4
	5-9	78,0	75,4	95,1	102,9	962,2	931,8
	10 <	71,6	81,4	91,9	119,5	1021,6	1200,0
40 и более	1-4	-	-	-	-	-	-
	5-9	82,2	86,2	124,2	146,8	1283,8	1359,5
	10<	90,4	71,8	131,3	149,5	1319,2	1428,2
Итого:		73,8	69,9	97,5	112,6	949,3	1014,5
Вспомогательные профессии							
20-29	1-4	62,9	60,3	76,5	69,8	651,8	496,8
	5-9	62,7	60,8	79,1	67,6	714,9	544,6
	10 <	-	-	-	-	-	-
30-39	1-4	54,9	-	70,6	-	705,8	-
	5-9	65,3	74,1	95,8	90,7	769,4	1014,8
	10<	68,8	73,6	88,5	91,6	906,5	986,1
40 и более	1-4	-	-	-	-	-	-
	5-9	81,3	76,8	96,0	96,3	1014,6	1096,3
	10<	83,1	75,3	103,6	95,3	998,7	1208,2
Итого:		69,4	70,5	88,2	86,5	829,4	906,9
Всего по цехам		71,6	70,1	92,9	101,7	890,8	968,8

Как указывают С.Т. Алимова и К.В. Лебедева (1980), показатели болевших лиц в сочетании с показателями кратности заболеваний расцениваются как важный индикатор состояния рабочего коллектива, и чем выше процент лиц с однократной утратой трудоспособности, тем лучше состояние здоровья работающих. При анализе кратности случаев нетрудоспособности у рабочих обжиговых цехов при малом стаже работы она оказалась минимальной как у мужского, так и у женского контингента. В возрастной группе 30-39 лет при стаже работы 10 и более лет у мужчин

основных профессий на долю болевших два и более раз приходилось уже 26,67%, а у стажированных рабочих в возрастной группе 40 и более лет – 32,0 и 33,0%. При этом на долю болевших три и более раз падало соответственно 14,1 и 19,6%, что весьма существенно при оценке состояния здоровья работающих. Подобная картина наблюдалась и у женщин основной группы работающих.

В выщелачивательных цехах кратность случаев заболеваний мужчин основной группы незначительно отличалась от показателей во вспомогательной группе профессий, а также от контроля. У женщин же основных профессий в возрастных группах 30-39 лет и 40 и более лет – 32,0% и 33,0%. В выщелачивательных цехах кратность случаев заболеваний мужчин основной группы незначительно отличалась от показателей во вспомогательной группе профессий, а также от контроля. У женщин же основных профессий в возрастных группах 30-39 лет и 40 и более лет достигало 31,86% при стаже 5-9 лет и 38,4% – при стаже 10 лет и более. Рост числа болевших женщин происходил в основном за счет работающих на фильтрпрессах и фильтрах Моора, где в воздушной среде определялись высокие концентрации соединений цинка, паров H_2SO_4 , Cl_2 и др., а также высокая относительная влажность и тяжелый физический труд.

Наиболее высокие показатели кратности заболеваний отмечены у рабочих основных профессий электролизных цехов, особенно в старших возрастных группах (табл. 28). Так, у мужчин в возрасте 40 и более лет 2 и более раз болели: при стаже 1-4 года – 51,5%, при стаже 5-9 лет – 38,66%, а при 10 и более лет – 33,05%, что, по-видимому, указывало на снижение адаптационных механизмов организма работающих, поступающих на цинковые заводы в более пожилом возрасте. У женщин основных профессий при стаже работы 5-9 лет на долю болевших приходилось 27,72%, а при стаже работы 10 и более лет – 46,31%. И если меньший процент при стаже 10 и более лет у мужчин связан с переводом определенной части хроников на другую работу, то перевод подобного женского контингента затруднен в связи с ограниченными возможностями производства. Во вспомогательных группах профессий как у мужчин, так и у женщин показатели кратности почти не отличались от контрольной группы.

В связи с полученными данными были определены и показатели повторности, указывающие на их зависимость от профессии и стажа ра-

ботающих. Так, по обжиговым цехам у рабочих вспомогательных профессий показатели повторности во всех стажевых группах незначительны и почти не отличались друг от друга.

Таблица 28. Распределение различных возрастно-стажевых групп по профессии и полу работающих электролизных цехов

Возраст	Стаж	Кратность случаев нетрудоспособности									
		0		1 раз		2 раза		3 раза		4 раза	
		Муж.	Жен.	Муж.	Жен.	Муж.	Жен.	Муж.	Жен.	Муж.	Жен.
Основные профессии											
20-29	1-4	19,0	32,0	65,3	56,2	11,7	4,0	2,6	6,0	1,7	2,0
	5-9	31,0	23,5	58,7	67,2	6,3	4,4	2,3	1,5	1,6	2,9
	10<	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30-39	1-4	11,5	29,0	67,8	66,1	12,6	1,6	3,4	-	4,6	3,2
	5-9	14,9	16,0	64,2	65,4	14,4	8,6	5,5	3,7	0,9	6,2
	10<	31,3	5,8	40,8	74,4	13,0	8,1	9,6	3,5	5,2	8,1
40 и более	1-4	12,1	-	45,4	-	24,2	-	12,1	-	15,1	-
	5-9	14,7	8,9	46,6	63,3	16,0	14,4	17,3	5,5	5,3	7,8
	10 <	7,7	16,8	59,2	36,8	16,7	24,2	10,6	9,5	5,7	12,6
Итого:		19,2	17,3	59,3	60,9	12,3	10,5	6,3	4,5	3,4	6,7
Вспомогательные профессии											
20-29	1-4	7,0	30,2	78,8	41,8	4,7	2,3	3,5	2,3	1,2	-
	5-9	55,5	26,3	41,3	6,7	3,2	1,7	1,6	3,5	1,5	1,7
	10<	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30-39	1-4	38,4	36,7	53,8	57,1	3,8	4,1	1,9	-	1,9	2,0
	5-9	46,9	37,9	43,9	58,6	6,0	-	-	1,7	3,0	1,7
	10 <	26,2	27,9	65,7	67,6	4,0	-	1,4	-	2,7	2,9
40 и более	1-4	31,7	-	58,5	-	2,43	-	7,3	-	-	-
	5-9	22,0	9,2	69,1	67,6	5,9	4,6	-	3,1	2,9	3,1
	10<	6,9	6,4	81,4	77,4	8,1	9,7	1,2	1,6	-	4,8
Итого:		27,1	24,1	63,5	63,7	5,0	3,5	1,87	1,7	1,7	2,5
Всего (в среднем) по цехам		21,5	4,9	60,7	62,1	10,1	7,5	4,9	3,3	2,9	4,9

В то же время у рабочих основных профессий – мужчин – при увеличении стажа эти показатели резко возрастали: дважды они повторялись у 11,25% рабочих, а трижды – у 12,45% (табл. 29). У женщин основных

профессий процент повторности случаев нетрудоспособности оказался менее значительным. Идентичная картина наблюдалась у рабочих и выщелачивательных цехов, за исключением стажированной группы женщин основных профессий.

Таблица 29. Показатели случаев временной нетрудоспособности у работающих обжиговых цехов в зависимости от профессий, пола и стажа

Показатели случаев временной нетрудоспособности						
Профессии	Стаж, лет	Физич. лица	Повторность случаев			
			0	1 раз	2 раза	3 раза
Мужчины						
Основные	1-4	162	44,4	25,9	0,6	1,2
	5-9	181	14,4	37,1	6,1	4,9
	10	249	12,0	21,7	11,2	12,4
Итого:		592	21,6	27,5	6,7	7,1
Вспомогат.	1-4	117	35,9	17,1	2,6	4,3
	5-9	195	56,9	11,3	2,6	3,6
	10	174	29,9	35,0	2,3	2,9
Итого:		486	42,2	21,2	2,7	3,5
Всего по цехам		1078	30,9	24,7	4,9	5,5
Женщины						
Основные	1-4	111	21,6	16,2	2,7	2,7
	5-9	119	36,9	12,2	3,3	2,2
	10	151	35,8	24,5	5,9	6,6
Итого:		381	32,0	20,2	4,7	4,5

У рабочих основных профессий-мужчин электролизных цехов показатели повторности случаев оказались более высокими. Так, при стаже работы 10 и более лет повторность была 8,84 и 8,73 (соответственно). У женщин основных профессий по сравнению со вспомогательной группой показатели повторности случаев временной нетрудоспособности также оказались повышенными, что указывало, по-видимому, на значительный удельный вес хронических заболеваний в результате воздействия неблагоприятных производственных факторов на организм работающих.

В то же время число случаев с временной утратой трудоспособности, показатели болевших лиц и повторности случаев указывали на необходимость изучения структуры заболеваний, характерных для рабочих, занятых при производстве цинка. Анализ заболеваемости в среднем по трем цинковым заводам показал, что число случаев равнялось 105,1 при 1002,3 днях нетрудоспособности на каждые 100 кругло-годовых работающих. Наибольшее число случаев падало на болезни органов дыхания, болезни костно-мышечной системы и органов пищеварения (табл. 30).

Таблица 30. Заболеваемость рабочих цинковых производств по классам болезней

Класс болезни	Случаи	Дни	Ранговые места
1 . Инфекционные и паразитарные болезни	0,8	9,5	IX
2. Новообразования	0,4	7,8	XI
3. Болезни эндокринной системы, расстройства пищеварения и нарушения обмена веществ	0,7	4,1	X
4. Болезни крови и кроветворных органов	1,4	5,9	VIII
5. Психические расстройства	-	-	-
6. Болезни нервной системы и органов чувств	8,9	82,8	VI
7. Болезни системы кровообращения	9,2	97,5	V
8. Болезни органов дыхания	39,4	311,0	I
9. Болезни органов пищеварения	14,8	183,4	III
10. Болезни мочеполовых органов	3,2	52,6	VII
11 . Осложнения беременности, родов и послеродового периода	-	-	-
12. Болезни кожи и подкожной клетчатки	9,4	86,9	IV
13. Болезни костно-мышечной сист. и соединительной ткани	16,2	154,4	II
14. Врожденные аномалии	-	-	-
15. Причины перенатальной заболеваемости и смертности	0,3	2,6	XII
16. Симптомы и неточно обозначенные состояния	0,2	28	XIII
17. Несчастные случаи, отравления и травмы	-	-	-
Итого:	104,9	1025,9	-

Таблица 31. Показатели заболеваемости с временной утратой трудоспособности в основных цехах трех цинковых заводов в контрольной группе

Класс заболева- ний	Пол	Цеха							
		обжиговые		выщелачива- тельные		электролиз- ные		механические	
		Слу- чай	Дни	Слу- чай	Дни	Слу- чай	Дни	Слу- чай	Дни
VI	муж.	7,3	42,7	8,5	80,8	5,5	48,3	4,5	55,0
	жен.	7,8	70,2	8,1	72,8	6,2	46,8	5,4	51,5
	оба пола	7,5	54,6	8,2	75,1	5,7	47,8	4,9	53,4
VII	муж.	7,8	81,7	3,1	41,9	7,1	52,5	5,5	70,9
	жен.	9,7	82,1	10,7	120,2	6,4	70,3	6,5	77,5
	оба пола	8,5	81,9	7,1	82,7	6,9	57,7	5,9	73,6
VIII	муж.	46,4	346,7	20,6	134,5	45,0	277,8	19,0	119,0
	жен.	45,4	321,8	24,7	151,8	43,0	291,9	20,4	138,6
	оба пола	46,0	336,9	22,4	143,5	44,4	281,9	19,6	127,2
IX	муж.	14,3	169,9	12,4	134,9	9,4	108,6	8,4	94,5
	жен.	7,1	90,3	19,6	195,0	19,5	236,6	10,6	111,9
	оба пола	11,5	138,1	15,9	164,4	12,4	145,9	9,4	101,7
X	муж.	-	-	8,1	98,6	2,8	36,8	4,8	50,5
	жен.	-	-	6,6	50,0	6,2	52,8	4,1	45,8
	оба пола	-	-	7,4	74,3	3,8	41,5	4,6	48,4
XI	муж.	5,2	25,3	9,9	91,3	9,4	80,8	10,0	77,6
	жен.	11,3	74,5	11,2	101,5	8,1	72,7	13,2	100,7
	оба пола	7,6	44,6	10,6	95,1	9,0	78,4	11,4	87,4
XII	муж.	14,5	91,5	12,8	146,0	20,5	172,5	6,7	106,1
	жен.	16,3	125,9	11,6	118,2	16,5	143,6	7,8	124,0
	оба пола	15,2	105,0	11,9	128,7	19,4	164,0	7,1	113,6
Прочие	муж.	20,0	197,4	30,1	328,5	18,2	268,4	14,9	164,4
	жен.	20,9	186,0	19,8	208,3	19,5	189,8	16,3	186,5
	оба пола	20,5	193,0	24,1	258,9	18,6	245,8	15,5	173,8

Оценка заболеваемости по основным цехам и полу у рабочих основных профессий показала несколько иную картину. При этом оказалось, что на VI класс (болезни нервной системы) у рабочих основных профессий приходилось по разным цехам от 5,7 до 8,16 случаев и от 47,84 до 75,15 дней нетрудоспособности на 100 круглогодичных рабочих.

На несколько более высоком уровне находились болезни системы кровообращения (VII класс) – от 6,9 до 8,53 в случаях и от 57,08 до 81,9 в днях нетрудоспособности. Наибольший же удельный вес падал на болезни органов дыхания (VIII класс). Так, среднее число случаев у рабочих основных профессий обжиговых цехов (оба пола) равнялось 46,04 случаев на 100 круглогодичных работающих при 336,9 днях нетрудоспособности, а по

вспомогательным профессиям соответственно 31,68 и 202,4. Идентичная картина наблюдалась и в электролизных цехах. Обращает на себя внимание число случаев и дней нетрудоспособности по болезням кожи и подкожной клетчатки (XII класс), особенно у рабочих вспомогательных профессий электролизных цехов в результате контакта с H_2SO_4 . Однако более подробно на данном вопросе мы остановимся в следующем разделе.

В обжиговых, и особенно в электролизных цехах, на значительном уровне находились и болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани (XIII класс) – 15,21 – 19,4 случаев и 105,03 – 164,05 дней нетрудоспособности. В обжиговых цехах у рабочих-мужчин основных профессий весьма высокий процент болезней органов дыхания (VIII класс) наблюдался почти по всем возрастным и стажевым группам, что, прежде всего, связано с воздействием значительных пылегазовыделений, среди которых особое место занимают полиметаллические твердые аэрозоли, в десятки раз превышающие ПДК, а также сернистый ангидрид. Наибольшее число случаев отмечалось в возрастных группах 30-39 лет при стаже 5-9 лет (63,45 в случаях и 501,9 в днях), при стаже 10 и более лет – 63,15 в случаях и 675,43 в днях нетрудоспособности (табл. 32-32).

Обращает на себя внимание, что у малостажированных рабочих, несмотря на повышенное число случаев, число дней нетрудоспособности оказалось менее значительным, чем у лиц с большим производственным стажем, что указывало на преимущественно острый характер возникающих у них заболеваний. По-видимому, недостаточно устойчивые адаптационные механизмы к существующим условиям труда способствовали развитию острых заболеваний органов дыхания у молодых и малостажированных рабочих, что подтверждается высоким процентом болезней XIII класса и у молодых рабочих вспомогательных профессий. Значительный удельный вес болезней органов дыхания у лиц вспомогательных профессий (хотя он и был ниже, чем в основной группе), также в определенной мере указывал на специфическое влияние неблагоприятных факторов на органы дыхания работающих. Идентичная картина наблюдалась и у женского контингента.

Значительное число случаев нетрудоспособности у стажированных рабочих приходилось и на IX класс болезней органов пищеварения (до 19,23), XII класс – кожи и подкожной клетчатки (до 22,2) и XIII класс – костно-мышечной системы (до 26,3). У рабочих вспомогательных профессий эти показатели были менее высокими. В выщелачивательных цехах, по сравнению с обжиговыми, число случаев заболеваний по основ-

ным видам болезней оказалось менее значительным, за исключением болезней системы кровообращения (12,9-14,45 случаев) у стажированных рабочих-мужчин.

Таблица 32. Показатели заболеваемости с временной утратой трудоспособности в основных цехах трех цинковых заводов

Классы болезней		20-29		30-39			40 и более		
		1-4	5-9	1-4	5-9	10	1-4	5-9	10
VI	Болевшие	3,6	-	6,7	7,7	5,2	16,6	2,6	7,8
	Случаи	3,6	-	8,3	9,1	7,0	16,6	5,1	9,9
	Дни	17,8	-	70,0	59,6	24,6	200,0	47,7	40,6
VII	Болевшие	-	-	3,4	3,9	7,0	-	6,4	9,9
	Случаи	-	-	5,0	5,7	8,7	-	8,9	14,6
	Дни	-	-	35,0	36,5	61,4	-	56,4	190,1
VIII	Болевшие	28,8	58,8	15,0	51,9	49,1	33,3	38,5	31,2
	Случаи	35,7	64,7	15,0	63,4	63,2	33,3	53,8	44,8
	Дни	164,3	427,4	9,95	601,9	675,4	150,0	400,0	341,1
IX	Болевшие	14,3	5,9	8,3	11,5	8,8	5,6	15,4	14,1
	Случаи	14,3	5,9	10,0	11,5	8,8	11,1	19,3	18,7
	Дни	253,5	35,3	65,0	103,8	82,5	44,4	226,9	231,2
XII	Болевшие	3,57	-	6,7	11,5	5,3	22,2	3,8	3,1
	Случаи	3,57	-	6,7	11,5	7,0	22,2	5,1	3,1
	Дни	17,85	-	43,3	57,7	36,8	83,3	24,3	12,5
XIII	Болевшие	3,5	5,8	5,0	17,3	26,3	16,6	19,2	9,3
	Случаи	3,5	5,8	8,3	17,3	31,6	22,2	23,1	13,5
	Дни	110,7	52,9	46,7	92,3	343,8	100,0	100,0	71,9
Прочие	Болевшие	3,6	-	1,7	5,8	17,5	5,6	32,0	18,7
	Случаи	3,6	-	3,3	5,8	40,3	5,6	43,6	28,1
	Дни	203,6	-	21,7	144,2	259,6	27,7	535,8	256,7

У женщин основных профессий, в отличие от всех других производств, отмечен высокий уровень заболеваний мочеполовых органов, а также печени (X класс) – до 17,56, что, по-видимому, является, прежде всего, следствием выделяющихся в зону дыхания аэрозолей As, Sb, H₂SO₄ и др., которые при комплексном воздействии, хотя и в незначительных концентрациях, поступают в воздушную среду на протяжении всей рабочей смены. При этом особое место занимали болезни печени и желчевыводящих путей у женщин-фильтрпрессовщиц.

Так, если по данным ЗВУТ процент заболеваний гепатобилиарной системы у рабочих различных профессий был равен: обжигальщики –

0,4%, крановщики – 0,65%, катодчики – 0,87%, агитаторщики – 0,50%, анодчики – 0,92%, то у женщин, работающих на фильтрпрессах выщелачивательных цехов – от 4,3 до 7,4%, что является явно высоким показателем и указывает на непосредственное влияние производственных условий на организм женщин (у мужчин, работающих у фильтрпрессов, подобной картины не обнаруживалось).

Высокий уровень болезней органов дыхания у мужчин основных профессий в электролизных цехах очевидно, связан с воздействием аэрозолей $ZnSO_4$, $ZnCl_2$, H_2SO_4 , Cl_2 и др. (от 29,88 до 55,1 случаев и от 193,1 до 324,4 дней нетрудоспособности). На втором месте в этих цехах находились болезни костно-мышечной системы (XIII класс), но в данном случае прослеживалась четкая возрастно-стажевая зависимость. Так, если в группе работающих 20-29 лет число случаев заболеваний было от 9,9 до 14,28, то у стажированных рабочих в возрастной группе 40 и более лет – от 33,06 до 54,5.

Значительный процент заболеваний у стажированных рабочих падал на болезни органов пищеварения (IX класс) и системы кровообращения (VII класс). Учитывая более низкие показатели этих заболеваний у рабочих вспомогательных профессий, и особенно у контроля, можно предположить их взаимосвязь со спецификой условий труда, в частности, с воздействием аэрозолей кислот и неблагоприятных метеоусловий. Идентичная картина наблюдалась и у женщин электролизных цехов. У рабочих механических цехов на значительном уровне находились лишь болезни кожи и подкожной клетчатки (XII класс), что является следствием контакта с различными маслами и охлаждающими жидкостями.

В связи с полученными данными мы попытались более детально разобраться в причинах, определяющих особенности выявленной структуры заболеваемости. При этом оказалось, что у рабочих основных профессий – мужчин – наибольший удельный вес из болезней органов дыхания падал на хронические бронхиты и пневмонии (до 33,7 случаев на 100 круглогодичных рабочих, табл. 33), что в значительной мере указывало на явное влияние на организм твердых аэрозолей, а также SO_2 , выделяющихся в воздушную среду. Данным обстоятельством можно объяснить и уровень заболеваний носоглотки и острыми бронхитами.

У рабочих вспомогательных профессий процент перечисленных видов заболеваний был ниже, но тем не менее достигал 16,24 случаев, что вполне объяснимо, хотя данной группой рабочих выполнялись подсобные операции – периодически они также находились в условиях интен-

сивных пылегазовыделений. Идентичная картина имела место и у женщин основных профессий, т.е. наличие высокого процента заболеваний органов дыхания можно считать специфическим фактором для обжиговых цехов. Это подтверждается и данными контрольной группы рабочих, в которой на острые бронхиты падало максимум 6,66 случаев, а на хронические бронхиты и пневмонии – 7,7 случаев (табл. 32).

Таблица 33. Распределение наиболее часто встречающихся заболеваний у работающих ведущих профессий обжиговых цехов в зависимости от пола, профессии и стажа

Класс и вид заболеваний		Пол и стаж работающих					
		1-4		5-9		10 и более	
		Муж.	Жен.	Муж.	Жен.	Муж.	Жен.
VI	Болезни нервной системы	8,0	8,1	11,6	6,7	9,2	8,6
VIII	Заболевание носоглотки	3,7	5,4	11,7	5,9	8,8	9,9
	Острый бронхит и бронхиолит	7,4	10,8	8,3	9,2	9,2	9,3
	Хронический бронхит, пневмония	12,9	16,2	33,7	14,4	25,7	25,8
	Прочие болезни органов дыхания	3,7	9,9	7,2	5,9	5,2	3,9
IX	Язвенная болезнь	1,2	-	1,6	-	2,4	0,6
	Гастриты	11,1	4,5	8,3	3,4	8,0	1,9
	Болезни полости рта, пищевода	-	0,9	3,3	-	6,0	1,3
	Болезни печени и желчного пузыря	-	0,9	-	4,2	-	2,6
XII	Инфекции кожи, подкожной клетчатки	4,9	9,0	4,4	7,6	3,6	5,3
	Прочие болезни кожи, подкожной клетчатки	1,8	6,3	1,1	4,2	0,4	2,6
XIII	Пояснично-крестцовые радикулиты	5,5	8,1	11,6	15,9	11,6	9,3
	Прочие болезни костно-мышечной системы	1,8	3,6	4,9	5,0	6,0	3,3

Значительного удельного веса достигали также болезни нервной системы (11,6 случаев), гастриты (11,1 случаев) и пародонтозы (6,02 случаев), а также пояснично-крестцовые радикулиты (11,5 случаев у мужчин, а у женщин в ряде случаев даже – 15,97). В отличие от обжиговых, у рабочих выщелачивательных цехов процент заболеваний носоглотки, острыми и хроническими бронхитами, пневмониями оказался незначительным, что можно объяснить невысоким содержанием в воздушной среде твердых аэрозолей (за исключением участка сухой классификации), а также SO₂. Здесь следует отметить, что у мужчин основных профессий при стаже 10 и более лет высоким оказался удельный вес болез-

ней нервной системы (15,3 случаев на 100 круглогодичных работающих). Однако анализ этих случаев показал, что 13,2% из них приходится на заболевания ишиасом у рабочих-агитаторщиков, труд которых был связан с подъемом, переносом и выгрузкой тяжелых контейнеров с цинковой пылью. В настоящее время в связи с механизацией процесса число случаев данных заболеваний снизилось до 4,05 (табл. 33).

На основании проведенного изучения особое внимание следует обратить на электролизные цеха. Так, у рабочих основных профессий – мужчин – на заболевания носоглотки приходилось от 11,92 до 18,8 случаев, на острые бронхиты – от 6,91 до 9,11 случаев, а на хронические бронхиты и пневмонии – от 7,12 до 19,17 случаев. Значительный процент этих заболеваний падал и на женщин основных профессий, т.к. они, хотя и не находились непосредственно над электролизными ваннами, около 50% рабочего времени проводили в электролизном отделении. Влиянием аэрозолей кислот, очевидно, можно объяснить рост болезней желудочно-кишечного тракта и, в частности, гастритов (до 12,3 случаев), а также заболеваний полости рта – парадонтозов (до 8,44 случаев, а у женщин даже до 9,95 случаев).

Таблица 34. Распределение наиболее часто встречающихся заболеваний у работающих ведущих профессий обжиговых цехов.

Наименование классов и видов заболеваний		Пол и стаж работающих					
		1-4		5-9		10 и более	
		Муж.	Жен.	Муж.	Жен.	Муж.	Жен.
VI	Болезни нервной системы	4,27	-	4,84	7,95	7,78	7,74
VIII	Острый бронхит и бронхиолит	9,12	7,13	6,91	5,44	9,11	6,08
	Хронический бронхит, пневмония	7,12	11,6	13,13	17,15	19,17	13,20
	Прочие болезни органов дыхания	11,97	8,04	10,02	7,95	6,67	4,97
	Заболевание носоглотки	18,8	10,71	11,92	12,13	16,11	12,7
X	Язвенная болезнь	1,14	-	1,38	-	1,94	1,66
	Гастриты	3,99	1,79	9,97	5,44	12,3	9,95
IX	Болезни полости рта, пищевода	3,13	1,79	5,45	5,02	8,44	9,39
	Болезни печени и желчного пузыря	-	2,68	0,52	7,53	1,11	8,84
XII	Инфекции кожи, подкожной клетчатки	8,26	6,25	5,35	5,02	8,33	5,52
	Прочие болезни кожи, подкожной клетчатки	1,98	3,57	1,73	3,77	4,17	2,21
XIII	Пояснично-крестцовые радикулиты	14,53	8,93	18,92	8,79	25,28	16,23
	Прочие болезни костно-мышечной системы	4,56	4,46	3,11	5,02	5,0	3,87

Однако наибольший удельный вес приходился на пояснично-крестцовые радикулиты, число случаев нетрудоспособности которых у рабочих-мужчин основных профессий достигало от 14,53 до 25,28 (табл. 34). Проведенный анализ показал, что пояснично-крестцовые радикулиты в большинстве случаев наблюдались у рабочих катодчиков и анодчиков, которые на протяжении смены выполняют тяжелые физические операции по подъему и спуску катодов и анодов, чистке ванн и особенно сдирке катодного цинка. При этом основная нагрузка приходится на поясничный отдел рабочего, что в сочетании с неблагоприятными метеорологическими условиями, по-видимому, и способствовало развитию данного заболевания. У мужчин вспомогательных профессий процент случаев заболеваний пояснично-крестцовыми радикулитами был незначительным. В то же время у женщин основных и вспомогательных профессий при стаже более 10 лет число случаев достигало соответственно 16, 23 и 13, 23. В контрольной же группе пояснично-крестцовые радикулиты не превышали 8,66 случаев на 100 круглогодичных работающих.

Таким образом, результаты проведенных исследований указывали на взаимосвязь условий труда рабочих цинковых заводов с заболеваемостью с временной утратой трудоспособности, уровень которой, несмотря на существенное снижение за последние годы, является еще довольно высоким. Из трех изучаемых заводов наиболее значительными показатели заболеваемости оказались на цинковом заводе УК СЦК-1, где отмечены и наиболее неблагоприятные условия труда рабочих, а по цехам в – обжиговых, где в результате работы технологического оборудования в воздушную среду выделяется значительное количество полиметаллических аэрозолей и сернистого ангидрида. При этом во всех обжиговых цехах уровень заболеваемости у женщин был выше, чем у мужчин. Подобная, но менее выраженная картина отмечалась и в других цехах, что в определенной степени указывало на повышенную реакцию женского организма к условиям труда на цинковых заводах.

В обжиговых цехах, где на организм работающих воздействовал комплекс полиметаллических аэрозолей и сернистого ангидрида, наибольший удельный вес падал на болезни органов дыхания. И если в структуре этих болезней у рабочих со стажем работы 1-4 года более половины случаев приходилось на острые респираторные заболевания, то у стажированных групп – до 33,7 случаев на хронические бронхиты и пневмонии, что указывало на определенное влияние неблагоприятных

производственных факторов. Подтверждением этому является и менее высокий уровень заболеваемости у вспомогательной и особенно контрольной группы работающих. В развитии заболеваний органов пищеварения и нервной системы определенную роль, по-видимому, играли и аэрозоли свинца и его соединений.

Обращало на себя внимание и наличие значительного количества заболеваний лор-органов и болезней полости рта, в частности, пародонтоза, также возникающих, по-видимому, прежде всего в результате воздействия аэрозолей Zn, Pb, SO₂, концентрации которых в воздушной среде производственных помещений превышали ПДК. В выщелачивательных цехах, где на участках классификации огарка, приготовления цинковой пыли, ремонтах баковой аппаратуры и др. зафиксировано выделение в воздушную среду различных видов твердых аэрозолей в концентрациях, превышающих ПДК, у рабочих так же, как и в обжиговых цехах, отмечен высокий уровень заболеваний органов дыхания.

На других же участках выщелачивательных цехов, где наблюдалось выделение комплекса газообразных химических компонентов (преимущественно в менее значительных концентрациях), какой-то специфики заболеваний выявить не удалось. Определенную роль в этом, очевидно, играло и малое количество времени, которое большинство рабочих затрачивало на выполнение основных технологических операций. Наблюдаемый же у стажированной группы женщин, работающих на фильтр-прессах старой конструкции, повышенный уровень заболеваний сердечно-сосудистой системы, печени и желчного пузыря, а также болезней мочеполовых органов, очевидно, объясняется продолжительностью нахождения в непосредственной близости от источников газовыделений (около 2 часов за смену) и выполняющих при этом трудоемкие физические операции.

Большое число случаев заболеваний органов дыхания, отмеченное у рабочих плавильных отделений, где в воздушную среду выделяется преимущественно аэрозоль окиси цинка, в определенной степени указывает на их специфический характер. При этом особого внимания заслуживают болезни носоглотки, бронхиты и пневмонии. В то же время высокий процент заболеваний органов дыхания у рабочих электролизных отделений является уже следствием воздействия не только аэрозолей цинка (в данном случае в основном уже ZnSO₄ и ZnCl₂), но и паров хлора, серной кислоты, сернистого ангидрида и др. Значительный же уровень болезней

органов пищеварения и, в частности, гиперацидных гастритов можно объяснить прежде всего воздействием паров H_2SO_4 , HCl аэрозолей свинца и его соединений.

В то же время высокий процент пояснично-крестцовых радикулитов у рабочих-мужчин основных профессий (катодчики, анодчики) можно в первую очередь увязать с интенсивными физическими перегрузками, приходящимися на пояснично-крестцовый отдел при сдирке катодного цинка, а также при загрузке и выгрузке катодов и анодов. Значительно более высокий уровень отмеченных видов болезней у рабочих ведущих профессий по сравнению с вспомогательными и контрольной группой в определенной степени указывает на их профессиональную обусловленность.

Таким образом, результаты анализа заболеваемости с временной утратой трудоспособности рабочих цинковых заводов указывают на взаимосвязь их с гигиенической обстановкой, наблюдаемой при различных этапах технологического процесса производства цинка. Полученные данные потребовали проведения целенаправленных медосмотров для выявления более объективной картины здоровья работающих на цинковом производстве.

Глава 4. ВОПРОСЫ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ И ТОКСИКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ТВЕРДЫХ АЭРОЗОЛЕЙ, ВЫДЕЛЯЮЩИХСЯ В ВОЗДУШНУЮ СРЕДУ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЦИНКА

4.1. Физико-химические характеристики аэрозолей цинкового производства

Результаты изучения условий труда и заболеваемости рабочих показали, что на ряде технологических участков (переработка концентратов, процессы обжига, получение катодного цинка и др.) наблюдалось явное несоответствие между концентрациями определенных химических компонентов в воздушной среде и спецификой и уровнем некоторых видов заболеваний. В связи с этим была сделана попытка провести углубленное исследование физико-химических свойств аэрозолей и выяснить их особенности в условиях цинкового производства. При этом, прежде всего, необходимо остановиться на твердых аэрозолях, т.к. (как показали ранее проведенные исследования) именно они способны длительное время находиться во взвешенном состоянии, и в связи с их физико-химическими особенностями в первую очередь воздействовать на организм в условиях цинкового производства.

Поэтому сначала, с нашей точки зрения, следует рассмотреть вопрос их дисперсного и гранулометрического состава, имеющего важное значение при воздействии на организм работающих. Как указывает Б.Т. Величковский и соавт. (1987), измельчение 1 см^3 твердого тела до частиц размером $0,1\text{ мкм}$ увеличивает его общую зернистость с 6 до 600000 см^3 , т.е. в 100 тысяч раз. Аэродисперсные системы – это сложные системы, состоящие из дисперсной среды с определенным в ней раздробленным (дисперсным) веществом, представляющим собой дисперсную фазу системы (И.С. Петрянов-Соколов, А.Г. Сутугин, 1989; В. В Ткачев, (2000), Baginski V., Grube B., (2000).

Условно можно выделить как бы три «слоя» (по А.А. Черепенникову). Частицы с диаметром более 10 мкм , способные оседать под влиянием силы тяжести и подчиняющиеся закону Ньютона (т.е. оседают с нарастающим ускорением). Пылевые частицы с размерами от $1,0$ до 10 мкм – они, как и более крупные частицы, не способны к диффузии, т.к. толчки ударяющихся молекул не могут изменить их движения, но оседание уже происходит с более постоянной скоростью. А вот частицы менее $1,0\text{ мкм}$

и особенно менее 0,1 мкм практически не оседают. По данным М.П.Чекунова (1996), M.Zippman et., В. Altshuler (1990), способность к диффузии приобретают частицы размером уже менее 0,5 мкм.

В цинковом производстве мы имеем дело с полидисперсными системами, в которых вещество распределено в различных фазах (твердые вещества – пыль, или дым и жидкие – туман). При проведении исследований воздушной среды при помощи электронной микроскопии С.Б. Блаховым и А.А. Гуровым оказалось, что пылевые частицы имели размеры от 0,05 до 15 мкм. Процентное соотношение дисперсности частиц пыли, обнаруженных в воздухе некоторых производственных участков, приведенное в табл. 35 показало, что у пыли концентратов наибольший процент падал на частицы от 2 до 5 мкм, а на частицы размером от 1,0 до 0,4 мкм приходилось всего 2%. Иная картина отмечена в дисперсном составе пыли, выделяющейся из форкамер печей «КС», где частицы размером 0,1-0,4 мкм составляли 15%, а 0,5-0,9 – соответственно 19%, а также от индукционных печей и вельцпечей.

Многочисленные исследования, проведенные с целью изучения влияния различных видов пыли на организм, указывают на существенное значение их дисперсного состава (М. Т Рахимов, (1976), Б. А. Кацнельсон, 1986; Н.В. Прядилова и Н.А. Быховская, 1988; О. П Смирнова,(1990), Р.А. Нищий и соавт., 1993; Г. Д. Лях (1998), Han Liantang et al. (1993), Castelino W., Alai S. (1998), Miller G.D., Massaro T.F., Granlund R.W., Massaro E,J. 2003). Крупные частицы обладают способностью оседания, и чем больше их размеры, тем быстрее оно происходит: частицы размером 5 мкм оседают со скоростью 1,93 мм/ с, а размером в 1 мкм – 0,0773 мм/с (А.М.Казимов, (1997), А. В Рошин, (1998)). Если учесть еще и способность этих частиц к коагуляции, то время нахождения их в воздухе становится весьма незначительным.

Частицы размером менее 0,5-0,1 мкм практически уже почти не оседают, находясь в броуновском движении. Их размеры и масса настолько малы, что удары молекул дисперсной среды сообщают им скорость, превышающую скорость их оседания, вызываемую земным притяжением на основе закона Стокса. Фактически сила тяжести пропорциональна кубу радиуса частицы, а сила сопротивления среды – только первой ее степени. Так (по А.А. Черепенникову, 1971), сила тяжести частицы равна: $F = 4/3 \pi r^3 (\rho_1 - \rho) g$, где $g = 9,81$, ρ_1 – плотность частицы, ρ – плотность среды. Сила сопротивления среды

$F_1 = s v$, где s – коэффициент вязкости среды; v – скорость падения частиц.

Если $F_1 = F$ и $P_1 = P$, оседание частиц прекращается.

Таким образом, частицы, находясь в броуновском движении, способны весьма продолжительное время находиться в воздушной среде и даже после того, когда дополнительные выбросы аэрозолей прекращаются. Практически часть производственного оборудования на цинковых заводах «выбрасывает» в воздух значительные количества пыли не постоянно, а более или менее периодически. Отсюда можно предположить, что и концентрации крупнодисперсной пыли весьма не постоянны. В то же время получается, что мелкодисперсная пыль находится в воздушной среде постоянно. Более того, незначительная способность к оседанию создает дополнительные условия для накопления мельчайших частиц в воздушной среде (табл. 35).

Таблица 35. Соотношение дисперсного состава частиц пыли, выделяющихся в воздушную среду при некоторых технологических операциях цинкового производства (%)

Размеры частиц (мкм)	Транспортировка концентратов	У форкамер печей "КС"	Помол цинковой пыли	Общее кол-во проб
0,1-0,4	2,0 ± 0,5	25,0 ± 1,6	4,0 ± 0,5	21
0,5-0,9	6,0 ± 0,8	19,0 ± 0,6	7,0 ± 0,9	21
1,0-1,9	20,0 ± 0,4	21,0 ± 3,1	18,0 ± 0,2	21
2,0-4,9	45,0 ± 1,1	17,0 ± 0,7	42,0 ± 1,2	21
5 и выше	27,0 ± 6,8	18,0 ± 3,1	29,0 ± 1,4	21

Окись цинка в связи с взаимной абсорбцией одинаковых по составу частиц (свойства, характерного для цинковой пыли; Odata M., Tanaka A et. al (1993), Stolman A. (2004), Kyono H., Nooma K., Moore J.F., (2005) способна к быстрой коагуляции и оседанию укрупненных «хлопьев». Что же касается пыли, выделяющейся в процессе обжига, то доля мельчайших частиц способна возрастать и, в данном случае, уже более 15% всей пыли должно находиться в состоянии броуновского движения.

Естественно было предположить и изменение процентного соотношения дисперсного состава частиц в зависимости от высоты отбора проб (табл. 36). Данные, приведенные в таблице, показывают, что с увеличением высоты в отбираемых пробах количество субмикроскопических частиц возрастало. Интересный факт был отмечен при определении дисперсности частиц цинковой пыли на участке ее приготовления при различной относительной влажности. Оказалось, что при повышении относительной

влажности с 40-55% до 60-75% (лето-зима) концентрации пыли в воздушной среде при идентичных условиях снижались в среднем на 34%, а дисперсность пылевых частиц имела существенный сдвиг в сторону «укрупнения». Если при пониженной влажности воздуха на частицы размером 5,0 и более мкм приходилось $29,0 \pm 1,41\%$, то при повышенной влажности – $40,0 \pm 3,95\%$. Исследования дисперсности, проведенные уже с осевшей пылью, показали еще более значительный процент крупнодисперсных частиц. Полученные результаты оказалось возможным объяснить работами, проведенными В.А.Васильевой (1976), Б.Б.Величковским (1987,) А.И.Бурхановым (1988), Massey I.J., Antken M.D., Bali Z., 1993, Roberts F., Gallo J., Maner J. (2004), которые, занимаясь вопросами агрегации различных видов пыли, установили, что если увлажнение почти не влияет на процесс оседания кварцевой пыли, то частицы «свежей» окиси цинка способны быстро коагулировать и выпадать в виде крупных частиц.

Таблица 36. Зависимость дисперсного состава некоторых видов пыли от высоты отбора проб (%)

Размеры частиц, мкм	Технологические участки и высота отбора проб					
	Транспортир, концентр.		У форкамер печей "КС"		Помол цинковой пыли	
	1,5 м	5 м	1,5 м	5 м	1,5 м	5 м
0,05-0,09	$2,0 \pm 0,5$	$6,0 \pm 0,4$ $P < 0,001$	$25,0 \pm 1,6$	$30,0 \pm 0,6$ $P < 0,05$	$4,0 \pm 0,5$	$5,0 \pm 0,8$ $P > 0,05$
0,1-0,4	$6,0 \pm 0,8$	$14,0 \pm 0,6$ $P < 0,001$	$19,0 \pm 0,6$	$26,0 \pm 0,6$ $P < 0,001$	$7,0 \pm 0,9$	$13,0 \pm 0,5$ $P < 0,001$
0,5-0,9	$20,0 \pm 0,4$	$29,0 \pm 0,6$ $P < 0,001$	$21,0 \pm 3,1$	$22,0 \pm 0,5$ $P > 0,05$	$18,0 \pm 0,2$	$32,0 \pm 0,4$ $P < 0,001$
1,0-1,9	$45,0 \pm 1,1$	$33,0 \pm 1,7$ $P < 0,05$	$17,0 \pm 0,7$	$13,0 \pm 0,5$ $P < 0,001$	$42,0 \pm 1,2$	$34,0 \pm 1,3$ $P < 0,001$
2,0 и более	$27,0 \pm 6,8$	$18,0 \pm 0,5$ $P > 0,05$	$18,0 \pm 3,1$	$9,0 \pm 0,2$ $P < 0,05$	$29,0 \pm 1,4$	$16,0 \pm 1,2$ $P < 0,001$

Примечание: было отобрано и исследовано 84 пробы.

Результаты проведенных исследований показали, что средние размеры частиц пыли на ряде участков существенно отличались друг от друга и если при получении цинковой пыли они равнялись в среднем 3,10 мкм, то у электропечей – всего 0,35 мкм. Наибольший процент мелкодисперсных аэрозолей обнаруживался у индукционных печей, получении белил и вельцпечей.

Значительные отличия отмечены по ширине и длине частиц, а также по удельной поверхности некоторых видов аэрозолей: так, если у частиц, выделяемых при получении цинковой пыли, она была всего $963 \text{ см}^2/\text{г}$, что указывало на их округлую сглаженную форму, то при получении цинковых белил удельная поверхность частиц равнялась $18204 \text{ см}^2/\text{г}$.

Представляет интерес и форма частиц. Образующиеся путем коденсации аэрозоли твердых веществ состоят обычно из сферических аморфных частиц, которые могут коагулировать, образуя агрегаты определенной структуры. Так, мышьяк способен образовывать кристаллы, а сера – формироваться в виде шариков. При горении металлов образуются окисные дымы. Известно, что окислы алюминия, титана, циркония и тантала и др. обнаруживаются в виде частиц сферической или овальной формы. А вот окислы с низкой температурой кристаллизации, такие как цинк, медь, никель в некоторых случаях способны приобретать форму кристаллов (В.С.Спиридонов с соавт. 1982, 1985, Н.А.Стерлюхина 1989, Spone A., Rautu R 2001, Littorin G.G. et al., 2006).

При исследовании различных видов аэрозолей, образующихся при производстве цинка, оказалось, что свинцовая пыль выделялась в воздушную среду в виде частиц разнообразной неправильной формы с диаметром более 1 мкм. Однако при высоких температурах аэрозоли свинца (возгоны с размерами частиц менее 1 мкм) способны приобретать шаровидную форму, сохраняющуюся даже при условии объединения их в конгломераты. Медь обнаруживалась в основном в виде частиц разнообразной неправильной формы, но в ряде случаев (например, при выделении из конверторов и пр.) они могли приобретать дендритнопо-подобную форму (рис. 4,5).

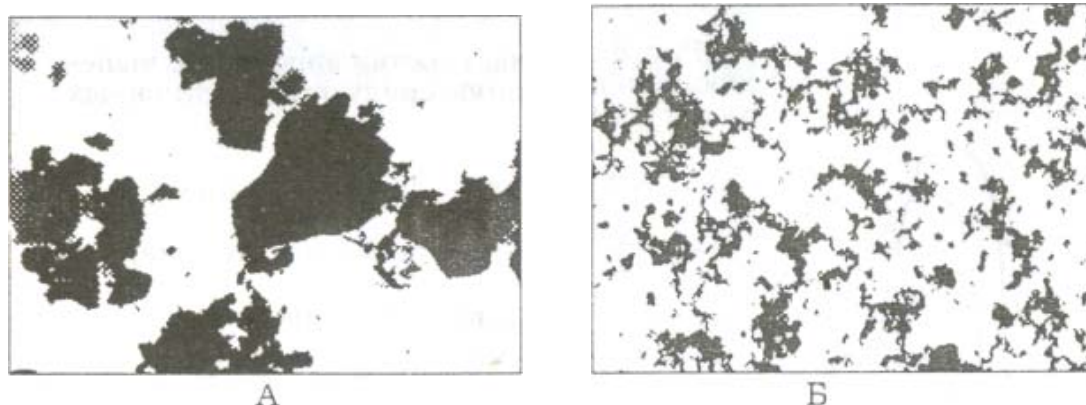


Рис. 3. А – электронограмма крупнодисперсной свинцовой пыли (x4500);
Б – электронограмма аэрозоля металлической меди (x4500)

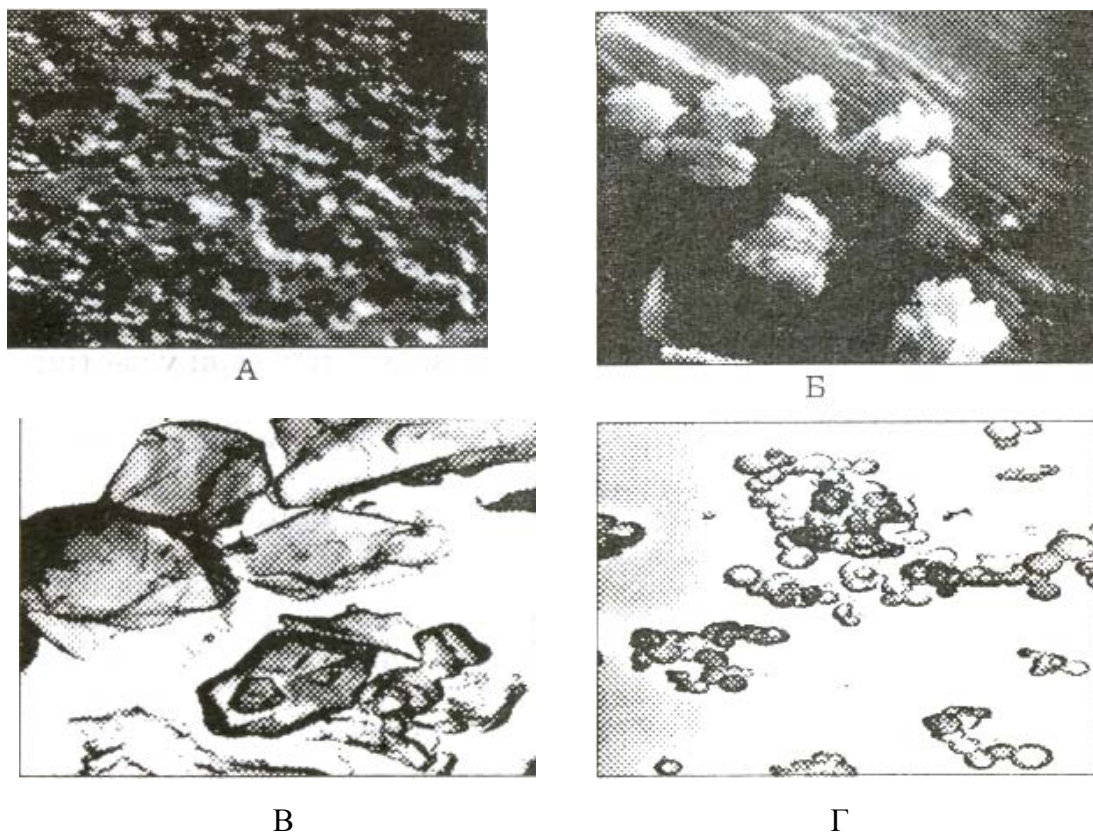


Рис. 4. Электронограммы: А – аэрозоля меди под сканирующим микроскопом; Б – крупнодисперсной цинковой пыли под сканирующим микроскопом; В – крупнодисперсной свинцовой пыли, полученная методом обволакивающих угольных реплик (x4500); Г – свинцового аэрозоля, полученная методом обволакивающих угольных реплик (x4500)

Особый интерес представляли аэрозоли цинка, которые выделялись в воздушную среду при большинстве технологических операций в виде обычных крупнодисперсных частиц овальной или продолговатой формы размером от 1 до 15 мкм (и даже более). Под сканирующим растровым микроскопом они также имели сглаженные формы и поверхность.

Однако при некоторых высокотемпературных процессах цинк выделялся в воздушную среду уже в виде субмикроскопических тетрагональных кристаллов, но этот вопрос более подробно будет рассмотрен в следующем разделе.

Исследования производственной пыли методами перографии, спектральным, атомно-абсорбционным и другими, показали наличие в ней разнообразных химических элементов. Так, при изучении химического состава пыли, выделяющейся в воздух при обжиге огарка, оказалось, что содержание цинка равнялось 46,7% (в среднем), железа – 7,9%, кремния –

0,6% меди – 0,9%, а свинца – 1,9% (табл. 37). Твердые аэрозоли, выделяющиеся в зону дыхания работающих, имели сложный химический состав, основой которого являются окись цинка, виллемит и сфалерит. Однако если в пробах пыли концентратов содержание виллемита составляло 43,2%, то в обжиговых – 22,3%.

Существенно различалось процентное содержание и сульфата цинка, окисей цинка и свинца (табл. 38). В связи с обнаружением сульфатов и учитывая их повышенную степень растворимости в биосредах, необходимо было более детально изучить этот вопрос.

Таблица 37. Соотношение основных химических компонентов в пылевых пробах обжигового цеха (%)

Химический компонент	Пробы		
	Средние (М ± м)	Минималь- ные	Максималь- ные
1. Цинк	46,7 ± 0,7	42,4	58,4
2. Железо	7,9 ± 0,2	6,0	10,8
3. Свинец	1,9 ± 0,09	0,56	2,6
4. Медь	0,9 ± 0,03	0,61	1,3
5. Кремний	0,6 ± 0,04	0,34	1,3
6. Кадмий	0,1 ± 0,01	0,08	0,28
7. Кобальт	0,06 ± 0,01	0,04	0,09
8. Ртуть	0,02 ± 0,01	0,02	0,03
9. Никель	0,02 ± 0,01	0,01	0,03
10. Мышьяк	0,22 ± 0,01	0,17	0,24
11. Сурьма	0,02 ± 0,01	0,02	0,03
12. Индий	0,01 ± 0,01	0,01	0,01
13. Селен	0,07 ± 0,01	0,06	0,08
14. Магний	0,35 ± 0,01	0,25	0,45
15. Натрий	0,02 ± 0,01	0,01	0,04
16. Окись кальция	0,29 ± 0,01	0,2	0,7
17. Калий	0,04 ± 0,01	0,04	0,04
18. Марганец	0,05 ± 0,01	0,02	0,09

Примечание: 1. Общее количество проб – 28;

2. У элементов с минимальными значениями "m" – ставили не менее 0,01.

Таблица 38. Соотношение основных химических соединений, обнаруженных методом рационального химического анализа (%)

Определяемые компоненты	Переработка концентратов	Получение "огарка"	P
1. (ZnFe)S	43, 2 ± 0,8	22,3 ± 0,6	P < 0,001
2. ZnSO ₄	0,33 ± 0,08	9,93 ± 0,3	P < 0,001
3. ZnS	21,6 ± 0,9	15,0 ± 0,5	P < 0,001
4. ZnO	15,() ± 1,4	34,5 ± 0,5	P < 0,001
5. ZnO · Fe ₂ O ₃	9, 5 ± 0,2	9, 8 ± 0,4	P > 0,05
6. Zn ₂ SiO ₄	5,2 ± 0,2	1,04 ± 0,7	P < 0,01
7. PbS	2,76 ± 0,1	1,8 ± 0,1	P < 0,01
8. PbO	0,32 ± 0,04	2,2 ± 0,2	P < 0,001
9. CuS	2,41 ± 0,08	2,12 ± 0,3	P > 0,05

Примечание: Общее количество проб – 24;

Требовалось выяснить и наличие хлоридов, а также их процентное соотношение. При этом оказалось, что количество ZnSO₄ достигало 9,1%, а у вельщепей даже 10,1% от общего количества выбрасываемой в воздушную среду пыли. Количество ZnCl₂ было незначительным, а содержание PbSO₄ – до 1,29% и PbCl₂ до 0,52%.

При исследованиях, проведенных методом рентгено-структурного анализа физиками С. А. Склярским и В.И. Ярыгиным, было обнаружено, что твердые аэрозоли, выбрасываемые в воздушную среду, в основном состояли из следующих соединений: α- ZnS – сфалерит, Zn₂SiO₄ – виллемит. β -ZnS – вюрцит, Zn₂Fe₂O₃ – феррит цинка. ZnSO₄ – сульфат цинка, (ZnFe)S – марматит, ZnO – окись цинка. При этом α- ZnS образуется при температуре около 500°C, имеет кубическую сингонию (атомную решетку), β – ZnS – высокотемпературное соединение, меняющее кристаллическую решетку при температуре +1020°C на гексагональную с образованием пирамидальных, короткостолбчатых или таблитчатой формы кристаллов. Подобную кристаллическую решетку может иметь и ZnO.

После обработки пылевых проб смесью H₂O₂ + CH₃COOH на отснятых дебаграммах четко выделялись также ZnFeO и (ZnFe)S и Zn₂(SiO₄). На дебаграммах, обработанных смесью ЛОУ, видно, что основная масса осадка состояла из виллемита, сфалерита, феррита цинка, а при обработке H₂O₂ + CH₃COOH – ZnFe₂O₄, ZnS-α и SiO-α ; (ZnFe)S, Zn₂SiO₄. Кроме вышеперечисленных соединений были обнаружены следы PbO, Pb₂O₃, PbSO₄, PbSiO₃, Си, FeS₄, CuO и др. Структурный состав обнару-

женных химических компонентов в значительной степени был подтвержден и данными электронной микродифракции.

При производстве цинка, где в связи со спецификой технологических процессов в воздушную среду дополнительно к большим количествам пыли выделяются и газы, следует кратко остановиться и на механизме их взаимодействия. Поскольку газы состоят из свободных молекул, то между ними при выделении могут происходить химические реакции с образованием новых, а также свободных молекул. Из них путем агрегации и коденсации образуются первичные частицы, скорость возникновения которых определяется степенью пресыщения продуктов реакции (И.В. Петрянов-Соколов, А.Г. Сутугин, 1989).

Таблица 39. Содержание сульфатов и хлоридов металлов в аэрозолях некоторых технологических участков цинковых заводов (средние данные)

Наименование технологических участков	К-во проб	Определяемые компоненты						
		ZnCl ₂	ZnSO ₄	PbCl ₂	PbSO ₄	CuSO ₄	FeCl ₂	FeSO ₄
Дроссовый участок	18	-	0,16	-	-	-	-	-
Сушка цинковых кеков	18	0,15	9,1	0,52	0,7	0,09	-	-
Классификация ога р ка	18	0,8	7,9	-	0,3	0,13	-	-
Обжиг концентрата в печи "КС"	18	0,9	8,9	-	0,43	0,17	0,4	2,9
Получение цинковой пыли	18	-	0,6	-	0,11	-	-	-
Вельцпечи (у загрузки)	18	0,7	4,1	0,2	0,9	0,22	-	-
Вельцпечи (у выгрузки)	18	0,75	10,1	0,52	1,29	0,22	-	-

Таким образом, проведенные исследования показали наличие разнообразных компонентов и дали возможность установить структурный состав основных химических соединений, из которых состоят твердые аэрозоли, выбрасываемые в воздушную среду при производстве цинка. Обращает на себя внимание наличие в пыли двуокиси кремния. Однако количество ее незначительно, а основная часть ее находится в виллемите (Zn₂SiO₄) – стойком химическом соединении (табл. 39).

На ранней стадии процесса увеличение весовой концентрации аэрозолей, например при повышении относительной влажности, приводит не к укрупнению отдельных частиц, а к увеличению их числа. Однако в дальнейшем основным фактором, определяющим размер частиц, становится коагуляция, скорость которой пропорциональна квадрату числа частиц в единицу объема и поэтому она тем больше, чем выше концентрация аэрозоля.

По закону Уайтлоу-Грея и Паттерсона скорость убывания счетной концентрации из-за коагуляции зависит лишь от квадрата концентрации частиц и константы коагуляции: $dn/dt = Kn^2$.

Таким образом, когда счетная концентрация аэрозолей велика, коагуляция протекает с большей скоростью, а затем падает, но так как на многих технологических переделах цинкового производства в воздух постоянно поступают все новые и новые выделения, процессы коагуляции, очевидно, должны протекать постоянно. Разнообразие химических реакций весьма значительно, и в изучаемых цехах имеются для этого соответствующие условия. Например, при обжиге огарка в воздух выделяется значительное количество SO_2 . При наличии влажности воздуха SO_2 окисляется в SO_3 и способно превращаться в: $SO_2 \rightarrow SO \rightarrow H_2SO_4$.

Окисление SO_2 в SO_3 интенсивно происходит под действием солнечного света, в связи с чем в ночное время и зимой эти процессы значительно менее выражены. Исследования показали, что в солнечные дни концентрации SO_2 в воздушной среде обжиговых цехов по сравнению с пасмурными днями снижались на 10-12%. Так, на 11-й отметке у печей «КС» за 4 солнечных дня ($n=36$) содержание SO_2 в воздушной среде было равно $38,6 \pm 1,23$ мг/м³, а за 4 пасмурных дня – $46,4 \pm 1,54$ мг/м³.

Капельки H_2SO_4 выделяемые в воздух, имеют диаметр частиц около 0,4-0,5 мкм, но уже через пять минут они коагулируют до размеров 1,0 мкм и в дальнейшем увеличиваются еще более значительно. Подобная картина наблюдается и с молекулами $HC1$, поступающими в воздушную среду электролизных и выщелачивательных цехов. Наличие таких «укрупненных» частиц способствует быстрому их осаждению и указывает на то, что, очевидно, эти молекулы воздействуют в основном на верхние дыхательные пути.

Таким образом, твердые аэрозоли, выделяемые в воздушную среду при производстве цинка, представляют собой частицы разнообразной формы с высокой плотностью и удельной поверхностью. Дисперсный состав выбрасываемых в воздушную среду частиц, диапазон которых от

0,05 до 15,0 мкм и даже более, находится в непосредственной зависимости от технологических этапов. Наименьшие размеры частиц (менее 1,0 мкм) отмечены на участках, где при высоких температурах аэрозоли выделяются в виде «возгонов», что является существенным моментом при их токсикологической оценке.

При помощи современных физико-химических методов исследований показано, что аэрозоли, выделяющиеся в воздушную среду, имеют весьма разнообразный химический состав: Zn, Fe, Pb, Cu, Cd, Si и др., а представленные компоненты находятся в виде сложных по своей структуре соединений, основными из которых являются: (ZnFe)S, ZnSO₄, ZnO, Fe₂O₃, Zn₂SiO₄, ZnS, PbO, PbSO₄ и др.

Исследования дали возможность выяснить картину распределения выделяемых аэрозолей, их взаимодействия в зависимости от технологических переделов и показать ведущее значение твердых аэрозолей в разнообразном комплексе неблагоприятных производственных факторов, способных оказывать воздействие на организм работающих цинковых заводов, а также определить УСЛОВИЯ распределения газов и возможности их трансформации при процессах производства цинка. Учитывая важное значение обнаруженных физико-химических характеристик твердых аэрозолей и их удельного веса в общих объемах пылегазовыделений, необходимо прежде всего попытаться выяснить механизмы их поступления в организм через основной тракт – органы дыхания.

4.2. Патогенетическое значение гранулометрического состава цинкового аэрозоля в развитии «цинковой» лихорадки

1. Воздействие цинка и его окиси в том виде, в каком они обычно выделяются в воздушную среду, ранее уже было описано многими исследователями (М.А. Казимовский, 1987; В.И. Давыдова, 1989; Т.Х. Айтбаев, 1989; С.В. Кузьмин, 2003; С.А. Куролап, 2006; С.М. Ляпунов, 2006 и др.). дыхание крупнозернистой пыли металлического цинка, по данным многих авторов, не оказывает существенного влияния на организм человека и животных (С.П. Варшавская 1995, Ж.И. Абрамова, 2001; В.Н. Любченко 2005 Н.А.Стерелюхина 2005; Jowsey J., Geriatrics. 2003, King M. et al. 2004, Scheuhammer A.M. 2004 и др.).

Описанные в литературе случаи отравления связаны преимущественно с однократным поступлением значительных количеств цинка (А. Cowan, 1997). При этом наблюдались ощутимые явления раздражения пищевари-

тельного тракта, а в более тяжелых случаях больные погибали при явлениях диабетической комы. Однако оценивать приведенные А. Cowan факты весьма затруднительно, т.к. автор не описывает, при каких условиях возникли наблюдаемые им отравления.

Исследованиями Е.А. Лужникова(1994) при хроническом отравлении животных соединениями цинка были обнаружены качественные и количественные изменения тканевых белков, понижение содержания общего белка в крови, сульфгидрильных групп и ряд других изменений, указывающих на нарушения биологических свойств тканевых белков, следствием чего является нарушение их ферментативной, гормональной и иммунобиологической функции. В то же время В.В. Милишникова (1990), Н.А.Павловская(1990), В.Б. Панкова (1992) и др. изменений со стороны сульфгидрильных групп не отмечали.

В.Н.Агапкин (1979), поместив на 12 месяцев клетки с животными в цехе завода «Укрцинк», наблюдал у них выраженные явления острого катарально-гнойного воспаления слизистых верхних дыхательных путей с последующим развитием атрофического процесса. При пероральном введении 0,028 мг/кг окиси цинка белым крысам Н.А. Стрелюхина (1989), Т.Х. Айтбаев(1988), Х.С. Аргимбекова (1996) обнаружили определенные морфологические изменения в печени, почках и селезенке.

Наибольшее же количество исследований посвящено проблеме так называемой «цинковой», или «литейной» лихорадки, которая десятки лет не сходит с повестки дня. По мнению Gooba F., Bessuti C., Ciubarelli C. D. (1999), при «литейной», лихорадке в первую очередь наблюдается раздражение слизистых верхних дыхательных путей. Объясняя причинность развития «литейной» лихорадки, считает, что цинковая пыль, вдыхаемая рабочими, состоит из мелких «круглых» частиц, механическое воздействие которых и обуславливает воспалительные явления слизистых дыхательных путей. Но если допустить подобное предположение, то картина «литейной» лихорадки наблюдалась бы при воздействии и неметаллических видов пыли.

Следует отметить, что, несмотря на то, что симптоматический комплекс «цинковой» лихорадки наиболее характерен при воздействии на органы дыхания работающих «взгонов» цинка, идентичная картина заболевания может развиваться и при вдыхании аэрозолей ряда других металлов, в частности: меди, серебра, никеля и т.д. (А.М. Рашевская и соавт., 1988; Han Liantang et al. J. Environ 1993, Lagerkvist Birgitta Json, Lundstrom Nils-Goran. 2004. и др.).

Наиболее приемлемым является мнение о взаимосвязи высокодисперсных частиц окислов металлов, обладающих большой каталитической активностью, с клеточным белком, что может приводить к его денатурации и сопровождаться пирогенным эффектом (А.В. Рощин и соавт., 1987; Н.А. Сенкевич, А.М. Рашевская, 1988 и др.). Однако данная точка зрения не объясняет, почему во многих случаях высокодисперсные аэрозоли металлов даже в более высоких концентрациях не приводят к развитию «литейной» лихорадки, а многие металлы, например железо, вызывают совершенно иную патологическую картину в организме.

Вопросам влияния цинка на организм посвящено значительное количество экспериментальных исследований на животных (В.А. Реутова 1979, А.В. Рощин с соавт. 1987, В.Г. Седачев с соавт. 1988, О.П. Смирнова 1990, А.А. Лукашев 1994, Г.Д. Дях 2000, 2001). Авторы указывали, что при воздействии окиси цинка на животных отмечала изменения со стороны верхних дыхательных путей, бронхов и перибронхиальной ткани. Представляют интерес и данные А.М. Монаенковой (1976), которые при опросе 18 аппаратчиков, работавших на операциях расплава, возгонки и просева цинковой пыли, у большинства из них выявили в анамнезе «литейную» лихорадку.

Л.Ф. Гоова (1999) для установления токсических доз цинка вводила крысам внутрибрюшинно раствор $ZnSO_4$. При дозах в 25, 40, 75 мг чистого цинка на 1 кг массы тела наблюдались адинамия, ретикулоцитоз, гемоглобинемия, нарушение лейкоцитарной формулы, увеличение содержания сахара в крови. Однако эти данные нельзя брать за основу, т.к. для производственных условий характерен ингаляционный метод поступления цинка в организм, при котором токсикологическая картина существенно отлична. Это обстоятельство подтверждается исследованиями П.Н. Любченко с соавт. (1989), которая, изучая уровень порфирурии у подопытных животных при различных способах введения цинка, при внутрибрюшинном методе обнаружила совсем не идентичную для цинка реакцию.

При ингаляционной заправке, проводимой пылью, выделяющейся в цехе в виде окиси цинка (5,21% свинца и 70,7% цинка), из которого 69,7% приходилось на $ZnSO_4$ (69,7%) и, по-видимому, свинца (5,21%). В связи с тем, что состав изучаемых Л.Ф. Гоова видов пыли был неоднороден, сделать какие-то определенные выводы весьма затруднительно.

Наиболее близкими к разбираемому нами вопросу являются исследования И.В. Старцева (1990), которая, изучая влияние на подопытных

животных сернокислого цинка, обнаружила снижение гемоглобина, эритроцитов, тромбоцитов и эозинофилов, базофильную зернистость, лейкоцитоз, а также увеличение свободных копропорфиринов, фагоцитарного индекса и процента активных фагоцитов. Существенные морфологические изменения при воздействии окиси цинка были обнаружены Н.А. Стрелюхиной (1989). Однако оценить полученные данные с точки зрения влияния ZnO на организм в производственных условиях затруднительно, т.к. автор использовала пероральный метод введения.

На угнетение двигательной функции мерцательного эпителия слизистой оболочки у работающих с сернокислым цинком указывает Н.М. Привалова (1989). По данным М.Т.Рахимова 1992, и В.С.Спиридоновой (1992) при проникновении сульфата цинка в желудочно-кишечный тракт могут наблюдаться боли в полости рта, в животе, тошнота, рвота, диспептические расстройства. Данные о токсическом действии на организм хлорида цинка крайне ограничены. Хлористый цинк, прежде всего, оказывает раздражающее действие на кожу с развитием дерматитов. У рабочих, подвергавшихся воздействию ZnCl₂, наблюдалось поражение слизистых верхних дыхательных путей, трахеи, бронхов, а при воздействии более года – язвы желудка и 12-перстной кишки. Отмечены случаи прободения носовой перегородки (Г.Е. Пятаев 1982, Х.С. Аргимбекова (1996). По данным М.П. Рахимова (1992), ингаляция парами хлористого цинка может привести к некротическому бронхиту и отеку легких.

Таким образом, вышеизложенные весьма ограниченные данные указывают на способность цинка оказывать определенное воздействие на различные органы и системы организма, но его общетоксическое действие выражено нечетко. Специфическим же заболеванием, возникающим при ингаляции паров цинка, является «цинковая» лихорадка. Однако проведенные исследования не давали ответа на вопрос, почему у рабочих некоторых технологических участков цинкового производства при систематическом воздействии высоких концентраций цинка на органы дыхания, «литейные» – «цинковые» лихорадки отсутствовали, и не было выявлено никаких специфических нарушений, характерных для непосредственного воздействия цинка и его соединений на организм. В связи с этим была сделана попытка разобраться в причинах наблюдаемого несоответствия и на основании полученных ранее материалов, прежде всего, выяснить, какую роль в развитии заболевания играет форма и дисперсность вдыхаемых организмом частиц.

Как указывалось выше, многие исследователи наблюдали зависимость между размерами частиц различных аэрозолей и развитием патологического процесса (Б.Т. Величковский с соавт., 1990, А.Л. Кармолин 1993, Б.А.Канцельсон 1996, и др.). Считая цинк и его соединения в твердом и пылевидном состоянии фактически слабо токсичными, Н.А. Сенкевич и А.М. Рашевская (1983) тем не менее считают, что пары цинка и его мелкодисперсная пыль обладают токсическим действием и способны вызывать развитие «литейной» лихорадки. На неспособность крупнодисперсной цинковой пыли вызывать лихорадку указывают А.М. Музафаров 1992, Р.П.Неровная 1993.

Ряд авторов придавали определенное значение и форме частиц, однако данный вопрос до настоящего времени оставался весьма спорным. Уже давно было замечено, что «литейные» лихорадки у рабочих наблюдаются при вдыхании «взгонов», состоящих в основном из мелкодисперсных частиц. Наиболее распространенное мнение о патогенезе «литейных» лихорадок, как указывалось выше, исходит из предположения, что высокодисперсные частицы обладают высокой кинетической энергией и большим электрическим зарядом, результатом чего и является взаимодействие с клеточным белком и последующая денатурация. Довольно убедительно выглядит мнение Н.А. Сенкевич и А.М. Рашевской (1983), которые предполагают, что мелкие частицы, обладая высокой каталитической активностью, вызывают денатурацию клеточных белков, сопровождающуюся пирогенным эффектом.

Однако нельзя не учитывать то, что металлический цинк, попадая во влажную среду, быстро покрывается пленкой $ZnCO_3 \cdot 3Zn(OH)_2$, обладающей большой плотностью и химической инертностью. Кроме того, если принять данную гипотезу, то возникает и вопрос, почему даже при высоких концентрациях мелкодисперсных аэрозолей цинка в зоне дыхания работающих проявления лихорадки в одних случаях отсутствовали, а в других, даже при менее значительном содержании цинка (и с подобными физико-химическими характеристиками), у рабочих наблюдались заболевания «литейной» лихорадкой. В то же время при исследовании воздействия цинка на органы подопытных животных получить клинические проявления «литейной цинковой» лихорадки в экспериментальных условиях не удавалось.

Изучая цинковые аэрозоли, выделяемые в воздушную среду, под электронным микроскопом совместно с инженерами-физиками С.Б. Блаховым и А. А. Гуровым нам удалось наблюдать различные виды

частиц цинка как по форме, так и по величине. При этом оказалось, что крупные частицы размерами от 1 мкм и более имели неправильную овальную форму (рис. 11 и 12), тогда как частицы менее 1 мкм в ряде случаев приобретали разнообразные неправильной формы конфигурации. Более того, у индукционных печей при переплавке катодного цинка удалось обнаружить совершенно необычные кристаллы тетрагональной формы с многочисленными «игольчатыми» образованиями, длина которых была в 1,5-4,5 раза больше самого «ядра» кристалла (рис. 6 и 7).

Чтобы выяснить, случайное ли это явление, было дополнительно отобрано 286 проб на различных производственных участках. Оказалось, что в пыли, выделяющейся при плавке катодного цинка из индукционных печей, при приготовлении цинковых белил и из электротермических печей, т.е. там, где при специфических условиях образовывались аэрозоли-конденсаты, также удалось обнаружить частицы тетрагональной формы (рис. 8).

Именно там, где имели место высокая температура (от +600°C до +900°C и более) и определенная технологическая обстановка, в ряде случаев создавались условия для образования подобных частиц. Причем, при приготовлении цинковых белил, где процессы плавления проводятся в условиях относительной герметизации, подобная форма частиц отмечалась лишь при высоких температурах. Идентичная картина наблюдалась и в выбросах из электротермических печей, где «при некоторых состояниях» частицы ZnO и ZnS могут приобретать кубические или гексагональные модификации. Трансформацию окислов ряда металлов Zn, Cu, Ni и др. с низкой температурой кристаллизации в виде многогранных кристаллов наблюдали также Pannier R., Behning J., Praefke K., Huebner G. (2000). Исследование же аэрозолей от индукционных печей для плавки катодного цинка показали, что в данном случае конденсат, выделяемый в воздух с открытых поверхностей расплава, уже при температурах более +600°C в ряде случаев приобретал форму не только гексагональных, но и тетрагональных кристаллов (рис. 8, 9).

При этом была обнаружена интересная закономерность: разрастание кристаллических отростков находилось в зависимости от дисперсности частиц. Как правило, частицы пыли, состоящие из тетрагональных кристаллов, имели размеры от 0,8 до 0,1 мкм и даже менее. Следует отметить, что крупные частицы обычных форм в таких пылевых пробах не обнаруживались. В связи с этим представляло интерес выяснить и зависимость изменений гранулометрического состава частиц от температуры.

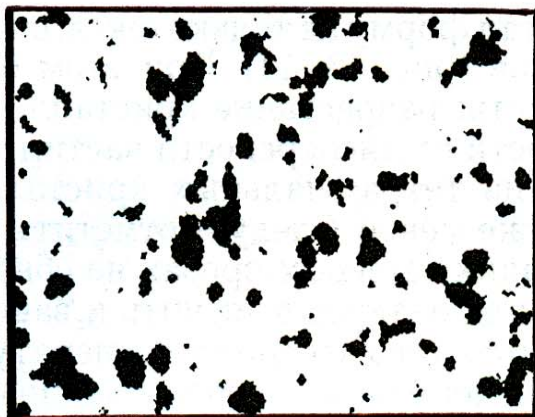


Рис. 6. Электронограмма крупнодисперсной цинковой пыли (после просева $\times 4500$)



Рис. 7. Электронограмма крупнодисперсной цинковой пыли (при ее приготовлении $\times 9000$)



Рис. 8. Тетрагональные кристаллы цинка, выделяющиеся при плавке катодного цинка ($\times 15000$)

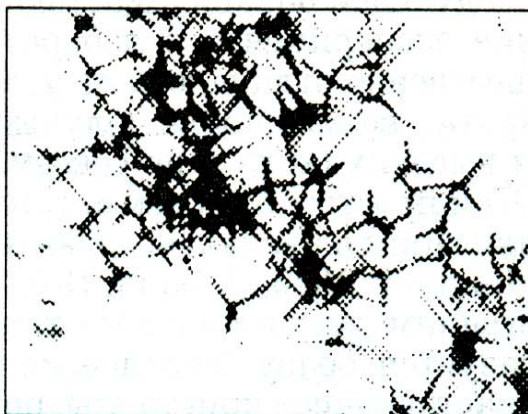


Рис. 9. Тетрагональные кристаллы цинка, выделяющиеся из индукционных печей ($\times 9000$)



А



Б

Рис. 10. Электронограмма цинкового аэрозоля, выделяемого при получении цинковых белил

А - при температуре 900°C ($\times 8600$)

Б - при температуре 1000°C ($\times 8600$)

Результаты эксперимента показали возможность образования субмикроскопических частиц при температурах расплава и их изменения по мере дальнейшего повышения температуры, когда происходил процесс коагуляции (спекания) мелких частиц в более крупные с последующей оплаиваемостью поверхностей. Правда, проведение эксперимента в лабораторных условиях на печи СЦОЛ-1/25 существенно отличалось от условий производства, тем не менее, была показана возможность получения тетрагональных кристаллов цинка при высоких (хотя и не совсем технологических) температурах. При простых осях симметрий (низшие сингонии) происходит кристаллизация в зеркально-равных формах – явление энантиоморфизма. Цинк и его окись относятся к средним сингониям гексагонального типа. При этом если в объеме расплава образуется сразу большое количество центров кристаллизации, то разрастающиеся кристаллы, по-видимому, способны приобретать всевозможные неправильные формы. Именно при нестабильных условиях образования, наблюдаемых форм цинка, кристаллы могут претерпевать всевозможные изменения молекулярных процессов «подвода», нарушение роста и т.д., приобретая многообразие форм (рис. 10).

Именно в момент выброса из печей в массу застывающего аэрозольного «расплава» образуется множество кристаллических зародышей, вырастающих в мельчайшие кристаллики. Однако огромное их количество, выделяющееся при минимальных объемах среды, в результате продолжающегося роста и столкновения друг с другом может приводить к образованию кристаллов разнообразной формы, в том числе и тетрагональной (М.П. Шаскольская, 1978). Более того, при быстром охлаждении тетрагональные кристаллы цинка способны объединяться в цепи, по-видимому, вследствие гравитации и повышенной разности потенциалов из-за формы частиц. Цепи кристаллов постепенно концентрируются вокруг «ядер», образуя конгломераты, в которых уже происходит процесс «спонтанной нуклеации», что в дальнейшем влечет за собой обратную трансформацию формы частиц (рис. 11). Учитывая немногочисленные вышеприведенные данные литературы, указывающие на агрессивность частиц неправильной формы, а также то обстоятельство, что наблюдаемые случаи «литейных» лихорадок имели место

именно при возгоне аэрозолей цинка и некоторых других металлов, было сделано предположение, что одной из причин их возникновения и являлась обнаруженная форма частиц.

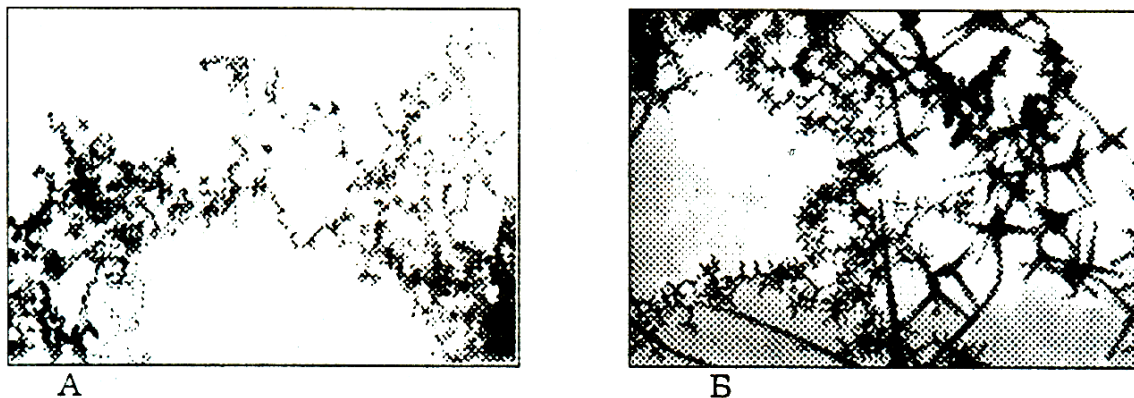


Рис. 11. Процесс объединения в цепи тетрагональных кристаллов с последующим их укрупнением
А - x9000

Б - x15000

В связи с этим сотрудниками Усть-Каменогорского отдела был проведен опрос 48 работающих на участках, где в воздушной среде обнаруживались тетрагональные частицы. При этом оказалось, что у всех опрошенных ранее неоднократно наблюдались симптомы, характерные и для «литейных» лихорадок, которые обычно диагностировались как проявления катаров верхних дыхательных путей, трахеобронхитов, ангин и т.д. Около половины обследованных в анамнезе жаловались на неоднократно возникающие простуды со скачущей температурой, до прихода врача или после его ухода, металлический вкус во рту, сопровождающийся диспепсическими явлениями и др. То есть, можно было предположить, что в анамнезе у рабочих тех технологических участков, где в воздушную среду выделяются тетрагональные кристаллы цинка, в анамнезе имели место заболевания типа «литейной» лихорадки.

Для подтверждения данного предположения необходимо было проведение эксперимента на подопытных животных, где для получения кристаллов цинка «друзовидной-игольчатой» формы (да еще в больших количествах) была создана специальная установка, в которой образующийся аэрозоль полностью состоял из «друзовидных» кристаллов диаметром 0,5-0,1 мкм и даже менее. В эксперименте было ис-

пользовано 126 крыс-самцов весом от 150 до 200 г. В три камеры (в каждой по 18 животных) подавался аэрозоль, состоящий из «друзовидных» кристаллов размером от 0,05 до 0,5 мкм (образующийся в печах СУОЛ-25), а в три другие камеры – обычные сглаженные частицы размером от 2 мкм до 15 мкм, подаваемые из обычного пылевого распылителя. В одной камере помещались интактные животные.

Заданные концентрации аэрозоля как для «друзовидных», так и для «сглаженных» частиц равнялись 1, 5 и 25 мг/м³. Продолжительность затравки животных – 5 дней по 6 часов ежедневно. Проведенные исследования показали, что у животных, ингалируемых обычной крупнодисперсной цинковой пылью, при всех трех концентрациях на протяжении даже месяца затравки (так же, как и в контроле) не было выявлено каких-либо достоверных изменений. У животных же, затравка которых проводилась «друзовидными» кристаллами, в 1-й камере (24,0±0,8 мг/м³) на второй день ингаляции уже появились признаки заболевания. Температура тела резко поднялась с +37,4 до +40,9°С, а затем снизилась до +37,2°С, а еще через 6 часов – вновь поднялась до +41,8°С. У крыс, затравка которых была прекращена, к 8 часам утра третьего дня температура вновь поднялась до +41,4°С, а к 12 часам – снизилась до +37°С и далее уже не превышала фоновые показатели (табл. 40).

Ингалирование оставшихся шести животных было прекращено еще через 3 дня, когда 4 из них погибло. У животных во второй камере данной серии (5 мг/м³) скачкообразное повышение температуры тела было зафиксировано лишь на пятый день, а в третьей (1 мг/м³) – на протяжении всех пяти дней температура тела оставалась нормальной. У всех трех групп животных второй серии, ингаляция которых проводилась крупнодисперсным цинковым аэрозолем, так же, как и у контрольной группы, существенных отклонений от исходных данных обнаружить не удалось.

Таблица 40. Результаты измерения температуры тела у крыс при ингаляционной заправке тетрагональными кристаллами цинка и крупнодисперсной цинковой пылью ($M \pm m$)

Час замеров	Группы подопытных животных			
	Дисперсный состав, мкм и концентрации, мг/м ³		Контроль, %	К-во крыс
	0,5 ± 0,03 мкм	7,1 ± 0,56 мкм		
	(24,0 ± 0,8 мг/м ³)	(24,9 ± 0,7 мг/м ³)		
1-й день				
8 часов	37,6 ± 0,28	37,6 ± 0,33	37,5 ± 0,24	54
12 часов	37,6 ± 0,14	37,4 ± 0,14	37,4 ± 0,14	54
16 часов	37,8 ± 0,15	37,9 ± 0,16	37,5 ± 0,17	54
2-й день				
8 часов	37,4 ± 0,13	37,6 ± 0,14	37,6 ± 0,12	54
12 часов	40,9 ± 0,22*	37,7 ± 0,16	37,4 ± 0,14	54
16 часов	37,2 ± 0,13	37,7 ± 0,14	37,8 ± 0,24	54
20 часов	41,8 ± 0,25*	37,5 ± 0,14	37,5 ± 0,19	54
3-й день				
8 часов	37,7 ± 0,15	37,6 ± 0,15	37,6 ± 0,13	54
12 часов	41,4 ± 0,13*	37,8 ± 0,26	37,6 ± 0,15	54
16 часов	37,0 ± 0,14*	38,1 ± 0,46	37,6 ± 0,17	54
20 часов	37,7 ± 0,13	37,7 ± 0,14	37,7 ± 0,17	54
4-й день				
8 часов	37,2 ± 0,33	37,4 ± 0,15	37,6 ± 0,17	54
12 часов	37,6 ± 0,14	37,8 ± 0,14	37,4 ± 0,14	54
16 часов	37,7 ± 0,13	37,5 ± 0,13	37,8 ± 0,24	54
20 часов	37,5 ± 0,14	37,6 ± 0,17	37,5 ± 0,19	54

Примечание: * – величина, достоверна по отношению к исходным данным.

У крыс основной серии (частицы 0,05-0,5 мкм) при концентрациях цинка 25 мг/м³ уже на второй день от начала заправки появились признаки возбуждения, животные терли мордочки лапками, чихали, у некоторых наблюдались диспепсические расстройства, дыхание стало неровным, появилось «чирликанье», характерное для катаральных явлений. Число дыханий возросло с 67,8 ± 1,4 до 99,5 ± 1,8 ($P < 0,001$). При концентрациях субмикроскопических частиц 5,0 мг/м³ подобные явления у животных также были зафиксированы, но носили менее выраженный характер. У крыс 1-й группы основной серии (25 мг/м³ при 0,05-0,5 мкм) явления гипоксемии появлялись на 2-й и 3-й день. Потребление кислорода

снизились с $9,18 \pm 0,5$ до $6,43 \pm 0,1$ мл/мин ($P < 0,001$), что согласуется с понижением содержания гемоглобина и эритропенией. Обращает на себя внимание выраженный лейкоцитоз и высокое СОЭ с $3,7 \pm 0,6$ до $32,0 \pm 3,1$ ($P < 0,001$) (табл. 41).

Таблица 41. Состояние картины крови у экспериментальных животных, ингалированных аэрозолями цинка, состоящими из субмикроскопических тетрагональных кристаллов в динамике ($M \pm m$) при концентрациях 25 мг/м^3

Исследуемые показатели	Сроки исследований (дни)					Кол-во животных
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	
Гемоглобин, г/л	$156,1 \pm 9,2$	$148,3 \pm 5,9$	$124,0 \pm 11,1$	$77,4 \pm 9,1^*$	$93,6 \pm 11,7^*$	18
Эритроциты, млн	$7,4 \pm 0,3$	$6,3 \pm 0,7$	$4,4 \pm 0,5^*$	$5,7 \pm 0,6^*$	$6,5 \pm 0,8$	18
СОЭ, мм/час	$3,7 \pm 0,6$	$7,3 \pm 1,3$	$28,3 \pm 1,4^*$	$32,0 \pm 3,1^*$	$13,3 \pm 1,2^*$	18
Лейкоциты, тыс.	$11,3 \pm 0,9$	$18,7 \pm 1,8^*$	$37,8 \pm 2,3^*$	$15,3 \pm 2,3$	$15,3 \pm 0,7^*$	18
Лейкоцитарная формула						
Базофилы, %	-	-	$0,3 \pm 0,1$	$0,6 \pm 0,2$	$0,9 \pm 0,3$	18
Эозинофилы, %	$1,7 \pm 0,3$	$2,0 \pm 0,6$	$2,3 \pm 0,8$	$1,0 \pm 0,2$	$2,1 \pm 0,7$	18
Нейтрофилы						
Палочкоядерные, %	$3,0 \pm 0,7$	$5,3 \pm 1,9$	$3,3 \pm 1,5$	$2,5 \pm 0,6$	$4,3 \pm 0,9$	18
Сегментоядерные, %	$35,8 \pm 3,1$	$23,3 \pm 4,8$	$33,7 \pm 6,2$	$31,3 \pm 3,7$	$30,3 \pm 5,8$	18
Лимфоциты, %	$54,7 \pm 7,3$	$67,3 \pm 8,9$	$53,9 \pm 4,8$	$63,3 \pm 3,4$	$61,7 \pm 5,5$	18
Моноциты, %	$4,7 \pm 0,7$	$1,0 \pm 0,6^*$	$0,9 \pm 0,3^*$	$0,3 \pm 0,1^*$	$2,0 \pm 0,8$	18

Примечание: * – величина достоверна по отношению к исходным данным.

Все это указывало, по-видимому, на уменьшение легочной вентиляции, вследствие воспалительных явлений слизистых бронхоальвеолярного аппарата, скопления экссудата в просвете альвеол, что, очевидно, затрудняло диффузию кислорода через альвеолярные мембраны. Кроме того, следует отметить, что у животных 1-й группы основной серии появлялись базофильно-зернистые эритроциты. Результаты биохимических исследований у подопытных животных 2-й серии (дисперсность $7,1 \pm 0,56$ мкм) не показали существенных отклонений даже при затравке наибольшими концентрациями аэрозолей цинка, а в I-й серии содержание глюкозы в крови возросло почти в 2 раза по сравнению с контролем (табл. 41).

Таблица 42. Состояние биохимических показателей у экспериментальных животных, ингалированных субмикроскопическими аэрозолями, состоящими из тетрагональных кристаллов цинка (на третий день эксперимента: 1-й группа)

Наименование исследований	Опыт (M ± m)	К-во исслед.	Контроль (M ± m)	Кол-во исслед.	P
Общий белок, г/л	68,20 ± 2,32	6	73,75 ± 3,26	6	> 0,050
Альбумины, %%	46,24 ± 3,15	6	56,3 ± 1,83	6	< 0,05
Глобулины, %%	53,76 ± 3,77	6	42,15 ± 1,49	6	< 0,05
α ₁ -глобулины	12,95 ± 1,46	–	8,52 ± 0,87	–	< 0,05
α ₂ -глобулины	12,07 ± 1,32	–	11,76 ± 0,53	–	> 0,05
β-глобулин	7,56 ± 0,88	–	8,85 ± 1,84	–	> 0,05
γ-глобулин	21,18 ± 2,49	–	14,6 ± 0,9	–	< 0,05
К от АГ	0,86 ± 0,13	–	1,33 ± 0,34	–	> 0,05
Глюкоза, ммоль/л	4,2 ± 0,04	12	2,2 ± 0,65	6	< 0,01
Холестерин, ммоль/л	1,8 ± 0,03	12	1,7 ± 0,01	15	< 0,01
Мочевина, ммоль/л	2,2 ± 0,02	6	2,4 ± 0,02	15	< 0,001
Ост. азот, г/л	0,18 ± 0,06	12	0,17 ± 0,01	15	> 0,05
АСТ, мкмоль	0,14 ± 0,01	6	0,28 ± 0,01	6	> 0,05
АЛТ, мкмоль	0,14 ± 0,01	6	0,24 ± 0,05	6	> 0,05
Липаза, ед.	194,0 ± 0,95	6	212,0 ± 0,7	6	< 0,001
Диастаза, (мгчас)мл	45,0 ± 0,8	6	113,0 ± 0,5	6	< 0,001
Билирубин, ммоль/л	5,88 ± 0,05	6	3,1 ± 0,04	6	< 0,001
ДАЛК, ед. крови	18,18 ± 2,13	6	31,3 ± 2,79	6	< 0,01
Копропорфирин, мкмоль/гр. креат.	592,0 ± 3,19	6	121,5 ± 7,46	6	< 0,001
АЛК мочи, мкмоль/л гр. креат.	62,0 ± 1,7	6	366,7 ± 2,47	6	< 0,01

Нарушения углеводного обмена подобного характера при развитии литейных лихорадок были отмечены и другими авторами (П.П. Движков, 1964 и др.) Еще большие изменения наблюдались при исследовании диастазы (113,0 ± 0,5 до 45,0 ± 0,8; P < 0,001), а также билирубина 3,1 ± 0,04 до 5,88 ± 0,05; P < 0,001. Это частично можно связать с энзимной недостаточностью, на что указывали и изменения АЛТ и АСТ, находящиеся в микросомах печеночных клеток. В то же время отсутствие изменений в уровнях холестерина и некоторых других показателей не давали оснований для предположения о нарушениях в паренхиме печени.

Значительные изменения были отмечены и в электрофоретической активности белков крови. В основной группе на фоне падения уровня сывороточных альбуминов (P < 0,05) имело место повышение количества глобулинов с достоверным увеличением α₁-глобулинов и γ-глобулинов, что характерно для развития воспалительных явлений и острых лихорадочных заболеваний. Интересно, что содержание цинка в крови, а также в моче подопытных животных в процессе эксперимента увеличивалось незначительно, что, по-видимому, объясняется местным локальным воздействием субмик-

роскопических частиц на слизистые органов дыхания. Наблюдаемые же изменения являлись, очевидно, следствием острых воспалительных процессов.

При изучении порфиринового обмена оказалось, что на фоне существенного увеличения экскреции АЛК наблюдалось снижение активности дегидратазы АЛК в крови. При этом в основной группе имело место и повышение уровня копропорфирина, а это согласуется с данными исследователей, изучавших проявления «цинковой» лихорадки у работающих (А.А. Мецатуньян, Д.Н. Финкельштейн, 1937; Н. Schwarz, 1968 и др.). Кроме того, следует отметить, что у данной группы животных наблюдалась лейкоцитурия ($11,5 \pm 1,2$) и повышенное содержание белка в моче ($5,0 \pm 1,13\%$) (табл. 42).

Гистологические исследования, проведенные при участии Н.А. Стрелюхиной, показали, что в легочной ткани наблюдались воспалительные изменения, выражающиеся в утолщении стенок бронхов за счет отека и инфильтрации гистоцидами и лимфоцитами с четким усилением слизиобразования (рис. 12). В просветах бронхов находились пласты опущенного эпителия с примесью полиморфно-ядерных лейкоцитов. Отмечалась и метаплазия цилиндрического эпителия в многослойный плоский. У большинства животных наблюдалась интерстициальная и несколько реже – серознодесквамативная пневмония (рис. 13).



Рис. 12. Гиперсекреция слизи в бронхах крысы. Окраска гематоксилином эозином (x200)

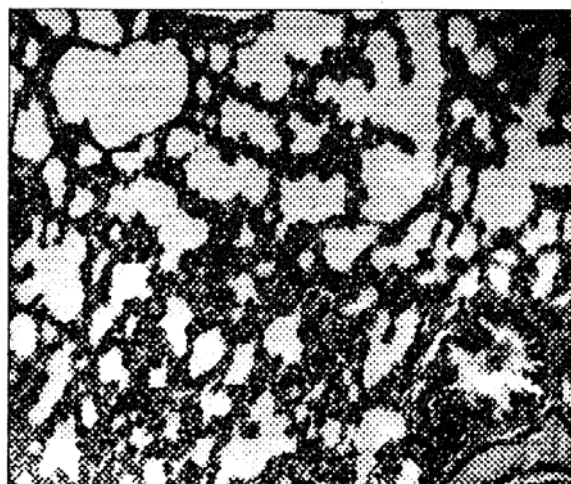


Рис. 13. Очаговая интерстициальная пневмония и эмфизема легких крысы. Окраска гематоксилином эозином (x100)

Таким образом, ингаляционная затравка подопытных крыс субмикроскопическими тетрагональными кристаллами цинка позволила наблюдать развитие симптомокомплекса, характерного для проявлений цинковой лихорадки. Отсутствие обнаруженных изменений у крыс, затравка которых

проводилась обычными частицами, даже при высоких концентрациях, подтверждает предположение о специфическом значении тетрагональных кристаллов цинка в этиологии «литейной» лихорадки. «Друзовидные» или «игольчатые» кристаллы обладают, по-видимому, как бы дополнительным механизмом внедрения, создающим локальный травматический эффект слизистых, выстилающих основные воздухопроводящие пути.

Массированное одновременное воздействие больших количеств тетрагональных кристаллов на обширные участки слизистых способно в короткие промежутки времени (что и имеет место при развитии «литейных» лихорадок) вызывать резкую воспалительную реакцию с пролиферацией клеточных элементов. «Друзовидные» частицы, число которых в течение нескольких часов вдыхания достигает многих сотен тысяч, при их мельчайших размерах легко проникают в клетки, вызывая денатурацию клеточных белков. Все это, по-видимому, и приводит к проявлениям, наблюдаемым при развитии клинической картины «литейной» лихорадки.

Относительная кратковременность регистрируемого симптомокомплекса связана, очевидно, с тем, что после начала заболевания поступление новых частиц в организм в производственных условиях, естественно, прекращается и дополнительное воздействие на слизистые исключается. Поступившие же ранее частицы в основном инактивируются при помощи разнообразных защитных механизмов (частичное удаление, растворение, капсуляция, фагоцитоз и т.д.). Касаясь механизмов этиологии и патогенеза лихорадки, следует отметить, что тетрагональные частицы цинка субмикроскопической фазы способны, как указывалось выше, проникать в значительных количествах и на альвеолярный уровень и, как и по всему бронхоальвеолярному аппарату, подвергаться «атаке» фагоцитов.

Однако, как указывает Б.Т. Величковский (1980) на примере кварцевых частиц, путь от альвеол к «мукоцилиарному» экскалатору без осложнений проделывают кониофаги, фагоцитировавшие частицы, не обладающие выраженными цитотоксическими свойствами или поглотившими их в небольших количествах. При фагоцитозе же большого количества пылевых частиц сначала подавляется подвижность макрофагов, а затем они разрушаются, нарушая и процессы самовыведения.

В данном же случае тетрагональные кристаллы, обладая «игольчатой» формой, а также высоким электрическим зарядом, в связи с большим расстоянием окончаний отростков от ядра кристалла и друг от друга, способны не только подавлять активность макрофагов, но и разрушать оболочку мак-

рофага (травматический эффект), приводя к его гибели. При массивном же поступлении субмикроскопических тетрагональных кристаллов возможна, по-видимому, и временная парализация системы выведения.

Этот процесс при «литейных» лихорадках, очевидно, может происходить даже при мобилизации, как указывает Н.М. Привалова (1989), в альвеолярную область дополнительного количества фагоцитоспособных клеток. В то же время можно допустить, что у некоторых рабочих при ослабленной реакции этих механизмов инактивация поступивших в организм аэрозолей может замедляться, и количество частиц в слизистых окажется выше какого-то критического уровня. По-видимому, именно в подобных ситуациях и наблюдаются неблагоприятные исходы заболевания.

4.3. Влияние на организм подопытных животных пыли обжига и сернистого ангидрида.

Одним из важных вопросов является и изучение влияния производственной пыли на систему органов дыхания. Как указывают Н.Ф. Измеров (1993), В.Б. Панкова и Т.Б. Попова (1993), пылевая патология в настоящее время занимает второе место среди всех регистрируемых профессиональных заболеваний. В предыдущих разделах мы изложили результаты экспериментальных исследований, касающихся вопросов влияния на организм аэрозолей цинка и свинца в зависимости от дисперсного и гранулометрического состава и тех физико-химических состояний, в каких их удалось обнаружить в условиях свинцово-цинкового производства. Однако проведенные исследования показали, что среди всех твердых аэрозолей, выделяющихся в воздушную среду, значительный удельный вес падал на пыль, образующуюся при обжиге концентратов и их транспортировке, сушке, дроблении и классификации.

Большие количества пыли обжига, поступая в зону дыхания работающих ряда технологических переделов, по-видимому, должны оказывать и определенное влияние на организм - вопрос, который до настоящего времени не получил целенаправленной токсикологической оценки. Высокие концентрации обжиговой пыли в воздушной среде, ее сложный физико-химический и дисперсный состав, а также данные, полученные нами в предварительных гигиенических и клинических исследованиях, указывали на необходимость проведения эксперимента на подопытных животных.

Анализ углубленной разработки заболеваемости и клинических наблюдений за состоянием здоровья работающих показал, что, по-

видимому, аэрозоли, выделяющиеся в воздушную среду при процессах обжига цинковых концентратов, способны оказывать отрицательное влияние на организм, в связи с чем мы и попытались проверить это предположение в хроническом ингаляционном эксперименте. Кроме того, учитывая значительный процент субмикроскопических фракций аэрозолей, выделяемых в воздушную среду, способных массивно проникать на альвеолярный уровень при высоких концентрациях, как было показано выше, и состояние системы органов дыхания у работающих, можно было предположить возможность развития пылевой патологии и у подопытных животных при хроническом ингаляционном эксперименте.

Пыль, образующаяся в результате обжига концентратов, относится к разряду полиметаллических пылей со сложным химическим составом, где ведущим компонентом является цинк. Как указывалось в предыдущих разделах, ранее проводился целый ряд экспериментальных исследований, но все они касались изучения непосредственного воздействия на организм свинца, цинка и некоторых других компонентов (Л.Ф. Гоова, 1999; Г.Ф. Океанова, 1972; И.Б. Бициева, 1972, 1975; В.С. Спиридонова, Л.П. Шабалина, 1982; В.И. Давыдова и соавт., 1989; В. Bazanski et.al., 1983; Odata M., Tanaka A. et. al 1993 и др.).

В.Н. Агапкин в 1979 году, проводя исследование токсичности полиметаллической пыли, получил фиброгенный эффект прежде всего за счет воздействия двуокиси кремния, а различные примеси металлов, как указывает автор, способствовали усилению фиброзного процесса в легких. Однако состав полиметаллической пыли в его исследованиях оказался совершенно иным: SiO_2 – 60%, Pb – 1%, Zn – 1,5%, Cu – 0,4% и Fe – 2,3%, в связи с чем данная работа не могла ответить на поставленные вопросы. Naar Y.Z. et al. 1993 при исследовании полиметаллических аэрозолей, образующихся при свертке металлов (химический состав компонентов автор не приводит), обнаружил признаки пневмокониоза, хронического бронхита, фиброза легких и заболеваний носоглотки.

А.И. Бурханов в 1988 году провел хронический ингаляционный эксперимент на 150 белых крысах пылью свинцово-цинкового концентрата, состоящего из 45% свинца, 12% цинка, 8% мышьяка и 1% селена. И хотя концентрат с подобным химическим составом при производстве свинца и особенно цинка, в настоящее время не применяется (автор не приводит, для каких конкретных целей он использовался), А.И. Бурханов получил интересные данные при концентрациях пыли 80 мг/м^3 . В результате этих

исследований были обнаружены нарушения экскреторной обезвреживающей и белковой функции печени, существенное снижение количества потребляемого кислорода, эритропения и гемоглобинонемия.

Патоморфологические исследования выявили наличие пневмокониоза диффузно-склеротической формы, что подтверждалось и при анализе некоторых биохимических показателей. Так, отмечено достоверное повышение массы сырых легких, абсолютного содержания оксипролина и общих липидов. При этом в печени наблюдался умеренно выраженный периваскулярный склероз и признаки жировой дистрофии; в почках - резкий отек и полнокровие с дистрофическими изменениями в клубочках и канальцах; в селезенке - полнокровие сосудов, белковая дистрофия паренхимы и атрофия фолликулов.

То есть в результате хронической ингаляционной заправки полиметаллической пылью (при том химическом составе, который приводится в данной работе) А.И. Бурханов показал, что данный вид пыли обладает выраженным токсическим эффектом, проявляющимся в морфоструктурных нарушениях со стороны важнейших систем организма. В то же время результаты патоморфологических исследований показали, что полиметаллическая пыль вызывала явления пневмокониоза диффузно-склеротической формы.

В 1990 году А.И. Бурханов и Д.Т. Базелюк, проводя токсикологические исследования полиметаллической пыли, но еще с большим содержанием свинца (50%), правда, интратрахеальным методом, также обнаружили в организме подопытных крыс существенные морфофункциональные изменения. Наряду с этим авторы выявили нарушения метаболических процессов в мононуклеарных фагоцитах, что приводило к их гибели и высвобождению частиц пыли, ослабляя при этом защитную функцию легких и способствуя развитию местного и общего токсического эффекта.

О влиянии полиметаллической пыли, содержащей оксиды мышьяка, кадмия, меди, ртути, никеля, сурьмы, свинца и цинка (процентное соотношение в работе не приводится) указывали и Castelino W., et. Al. (1998). Авторы показали, что при 24-часовом ингаляционном воздействии у кроликов значительно снижалась жизнеспособность альвеолярных макрофагов как к выделению пылевых частиц, так и антибактериальных веществ. На снижение активности альвеолярного аппарата при воздействии мелких частиц пыли, хотя также другого состава, указывали С.Ч.Тезиева с соавт. (1989), изучая воздействие вредных веществ, выделяющихся в воздушную среду цинкового производства, в ингаляционном хроническом эксперименте об-

наружила существенные изменения во внутренних органах подопытных крыс. Особенно поражалась ткань легких, на которую изучаемая пыль оказывала фиброгенное действие.

При планировании излагаемого ниже эксперимента, несмотря на сравнительно невысокое содержание SO_2 в воздушной среде (Р.А. Нищий, 1987) была запланирована серия исследований - пыль «обжига» плюс сернистый ангидрид. Это было сделано в связи с тем, что длительная экспозиция даже низких концентраций сернистого газа, не вызывая нарушения механики дыхания и газового состава альвеолярного воздуха, служит причиной нарушения мукоцилиарной активности трахеи и бронхов (Н.П. Стрехова и соавт., 1989; Miller G.D., Massaro T.F., Granlund R.W., Massaro E.J. 2003).

Пыль обжига существенно отличалась от ранее изучаемых твердых аэрозолей по химическому, дисперсному и гранулометрическому составу. Для хронической ингаляционной затравки использовалась пыль обжига, в состав которой входило в среднем: Zn - 56,7%; Fe - 7,97%; Si - 1,62%; Pb - 1,96%; Cu - 0,87%; Mg - 0,35%; Ca - 0,29%; As - 0,22%. При этом цинк в исследуемой пыли находился в виде следующих соединений: $(\text{ZnFe})\text{S}$ - 22,3%; ZnSO_4 - 9,9%; ZnS - 15,0%; ZnO - 34,5%; $\text{ZnO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ - 9,8%; Zn_2SiO_4 - 1,04%.

Данная пыль представляла собой уже смешанный по размеру состав частиц с широким диапазоном - от 0,1 до 15 мкм. При этом 0,1-0,4 мкм - $8,9\pm 1,6\%$; 0,5-0,9 мкм - $12,4\pm 0,62\%$; 1,0-1,9 мкм - $21,9\pm 3,2\%$; 2,0-4,9 мкм - $29\pm 0,7\%$ и 5,0-15,0 мкм - $27,8\pm 3,1\%$, т.е. исследуемый аэрозоль по составу был уже ближе к крупнодисперсным пылям, но и содержал около 20% мелкодисперсных частиц. Гранулометрический состав аэрозолей был представлен частицами овальной, сглаженной и осколочной форм, способных объединяться в конгломераты. При изучении растворимости пыли обжига оказалось, что скорость ее весьма незначительна. Так, в дистиллированной воде через 12 суток в раствор переходило 2,3 г (из 100 г навески) в NaHCO_3 - 1,8 г и несколько выше в 0,3%-растворе HCl - 4,1 г.

В проводимых исследованиях животные были разделены на две основные серии: первая - три группы крыс, затравка которых проводилась только обжиговой пылью в концентрациях 25 мг/м^3 (с учетом производственных условий), а также с интервалами в стороны снижения: 5 мг/м^3 и 1 мг/м^3 . Во второй серии дополнительно к пыли при всех вышеперечисленных концентрациях в каждую камеру подавался SO_2 , в концентрациях 20 мг/м^3 , т.е. приблизительно на уровне средних величин, наблюдаемых в

производстве обжига. В каждой из двух серий использовалось по 90 белых крыс-самцов массой от 130 до 165 грамм (по 30 в каждой группе) и 30 интактных крыс, которые перед началом эксперимента находились под наблюдением в течение одного месяца.

Хроническая ингаляционная затравка проводилась пять дней в неделю по 6 часов ежедневно на протяжении шести месяцев и двух месяцев восстановительного периода. Продолжительность затравки была обусловлена возможностью развития хронических заболеваний легких, на что указывали предварительные данные. Животные исследовались до ингаляционного периода, а затем через каждые два месяца. В эти же сроки забивалось по 6 крыс из каждой группы для патоморфологических и биохимических исследований.

В процессе хронической ингаляционной затравки оказалось, что в первой и второй группах I-й серии (пыль обжига при концентрациях около 1 мг/м^3 и 5 мг/м^3) крысы нормально развивались, имели хороший аппетит и характерную окраску на протяжении всего периода ингаляции. В третьей же группе I серии (концентрации 25 мг/м^3) и в третьей группе II серии (концентрации пыли 25 мг/м^3 и SO_2 - 20 мг/м^3), начиная с пятого месяца затравки, у животных отмечено ухудшение аппетита, вялость, изменилось состояние волосяного покрова, появилось и достоверное отставание в приросте массы тела (табл. 43,44).

Таблица 43. Показатели массы тела подопытных животных в динамике при воздействии пыли обжига и сернистого ангидрида

Серии и группы	Масса тела в граммах				% к исходн.	P
	Исходная масса		Через 6 мес.			
	(M ± m), P	n	(M ± m), P	n		
I серия (пыль обжига)						
1-я гр. ($0,95 \pm 0,04 \text{ мг/м}^3$)	$145,5 \pm 1,2$ P > 0,05	30	$257,1 \pm 3,3$ P > 0,05	18	177,2	< 0,001
2-я гр. ($5,11 \pm 0,19 \text{ мг/м}^3$)	$132,0 \pm 2,2$ P > 0,05	30	$228,0 \pm 2,3$ P < 0,001	18	172,7	< 0,001
3-я гр. ($24,7 \pm 0,59 \text{ мг/м}^3$)	$140,3 \pm 2,5$ P > 0,05	30	$182,4 \pm 4,9$ P < 0,001	18	130,0	< 0,01
II серия (пыль + SO₂)						
1-я гр. ($0,98 \pm 0,04 \text{ мг/м}^3$, $19,2 \pm 0,47 \text{ мг/м}^3$)	$147,4 \pm 1,5$ P > 0,05	30	$254,5 \pm 4,6$ P > 0,05	18	172,8	< 0,01
2-я гр. ($5,26 \pm 0,22 \text{ мг/м}^3$, $20,6 \pm 0,62 \text{ мг/м}^3$)	$136,2 \pm 1,3$ P < 0,05	30	$210,6 \pm 2,7$ P < 0,001	18	154,4	< 0,01
3-гр. ($25,4 \pm 0,73 \text{ мг/м}^3$, $19,8 \pm 0,78 \text{ мг/м}^3$)	$142,0 \pm 4,9$ P > 0,05	30	$171,2 \pm 5,0$ P < 0,001	18	120,4	< 0,05
Контроль	$144,3 \pm 2,8$	30	$273,0 \pm 3,7$	18	189,6	< 0,001

Таблица 44. Потребление кислорода в см³/мин в пересчете на 100 г массы животных в динамике при воздействии пыли обжига и сернистого ангидрида

Серии и группы животных	Сроки исследований				P
	до начала заправки M±m	через 2 месяца M±m	через 4 месяца M±m	через 6 месяцев M±m	
I серия (пыль обжига)					
1-я гр. (0,95 ± 0,04 мг/м ³)	7,8±0,1 P > 0,05	7,7 ±0,4 P > 0,05	7,0 ±0,3 P > 0,05	7,8 ±0,6 P > 0,05	>0,05
2-я гр. (5,11 ±0,19мг/м ³)	6,9±0,4 P > 0,05	7,0±0,3 P > 0,05	6,8 ±0,3 P > 0,05	7,1 ±0,3 P > 0,05	>0,05
3-я гр. (24,7 ±0,59 мг/м ³)	7,4 ±0,2 P > 0,05	7,3 ±0,2 P > 0,05	5,1 ±0,2 P < 0,001	5,7 ±0,3 P < 0,001	< 0,001
II серия (пыль + SO₂)					
1-я гр. (0,98 ±0.04 мг/м ³ , 19,2 ± 0,47 мг/м ³)	7,2 ±0,1 P > 0,05	7,1 ±0,3 P > 0,05	7,3 ±0,3 P > 0,05	7,1 ±0,3 P > 0,05	>0,05
2-я гр. (5,26 ± 0,22 мг/м ³ , 20,6 ± 0,6 мг/м ³)	7,9 ±0,2 P > 0,05	7,6±0,4 P > 0,05	5,2 ±0,4 P < 0,001	5,9 ±0,3 P < 0,001	< 0,001
3-я гр. (25,4 ±0,73 мг/м ³ , 19,8 ± 0,8 мг/м ³)	7,3 ±0,4 P > 0,05	7,5 ±0,3 P > 0,05	4,9 ±0,2 P < 0,001	9,5 ±0,4 P < 0,01	<0,01
Контроль	7,5±0,3	7,4 ±0,4	7,6 ±0,4	7,8 ±0,4	>0,05

Измерение температуры тела в ходе эксперимента не показало заметных отклонений, и лишь в 3-й группе второй серии к концу эксперимента наблюдалось некоторое (P>0,05) ее повышение. В этой же группе, а также в 3-й группе первой серии подопытных крыс, начиная с пятого месяца ингаляции, частота дыхания существенно возрастала соответственно: с 83,2±1,58 по 124±1,45 (P<0,001) и с 65,5±3,42 до 129,4±1,35 (P<0,001). Исследование газообмена показало, что в 3-й группе I серии и 2-й и 3-й группах II серии крыс, начиная с четвертого месяца, было отмечено снижение потребления кислорода (табл. 44), что являлось, по-видимому, следствием функциональных нарушений системы органов дыхания в результате воздействия пыли обжига (в концентрациях 25,0 мг/м³) и SO₂.

Однако в 3-й группе II серии (пыль 25,0 мг/м³ + SO₂ - 20 мг/м³) понижение потребления кислорода, зафиксированное через 4 месяца, к концу периода заправки достоверно возросло, а это уже указывало на проявление компенсаторной гипервентиляции легких, по-видимому, обусловленное наступающим кислородным голоданием (Л.Ф.Гоова, 1999). В связи с этим мы попытались определить и интенсивность обменных процессов, исследуя количество углекислоты, выделяющейся животными в единицу времени. Был использован экспресс-метод, позволяющий за 5 минут измерить количество углекислоты в мг/мин на 100 г массы тела; однако достоверных отклонений при этом выявить не удалось.

Исследование пульса с применением тепловой нагрузки показало, что только к концу ингаляционного периода в 3-й группе II серии подопытных животных были зафиксированы незначительные сдвиги ($P > 0,05$). Таким образом, на основании изложенных данных можно было предположить, что пыль обжига при концентрациях $25,0 \text{ мг/м}^3$, и особенно в сочетании с SO_2 , при хроническом воздействии оказывает определенное влияние на организм подопытных животных и, прежде всего, по-видимому, на систему органов дыхания.

В результате исследований морфологии периферической крови определенные сдвиги были обнаружены у белых крыс, затравка которых проводилась высокими концентрациями пыли в комплексе с SO_2 . Так, если количество гемоглобина в 1-й и 2-й группах первой серии к концу эксперимента оставалось фактически на уровне фоновых показателей, то в 3-й группе отмечено его достоверное снижение (табл. 45). Еще более наглядно гемоглобинемия проявлялась в 3-й группе II серии. В этих же группах к концу эксперимента достоверно снижалось и количество эритроцитов, однако анемический синдром был нестойким: через два месяца восстановительного периода показатели гемоглобина и эритроцитов возвращались к исходным величинам.

Таблица 45. Содержание гемоглобина, эритроцитов и величина СОЭ у подопытных животных в динамике при воздействии пыли обжига и сернистого ангидрида

Серии и группы животных	Гемоглобин, г/л		Эритроциты, млн		СОЭ, мм/час		Кол-во исследован.
	Начало затравки	Конец затравки	Начало затравки	Конец затравки	Начало затравки	Конец затравки	
I серия (пыль обжига)							
1-я гр.	15,1 ± 0,5 $P > 0,05$	14,8 ± 0,4 $P > 0,05$	4,9 ± 0,2 $P > 0,05$	4,9 ± 0,4 $P > 0,05$	3,5 ± 0,7 $P > 0,05$	3,1 ± 0,6 $P > 0,05$	36
2-я гр.	14,7 ± 0,5 $P > 0,05$	13,7 ± 0,3 $P < 0,05$	4,5 ± 0,6 $P > 0,05$	4,3 ± 0,2 $P < 0,05$	2,9 ± 0,6 $P > 0,05$	4,4 ± 0,3 $P < 0,05$	36
3-я гр.	15,5 ± 0,4 $P > 0,05$	11,6 ± 0,4 $P < 0,001$	5,2 ± 0,4 $P > 0,05$	4,0 ± 0,1 $P < 0,001$	2,4 ± 0,8 $P > 0,05$	7,2 ± 0,4 $P < 0,001$	36
II серия (пыль обжига + SO_2)							
1-я гр.	14,5 ± 0,5 $P > 0,05$	15,5 ± 0,4 $P > 0,05$	4,6 ± 0,4 $P > 0,05$	4,6 ± 0,3 $P > 0,05$	2,4 ± 0,6 $P > 0,05$	2,4 ± 0,5 $P > 0,05$	36
2-я гр.	15,1 ± 0,5 $P > 0,05$	13,0 ± 0,3 $P < 0,01$	5,2 ± 0,3 $P > 0,05$	4,2 ± 0,1 $P < 0,01$	2,8 ± 0,3 $P > 0,05$	4,6 ± 1,4 $P < 0,01$	36
3-я гр.	16,1 ± 0,6 $P < 0,05$	10,3 ± 0,7 $P < 0,001$	5,4 ± 0,2 $P > 0,05$	3,7 ± 0,2 $P < 0,001$	2,9 ± 1,0 $P > 0,05$	8,5 ± 1,0 $P < 0,001$	36
Контроль	14,5 ± 0,3	14,6 ± 0,3	4,8 ± 0,5	4,9 ± 0,1	2,6 ± 0,4	2,9 ± 0,6	

В отличие от уровня гемоглобина и эритроцитов, СОЭ при максимальных концентрациях достоверно нарастала (табл. 45), как при за-
травке одной обжиговой пылью, так и в комбинациях с SO₂. В этих же
группах животных, начиная с четвертого месяца ингаляции, появи-
лись признаки лейкоцитоза, особенно возросшие к концу затравочного
периода (табл. 46). И, несмотря на то, что в лейкоцитарной формуле не
удалось выявить достоверных отклонений, параллельное увеличение
СОЭ и числа лейкоцитов, по-видимому, является следствием воспали-
тельных процессов, возникших при воздействии пыли в концентрациях
25,0 мг/м³. Комбинация с SO₂ в данном случае не давала потенцирующего
эффекта, т.е. очевидно, полученные данные являлись следствием воздей-
ствия именно обжиговой пыли. Подобная картина может быть связана с
проявлениями бронхита с выраженной воспалительной реакцией в ре-
зультате воздействия пыли, используемой при хронической затравке.

Таблица 46. Содержание лейкоцитов в крови подопытных животных в динамике при воздействии пыли обжига и сернистого ангидрида

Серии и группы животных	Число лейкоцитов, в тыс. (M ± t)			Кол-во исследований
	Начало затравки – сентябрь	Конец за-травки – де-кабрь	Конец восст. перио-да – февраль	
I серия (пыль обжига)				
1-я гр. (0,95 ± 0,04 мг/м ³)	11,7 ± 1,23	11, 2 ± 1,30 P > 0,05	12,6 ± 0,82 P > 0,05	32
2-я гр. (5,11 ± 0,19 мг/м ³)	12,6 ± 1,29	13,6 ± 2,10 P > 0,05	11,1 ± 1,26 P > 0,05	32
3гр. (24,7 ± 0,59 мг/м ³)	11,2 ± 1,32	22,4 ± 3,03 P < 0,015	15,6 ± 1,20 P < 0,05	32
II серии (пыль + SO₂)				
1-я гр. (0,98 ± 0,04 мг/м ³ , 19,2 ± 0,47 мг/м ³)	10,6 ± 1,07	11,6 ± 1,13 P > 0,05	10, 6 ± 1,073 P > 0,05	32
2-я гр. (5,26 ± 0,22 мг/м ³ , 20,6 ± 0,6 мг/м ³)	11,1 ± 0,82	16,9 ± 0,67 P < 0,001	13,1 ± 0,85 P > 0,05	32
3-я гр. (25,4 ± 0,73 мг/м ³ , 19,8 ± 0,8 мг/м ³)	10,9 ± 1,32	22,8 ± 3,63 P < 0,01	16,3 ± 2,40 P > 0,05	32
Контроль	12,4 ± 0,81	13,7 ± 1,26 P > 0,05	12,3 ± 0,69 P > 0,05	32

При исследовании ретикулоцитов к концу ингаляционного периода отмечено их достоверное увеличение в третьих группах первой и второй серии. Однако количество ретикулоцитов значительно возросло и во 2-й группе первой серии подопытных животных (без воздействия SO₂),

что указывало на ведущее значение в наблюдаемом ретикулоцитозе обжиговой пыли (табл. 47). Ретикулоцитоз согласуется с обнаруженными гемоглобинемией и эритропенией и в определенной степени подтверждает проявление анемического синдрома. Обращает на себя внимание и существенное увеличение в крови подопытных крыс базофильно-зернистых эритроцитов, картина, наблюдаемая при развитии анемий, сопровождающихся раздражением эритропоэтического ростка костного мозга. Ретикулоцитоз и базофильно-зернистые эритроциты могут быть следствием воздействия некоторых химических компонентов и в первую очередь свинца (А.М. Рашевская, Л.А. Горина, 1988; А.Д. Абдуазимов, 1989; Х.С.Аргимбекова, 1996).

Проведенные исследования указывали на неблагоприятное воздействие обжиговой пыли (а также в сочетании ее с SO_2), выражающееся в снижении количества гемоглобина и эритроцитов на фоне лейкоцитоза, увеличение СОЭ, количества базофильно-зернистых эритроцитов и ретикулоцитов. Сопоставление полученных результатов с данными литературы показывает, что картина наблюдаемых сдвигов в первую очередь в определенной степени характерна для воздействия цинка и его соединений (Л.Ф. Гоова, 1999 и др.). Учитывая, что в исследуемой пыли около 50% содержится именно соединений Zn , можно предположить, что он и является основным действующим компонентом. Однако при этом нельзя не принимать во внимание и другие составные компоненты изучаемой пыли, которые также, по-видимому, способны производить определенный токсикологический эффект, в частности свинец, железо, кремний, сернистый ангидрид и др.

На основании вышеизложенных материалов, указывающих на превалирующее влияние цинка в составе обжиговых пылей, и данных литературы (Е.А.Можаев 1998; А.В. Роцин и соавт., 1998 и др.), были проведены исследования по содержанию общего белка и электрофоретической активности белков крови. При этом на протяжении всего периода ингаляции крыс первых и вторых групп первой и второй серии, как и в контрольной группе, не было обнаружено существенных отклонений от фоновых величин. В третьих же группах при концентрациях около 25 мг/м^3 было зафиксировано значительное снижение общего белка (табл. 49) и альбуминов на фоне достоверного увеличения количества общих глобулинов.

Таблица 48. Содержание ретикулоцитов и базофильно-зернистых эритроцитов в крови подопытных животных в динамике при воздействии пыли обжига и сернистого ангидрида

Серии и группы животных	ОПРЕДЕЛЯЕМЫЕ показатели, $M \pm m$						Кол-во исследований
	Ретикулоциты			Базофильно-зерн. эритроциты (%%)			
	Начало за- травки – сентябрь	Окончан. затравки – декабрь	P	Начало затравки – сентябрь	Окончан. затравки – декабрь	P	
I серия (пыль обжига)							
1-я гр.	9,6 ± 0,3	10,2 ± 0,7	> 0,05	0,7 ± 0,8	1,2 ± 0,4	> 0,05	36
2-я гр.	7,4 ± 1,3	14,8 ± 0,9*	< 0,001	0,8 ± 0,07	5,8 ± 0,9*	< 0,001	36
3-я гр.	7,8 ± 0,9	19,4 ± 0,6*	< 0,001	0,9 ± 0,08	8,2 ± 0,7*	< 0,001	36
II серии (пыль обжига + SO ₂)							
1-я гр.	10,5 ± 1,2	11,9 ± 1,2	> 0,05	1,1 ± 0,09	1,6 ± 0,5	> 0,05	36
2-я гр.	9,6 ± 1,5	16,3 ± 1,4*	> 0,05	0,8 ± 0,08	4,3 ± 1,3*	> 0,05	36
3-я гр.	8,9 ± 0,8	26,3 ± 1,3*	< 0,001	0,8 ± 0,07	5,6 ± 0,9*	< 0,001	36
Контроль	9,5 ± 0,9	10,2 ± 0,6	< 0,05	0,7 ± 0,09	1,1 ± 0,3	> 0,05	

Примечание: * - отмечено достоверное отличие от контроля.

Таблица 49. Содержание общего белка и белковых фракций сыворотки крови у подопытных животных при максимальных концентрациях (г/л) пыли обжига и сернистого ангидрида

Наименование исследований	Группы животных и сроки исследования, $M \pm m$					
	I серия 2-я группа			II серия 3-я группа		
	Начало за- травки – сентябрь	Конец затравки – декабрь	P	Начало за- травки – сентябрь	Конец за- травки – декабрь	P
Общий белок	74,8 ± 4,60	51,2 ± 1,42	< 0,001	78,5 ± 1,75	53,4 ± 1,50	< 0,001
Альбумины	56,9 ± 1,85	43,3 ± 2,80	< 0,01	57,6 ± 1,49	46,4 ± 3,15	< 0,01
Общие глобулины	42,1 ± 1,49	55,9 ± 4,64	< 0,05	42,8 ± 2,36	53,8 ± 3,51	< 0,05
α ₁ -глобулины	9,8 ± 0,71	13,6 ± 1,05	< 0,01	9,8 ± 0,75	16,7 ± 1,77	< 0,01
α ₂ -глобулины	11,2 ± 1,47	15,3 ± 0,22	< 0,01	11,1 ± 1,05	12,6 ± 1,10	> 0,05
β-глобулины	10,3 ± 0,87	8,2 ± 1,39	> 0,05	10,5 ± 0,55	9,3 ± 1,47	> 0,05
γ-глобулины	10,8 ± 0,45	18,2 ± 2,09	< 0,01	11,2 ± 1,26	14,9 ± 0,89	< 0,05
A/G	1,3 ± 0,08	0,7 ± 0,06	< 0,001	1,3 ± 0,14	0,8 ± 0,04	< 0,001

Примечание: остальные группы животных в таблице не приведены в связи с отсутствием достоверных изменений.

Снижение общего белка и гипоальбуминемия свидетельствовало, по видимому, о нарушении синтеза белков в результате воздействия обжиговой пыли в концентрациях около 25,0 мг/м³. При этом совместное действие

пыли и SO₂ не усугубляло обнаруженную картину. Повышение уровня глобулина в крови крыс к концу затравочного периода, возможно, можно рассматривать как защитную реакцию организма, которая до некоторой степени компенсировала дефицит альбумина (Н.А. Павловская, 1990).

Достоверное увеличение содержания γ -глобулинов, очевидно, было следствием воспалительного процесса. О возможном наличии экссудативных воспалительных реакций свидетельствует и повышение α_2 -глобулинов. Подтверждением этого были и результаты, полученные при использовании осадочной пробы с изменением коагуляционных свойств сывороточных белков (проба Вельтмана) животных, где у третьих групп обеих серий отмечено укорочение коагуляционной ленты со сдвигом вправо: $7,8 \pm 0,16$ до $4,4 \pm 0,20$ ($P < 0,01$) и $7,3 \pm 0,28$ до $4,7 \pm 0,18$ ($P < 0,01$). Учитывая данные Л.Ф. Гоова (1999), можно предположить, что ведущее значение в нарушении синтеза белков играли, прежде всего, содержащиеся в пыли цинк и его соединения.

Наряду с изменениями в белковом обмене отмечались нарушения и в превращении конечных продуктов расщепления белков - азотистом обмене и синтезе мочевины. Так, в 3-й группе первой серии количество остаточного азота возросло к концу эксперимента с $0,14 \pm 0,005$ до $0,25 \pm 0,013$ г/л; $P < 0,01$, а мочевины - с $2,5 \pm 0,79$ до $6,4 \pm 0,144$ мм/л; $P < 0,001$. У животных 3-й группы второй серии количество остаточного азота возросло с $0,17 \pm 0,01$ до $0,26 \pm 0,009$ г/л; $P < 0,01$, а мочевины - с $2,7 \pm 0,104$ до $5,3 \pm 0,187$ мм/л; $P < 0,001$. В первых же группах и в контроле существенных отклонений от исходных величин зафиксировать не удалось. Полученные данные указывали на неблагоприятное воздействие повышенных концентраций обжиговых пылей, выражающееся, по-видимому, в развитии печеночно-почечной недостаточности, но, учитывая, что кроме азотемии имело место и увеличение уровня мочевины, наблюдаемые сдвиги можно расценивать, очевидно, преимущественно как проявления почечной недостаточности.

Содержание сахара в крови подопытных животных первых и вторых групп на протяжении всего эксперимента находилось приблизительно на уровне исходных величин. В третьих же группах, начиная с четвертого месяца ингаляции, началось снижение содержания сахара, приобретающее степень статистической значимости к концу затравки (табл. 50), что, по-видимому, можно рассматривать как признаки печеночно-панкреатической недостаточности (Б.Г.Фейгин с соавт. 1985). Следует отметить, что к концу восстановительного периода вновь отмечалось дос-

товерное повышение уровня сахара в крови. при заправке белых крыс цинком наблюдали гипергликемию, однако, как указывает автор, при добавлении к цинку свинца имело место значительное снижение уровня сахара в крови. Очевидно, полученные нами данные и указывают на сочетанное влияние этих компонентов.

Таблица 50. Содержание сахара в крови подопытных животных при воздействии пыли обжига и сернистого ангидрида (ммоль/л)

Серии и группы животных	Определяемые показатели, $M \pm m$					Кол-во исследований
	Начало за- травки – сентябрь	Окончан. затравки – декабрь	P	Конец восст. пер. февраль	P	
I серия (пыль обжига)						
1-я гр.	5,4 ±0,4	5,3 ±0,3	> 0,05	5, 2 ±0,3	> 0,05	54
2-я гр.	4,7 ±0,3	3,9 ±0,2*	> 0,05	4,5 ±0,1*	< 0,05	54
3-я гр.	5,5 ± 0,3	3,0 ±0,1*	< 0,001	3,8 ±0,2*	<0,01	54
II серия (пыль обжига + SO ₂)						
1-я гр.	4,8 ±0,2	4,9 ±0,1	> 0,05	4,7 ±0,2	> 0,05	54
2-я гр.	5,3 ±0,4	4,6 ±0,2	> 0,05	5, 2 ±0,3	> 0,05	54
3-я гр.	5,9 ±0,3	4,1 ±0,1	< 0,001	4, 7 ±0,2	< 0,05	54
Контроль	5,4 ±0,5	5,6 ±0,4	< 0,05	5,5 ±0,4	> 0,05	54

Примечание: * - отмечено достоверное отличие от контроля.

Таблица 51. Содержание АЛК и ДАЛК у подопытных животных в динамике при воздействии пыли обжига и сернистого ангидрида.

Серии и группы животных	АЛК (в мкм/1 гр. креат.)					ДАЛК(в ед.)				
	Начало за- травки (сен- тябрь)		Конец затрав- ки (декабрь)		P	Начало затрав- ки (сентябрь)		Конец затравки (декабрь)		P
	M ± m	n	M ± m	I n		M±m	I n	M±m	I n	
I серия (пыль обжига)										
1-я гр.	34,5 ± 1,2	24	32,0 ± 2,4	16	>0,05	31,5±1,1	24	32,4 ±1,5	16	>0,05
2-я гр.	32,0 ± 1,6	24	83,4 ±3,7	16	<0,001	34,2 ±1,7	24	20,3 ±0,7*	16	< 0,001
3-я гр.	36,8 ± 1,2	24	108,1 ±2,0	16	<0,001	29,0 ± 1,8	24	14,0 ±0,8*	16	< 0,001
II серии (пыль обжига + SO ₂)										
1-я гр.	34,1 ± 1,2	24	31,2±1,4	16	> 0,05	33,4± 1,1	24	33,1 ± 1,9	16	>0,05
2-я гр.	42,5 ± 1,2	24	79,0 ±1,7*	16	<0,001	38,1 ± 1,7	24	30,2 ± 1,2	16	<0,01
3-я гр.	38,4 ± 1,3	24	96,5 ±2,4*	16	<0,001	29,0 ± 1,8	24	14,0±0,8*	16	< 0,001
Контроль	35,2 ±1,2	24	33,0 ± 1,4	16	> 0,05	36,3 ± 1,2	24	38,3 ± 1,8	16	>0,05

Примечание: * - отмечено достоверное отличие от контроля.

Учитывая наличие свинца во вдыхаемой пыли (до 2%), т.е. при концентрации около 25 мг/м³ его содержание достигало 0,5 мг/м³, мы сочли необходимым выяснить состояние пигментного обмена и, в частности, АЛК и копропорфиринов как одних из ключевых ферментов начального этапа биосинтеза гема (А.М. Монаенкова, 1982; К.А. Буштуев, 1992, В.П. Любченко, 2005). Проведенные исследования показали, что содержание АЛК у белых крыс в третьих и даже во вторых группах первой и второй серии к концу ингаляционного периода существенно возросло (табл.51).

В этих же группах содержание ДАЛК значительно снизилось, особенно в третьих группах первой и второй серии подопытных животных ($P < 0,001$). Снижение активности ДАЛК крови на фоне увеличения концентрации АЛК мочи указывало на возможность определенного влияния на организм свинца, содержащегося в исследуемой пыли обжига. Представляло интерес и исследование копропорфирина в моче крыс, количество которого достоверно возросло ($P < 0,001$), а это также подтверждало определенное влияние свинца на организм подопытных животных (табл. 52). Обращает на себя внимание, что при сочетанном воздействии пыли обжига и сернистого ангидрида в 1-й 2-й группах к концу затравочного периода содержание копропорфирина оказывалось менее высоким, чем при ингаляции одной пылью обжига.

Таблица 52. Содержание копропорфирина в моче подопытных животных (в нмоль/г гр. креат.)

Серии и группы животных	Сроки проведения исследований				
	Нач. затравки		Конец затравки		P
	M ± m	n	M ± m	n	
I серия (пыль обжига)					
1 гр.	235,4 ± 3,8	22	276,2 ± 8,2*	14	< 0,001
2 гр.	268,5 ± 4,5	22	428,0 ± 23,7*	14	< 0,001
3 гр.	224,0 ± 4,5	22	502,3 ± 17,2*	14	< 0,001
II серия (пыль обжига + SO ₂)					
1 гр.	201,4 ± 4,5	22	238,5 ± 6,9*	14	> 0,05
2 гр.	228,2 ± 6,7	22	296,1 ± 11,6*	14	< 0,001
3 гр.	216,5 ± 3,7	22	514,0 ± 27,1	14	< 0,001
Контроль	222,6 ± 4,5	22	212,1 ± 5,4	14	> 0,05

Примечание: * - отмечено достоверное отличие от контроля.

Таблица 53. Содержание билирубина в крови подопытных животных (мкм/л) в динамике при воздействии пыли обжига и сернистого ангидрида

Серии и группы животных	Сроки проведения исследований				
	Нач. затравки		Конец затравки		P
	M±m	n	M±m	n	
I серия (пыль обжига)					
1-я гр.	3,2±0,10	24	3,1 ±0,07	16	>0,05
2-я гр.	3,4 ±0,08	24	3,9 ±0,21	16	<0,05
3-я гр.	3,3 ±0,09	24	6,8 ±0,10	16	< 0,001
II серия (SO ₂)					
1-я гр.	2, 9 ±0,07	24	2,8±0,13	16	>0,05
2-я гр.	3,2 ±0,18	24	4,6± 0,18*	16	<0,05
3-я гр.	3,1 ±0,12	24	6,9 ± 0,34*	16	< 0,001
Контроль	3,5 ±4,5	24	3,7 ±0,08	16	>0,05

Примечание: * - отмечено достоверное отличие от контроля.

При высоких концентрациях пыли в процессе затравки у подопытных крыс наблюдалась и гипербилирубинемия, что чаще всего указывает на определенные функциональные нарушения паренхимы печени (табл. 53). Учитывая большую роль печени в расщеплении и синтезе липидов (М.П.Чекунова 1996), было исследовано и содержание холестерина, которое в первых и вторых группах подопытных животных, как и в контроле, на протяжении всего эксперимента почти не изменялось. В третьих же группах к концу затравочного периода содержание холестерина в крови увеличивалось (I серия с $1,31 \pm 0,34$ до $3,1 \pm 0,79$ мкм/л, $P < 0,05$; II серия - с $1,66 \pm 0,18$ до $2,96 \pm 0,71$ мкм/л, $P > 0,05$). Обращает на себя внимание менее значительное увеличение уровня холестерина при комплексном воздействии пыли обжига и SO₂.

Подобная, хотя и слабо выраженная, картина отмечена и при изучении порфиринового обмена, где изменения в третьих группах первой серии несколько более выражены, чем во второй серии, что указывало, по-видимому, на возможность некоторого ослабления влияния свинца и некоторых других металлов при одновременном воздействии с SO₂ в концентрациях 20 мг/м³. Прирост холестерина можно, по-видимому, прежде всего, объяснить понижением его всасываемости в кишечнике и, если учитывать данные, полученные (В.А.Васильева с соавт.1976, С.А.Гладков, 2003), то это является результатом воздействия в первую очередь свинца.

Наблюдаемые данные могут в некоторой степени указывать и на

возможность появления энзимной недостаточности с изменением ферментов трансфераз. При ингаляции крыс пылью в концентрациях около 25 мг/м³ к концу затравочного периода отмечено достоверное (P<0,001) снижение уровня аспарагиновой и аланиловой (АСТ и АЛТ) аминотрансфераз (табл. 54), что характерно для эндогенной печеночной недостаточности, протекающей по подострому и хроническому типу. Снижение активности аминотрансфераз указывало на нарушения синтеза ферментов, что могло привести к изменению процессов переаминирования и сдвигам белкового обмена в результате воздействия химических компонентов, содержащихся в исследуемой пыли, и, прежде всего цинка и свинца.

В связи с этим были проведены исследования содержания цинка и свинца в крови и моче подопытных животных, показавшие, что при содержании твердых аэрозолей 5 мг/м³, и особенно 25 мг/м³, к концу затравочного периода имело место существенное (P<0,001) увеличение содержания цинка, а также свинца (табл.55). Наблюдаемая картина подтверждала предположение об избыточных количествах цинка и свинца как ведущей причины изменений, обнаруженных при изучении различных биохимических показателей.

Таблица 54. Содержание АСТ, АЛТ в крови подопытных животных в динамике при воздействии пыли обжига и сернистого ангидрида (концентрация пыли 25 мг/м³)

Группы животных и исследуемые показатели	Сроки проведения исследований				
	Начало затравки (сентябрь)		Конец затравки (декабрь)		P
	M±m	n	M±m	n	
АСТ					
I серия (пыль обжига 3-я группа)	0,28 ±0,01	22	0,19 ±0,01	12	< 0,001
II серия (пыль обжига+ SO ₂) 3-я группа	0,27 ±0,01	22	0,16±0,01	12	< 0,001
Контроль	0,24 ±0,01	22	0,23 ±0,01	12	>0,05
АЛТ					
I серия (пыль обжига) 3-я группа	0,19±0,01	22	0,12±0,01	12	< 0,001
II серия (пыль обжига + SO ₂) 3-я группа	0,21 ±0,01	22	0,14±0,08	12	< 0,001
Контроль	0,19±0,01	22	0,19±0,01	12	>0,05

Примечание: * - отмечено достоверное отличие от контроля.

Таблица 55. Содержание АСТ, АЛТ в крови подопытных животных в динамике при воздействии пыли обжига и сернистого ангидрида (при концентрации пыли 25 мг/м³)

Серии и группы животных	Кровь			М о ч а		
	Начало заправки (сентябрь)	Конец заправки (декабрь)	P	Начало заправки (сентябрь)	Конец заправки (декабрь)	P
	M±m	M±m		M±m	M±m	
Цинк						
I серия						
2-я группа	1,7±0,1	3,9±0,1*	0,001	4,2 ±0,2*	7,4 ±0,3*	< 0,001
3-я группа	1,5±0,1	7,6 ±0,2*	0,001	3,7 ±0,1	11, 6 ±0,3*	< 0,001
II серия						
2-я группа	1,9±0,1	4,1 ±0,1*	0,001	3,9 ±0,1	8,5 ±0,3*	< 0,001
3-я группа	1,5±0,1	8,4 ±0,4*	0,001	3,8 ±0,1	12,4 ±0,5*	< 0,001
Контроль	1,6±0,1	1,9 ±0,1	0,05	3,6 ±0,2	4,0 ±0,2	>0,05
Общ. К-во крыс	58	60		85	60	
Свинец						
I серия						
(пыль обжига)	0,4 ± 0,03*	4,4 ±0,2*	< 0,001	0,2 ±0,01	0,3 ±0,02	< 0,001
3-я группа	0,6 ±0,04	8,3 ±0,4*	< 0,001	0,2 ±0,01	1,3±0,1*	< 0,001
II серия						
(пыль обжига+ SO ₂)	0,6 ±0,02	3,9 ±0,2	< 0,001	0,3 ±0,01*	0,4 ±0,02*	< 0,001
3-я группа	0,5 ±0,03	7,8 ±0,3*	< 0,001	0,1 ±0,08	1,2 ±0,08*	< 0,001
Контроль	0,7 ±0,1 9	0,8±0,14	<0,01	0,2 ±0,07	0,2 ±0,02	> 0,05
Общ. К-во крыс	85	60		85	60	

Примечания: 1. - единицы измерения: кровь - цинк (мг/%), свинец моча - цинк в мг/л свинец в мкм/л

2*. - отмечено достоверное отличие от контроля

Учитывая физико-химические свойства изучаемой пыли, а также данные заболеваемости и клинического обследования рабочих, необходимо было выяснить ее влияние непосредственно на органы дыхания подопытных животных. Развитие пневмосклеротических изменений оценивали по показателям массы сырых и высушенных легких, количеству отложившейся в них пыли, содержанию в легких липидов и оксипролина, а также результатам гистологических исследований. При этом оказалось, что достоверное увеличение массы легких имело место только при ингаляции максимальными концентрациями пыли и в основной в последний период заправки.

Так, через 6 месяцев заправки у животных 3-й группы первой серии масса сырых легких равнялась 524±16,06 мг/100 гр., а сухих- 122±3,17, 3-й группы второй серии соответственно 546±6,04 и 126±2,86, а у контрольной группы - 407 ± 5,08 и 98±2,18 мг/100 гр. P<0,001; через два месяца восстановительного периода отношение массы легких подопытных

животных к контролю снизилось и лишь в 3-й группе второй серии оставалось статистически значимым ($524 \pm 4,69$ и $117 \pm 2,16$ мг/100 гр. а в контроле - $449 \pm 4,0$ и $103 \pm 2,49$ мг/100 гр. $P < 0,01$).

Идентичная картина наблюдалась и с содержанием пыли в легких подопытных животных. Так, если в первых группах обеих серий крыс масса пыли через 4 месяца затравки составляла $1,4 \pm 0,11$ мг и $1,7 \pm 0,10$ мг, то в третьих группах соответственно $19,5 \pm 0,75$ и $22,3 \pm 1,02$ мг, что указывало на значительную задержку обжиговой пыли в легких при введении в повышенных концентрациях и, по-видимому, связанную с угнетением механизмов самоочищения (табл. 56). Замедленный темп выделения пыли способствовал накоплению ее в легких и создавал возможности для развития пневмосклеротических процессов. То есть, количества пыли обжига в концентрациях 25 мг/м^3 представляли собой как бы критический уровень, при котором процессы выведения пыли из легочной ткани нарушались, на что указывало также и значительное содержание пыли в легких крыс даже через два месяца восстановительного периода.

Таблица 59. Содержание пыли в легких подопытных животных (мг) при воздействии пыли обжига и сернистого ангидрида

Группы животных и исследуемые показатели	Сроки проведения исследований				P
	Через 4 месяца (декабрь)		Через 6 месяцев (февраль)		
	M±m	n	M±m	n	
I серия					
1-я группа	$1,4 \pm 0,11^*$	8	$0,8 \pm 0,05$	8	<0,01
2-я группа	$2,8 \pm 0,09^*$	8	$1,2 \pm 0,07^*$	8	< 0,001
3-я группа	$19,5 \pm 0,65^*$	8	$9,4 \pm 0,54^*$	8	<0,01
II серия					
1-я группа	$1,7 \pm 0,10^*$	8	$1,6 \pm 0,13^*$	8	>0,05
2-я группа	$3,5 \pm 0,13^*$	8	$2,9 \pm 0,12^*$	8	<0,01
3-я группа	$22,3 \pm 1,02^*$	8	$15,5 \pm 0,74$	8	<0,01
Контроль	$0,5 \pm 0,26$	8	$0,4 \pm 0,22$	8	>0,05

Примечание: * - отмечено достоверное отличие от контроля

Весьма существенным является и определение содержания оксипролина, как одного из весьма чувствительных тестов в начальных стадиях развития пневмофиброзных процессов, т.к. при пылевой патологии легочной ткани увеличение оксипролинсодержащих белков наблюдается гораздо раньше, чем образуются волокнистые структуры (Н.Т. Рай-

хлин, И.М. Шнайрман, 1970; Л.Г. Федькина, Б.В. Аретинский, 1977 и др.). Увеличение содержания оксипролина в легких подопытных животных, являющегося прямым показателем интенсивности метаболизма коллагена, указывало на возможность органических изменений в легочной ткани. Подтверждением этому было и достоверное увеличение содержания общих липидов (табл. 57).

Таблица 57. Содержание оксипролина и общих липидов в легких подопытных животных в динамике при воздействии пыли обжига и сернистого ангидрида

Сроки и вид исследований							
Серии и группы животных	Оксипролин (мг/1 00 г)			Липиды (мг/100 г)			n
	4 месяца	6 месяцев	P	4 месяца	6 месяцев	P	
	M ±m	M ±m		M±m	M ±m		
I серия							
1-я группа	1055,0 ±24,05	1 132,6 ± 14,22	<0,05	9,9 ± 0,36	11, 4 ±0,29	<0,01	32
2-я группа	11 44,5 ± 17,84*	11 74,3 ±28, 74	>0,05	10,6 ±0,35*	11, 7 ±0,47	>0,05	32
3-я группа	1297,4 ±36,94*	1286,0 ±29,01*	<0,05	12,9 ±0,41*	14,2 ±0,42*	<0,05	32
II серия							
1-я группа	1048,6 ±13,35	1 142,5 ± 19,03	<0,01	10,8 ±0,24*	И, 9 ±0,29*	<0,05	32
2-я группа	1 136,8 ± 16,43*	1183, 2 ±27, 24	>0,05	11,4±0,27*	12,5 ±0,23*	<0,01	32
3-я группа	1272,2 ±26,07*	1294,0 ±31, 98*	>0,05	13,1 ±0,34*	15,3 ±0,38*	<0,05	32
Контроль	1032,0 ±9,97	1146,1 ±22,48		9,2 ±0,37	0,7 ±0,40		32

Примечание: * - отмечено достоверное отличие от контроля

Результаты гистологических исследований (проведенных Н.А. Стрелюхиной), показали наличие четко выраженного хронического бронхита со значительными изменениями со стороны крупных и мелких бронхов. Вокруг бронхов и сосудов отмечено разрастание соединительной ткани, а вокруг крупных бронхов - гиперплазия лимфоидной ткани с разрастанием соединительнотканых волокон. Отмечены участки альвеолярной эмфиземы, чередующиеся с мелкими участками ателектаза. К концу затравочного периода у подопытных крыс имели место хронический катарально-десквамативный бронхит, мелкоочаговая серозно-десквамативная или интерстициальная пневмония. Нередко наблюдалась и перикалибровка сосудов.

В легочной ткани крыс, ингалированных высокими концентрациями пыли, большое количество пылевых частиц находилось как в свободных клетках внутри альвеол, так и в утолщенных межальвеолярных перегородках. Участки запыленности особенно часто встречались вблизи сосудов и бронхов. У подопытных крыс, которые были затравлены

пылью обжига (25 мг/м^3) с примесью SO_2 , наблюдаемые изменения почти не отличались от обнаруженных у животных, ингалированных только пылью обжига за исключением более выраженной картины нарушения кровообращения. В печени, почках и селезенке отмечены незначительные дистрофические изменения.

Таким образом, на основании хронической ингаляционной затравки белых крыс твердым аэрозолем, выделяемым в воздушную среду при переработке и обжиге концентратов (а также совместно с сернистым ангидридом), удалось установить следующее: пыль в концентрациях 1 и 5 мг/м^3 не вызывала у подопытных животных существенных изменений. Сочетанное воздействие пыли обжига с сернистым ангидридом при концентрациях его 20 мг/м^3 практически не усугубляло наблюдаемой картины. Затравка же концентрациями пыли 25 мг/м^3 приводила к целому ряду сдвигов у подопытных животных. Ощутимые изменения отмечались в морфологическом составе крови, сдвигах биохимических показателей, гистологической картине легких. Полученные результаты указывали на развитие выраженных воспалительных процессов, прежде всего в легочной ткани с наличием пневмосклеротических изменений.

Учитывая, что наблюдаемая картина напоминала результаты затравки крыс цинком, можно предположить, что ведущее значение при воздействии обжиговой пыли на организм играл цинк. По-видимому, нельзя исключить и определенное влияние ряда других химических компонентов, однако изменения в морфологической картине крови: ретикулоцитоз, базофильно-зернистые эритроциты и т.д., нарушения порфиринового обмена (АЛК, ДАЛК и КП), повышенное содержание свинца в крови и моче указывали на дополнительное, хотя и нечетко выраженное воздействие свинца (А.М. Монаенкова и соавт., 1982 и др.).

При сочетанной ингаляции пылью обжига и сернистым ангидридом потенцирования токсикологического эффекта выявить не удалось. Таким образом, изучаемую пыль обжига можно отнести к умеренно токсичной на основании существующей классификации токсичности, к III классу опасности (В.И. Тихонова, 1986; Ю.Н. Таланкин, 1991; Meeting Dignon 2003, Manifold B.D., 2004, Kyono H., Nooma K., Moore J.F., Rhyne B., Krigman M.R, 2005.). В то же время, сопоставление полученных данных с результатами, отмеченными при анализе заболеваемости, и клиническом обследовании рабочих, указывали, прежде всего, на развитие пылевой патологии органов дыхания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Определенное внимание уделено гигиенической оценке внедряемых новых технологий и технологических усовершенствований, способных оказывать положительное влияние на заболеваемость рабочих. Представленные результаты исследований показывают, что условия труда рабочих на свинцово-цинковых предприятиях являются еще весьма неблагоприятными; в воздушную среду производственных помещений выделяется разнообразный комплекс химических компонентов, таких как Pb, Zn, Си, As, Sb, SO, H₂SO₄, HCl и др., среди которых ведущими являются свинец и цинк, содержание которых на многих рабочих местах значительно превышает ПДК. Дополнительно к этому в основных цехах наблюдаются неблагоприятные метеорологические условия и интенсивный физический труд. Все это, естественно, приводит к высокому уровню заболеваемости, значительно превышающему показатели, наблюдаемые на машиностроительных и ряде других предприятий.

Наиболее существенное влияние условия труда, наблюдаемые на свинцовых и цинковых заводах, оказывают на состояние системы органов дыхания, нервной и сердечно-сосудистой системы, желудочно-кишечного тракта, а так же на развитие профессиональной патологии. При этом особое внимание следует обращать на возможность развития пылевых бронхитов, бронхопневмоний и других поражений системы органов дыхания при ингалировании аэрозолей металлов и газов. В результате воздействия свинца возможна стимуляция патологических состояний нервной системы, крови, органов пищеварения и т.д., а также развитие свинцовой интоксикации.

Интенсивный физический труд в условиях неблагоприятных метеорологических факторов может оказывать существенное влияние на сердечно-сосудистую систему, а пары кислот, выделяющиеся в значительных концентрациях в зону дыхания работающих, создают дополнительные условия для развития заболеваний желудочно-кишечного тракта (особенно гиперацидных состояний). Нельзя не отметить, что некоторый потенцирующий токсикологический эффект могут оказывать и многие другие химические компоненты, содержащиеся в воздушной среде даже в незначительных концентрациях.

Отсутствие ясности в объяснении этиологии и патогенеза целого ряда заболеваний и особенно профессиональной патологии на свинцовых

и цинковых заводах привело к необходимости углубленного изучения физико-химических характеристик аэрозолей, выделяющихся в зону дыхания работающих. В результате этих исследований была установлена четкая зависимость развития свинцовой интоксикации не только от концентраций свинца в воздушной среде, но и от его дисперсного, гранулометрического и структурного состава.

Именно субмикроскопические частицы шарообразной формы, обладая особыми аэродинамическими свойствами, способны в наибольших количествах проникать в наиболее глубокие отделы бронхоальвеолярного аппарата, достигая альвеол и пенетрировать через альвеолярные мембраны непосредственно в кровяное русло. Это получило подтверждение и в эксперименте на подопытных животных, показавшем, что именно субмикроскопические частицы свинца способны, даже при относительно невысоких концентрациях, вызывать клинические проявления интоксикации.

В экспериментальных условиях удалось показать и токсикологическую значимость гранулометрического состава цинкового аэрозоля при развитии литейной лихорадки. Оказалось, что в ряде случаев при высокотемпературных процессах цинк способен трансформироваться в тетрагональные, друзовидные кристаллы, которые, обладая как бы дополнительным механизмом «внедрения», способны оказывать травматический эффект непосредственно на слизистые проводящих путей системы органов дыхания.

Подобные частицы могут повреждать и реснитчатый эпителий, в результате чего нарушаются и защитные механизмы – эпителиальный покров, нервный, сосудистый и железистый аппарат, а также и опорно-эластическая система воздухоносных путей. Все это способно приводить к серьезным последствиям, одним из которых являются клинические проявления типа «литейной» лихорадки.

Наряду с этим высокие концентрации полиметаллической пыли, особенно при обжиге концентратов, ингалируемой в процессе дыхания, также могут отрицательно воздействовать на систему органов дыхания работающих. Как показали проведенные исследования, этот вид пыли, как один, так и совместно с сернистым ангидридом, присутствовавшим в воздушной среде, способен приводить к наличию выраженного хронического бронхита со значительными изменениями со стороны крупных и мелких бронхов с разрастанием соединительной ткани, а вокруг крупных бронхов и гиперплазией лимфоидной ткани с разрастанием соединительнотканых

волокон. При этом наблюдались незначительные дистрофические изменения в печени, почках и селезенке, что указывало, по-видимому, на комплексное воздействие металлов и двуокиси кремния, содержащихся в полиметаллической пыли совместно с сернистым ангидридом.

Таким образом, проведенные исследования показали, что комплекс аэрозолей, выделяющихся в воздушную среду свинцово-цинковых предприятий, способен оказывать неблагоприятное воздействие на организм работающих. Как указывалось выше, несмотря на внедрение разнообразных новых технологий и оборудования позволивших существенно улучшить условия труда рабочих, гигиеническая обстановка на свинцовых и цинковых заводах все еще остается неблагоприятной, в связи с чем на цинковых заводах необходимо проведение качественной герметизации и оборудование эффективной вытяжной вентиляции на участках транспортировки, дробления, классификации огарка, обжига концентратов, желобов кислых и нейтральных растворов, фильтров Моора, фильтрпрессов, дисковых фильтров, песковых узлов, электролизных ванн, розлива цинка и т.д. Весьма важными являются и вопросы полной механизации операций при сдирке катодного цинка, разборке и сборке фильтрпрессов и др. На всех заводах следует использовать фильтрпрессы фирмы «Диффенбах», способствующие существенному улучшению условий труда.

- На участках обжиговых и индукционных печей, приготовлении цинковых белил необходимо систематическое ношение респираторов типа «Лепесток» или «Кама» с ежедневной их заменой.

- Желательно совершенствовать конструкции спецодежды, обуви, рукавиц с учетом их абсорбционных свойств при воздействии кислотных растворов и организации эффективной стирки и санитарной обработки.

- Рабочие обжиговых и индукционных печей должны при проведении периодических профосмотров проходить рентгенологическое обследование системы органов дыхания, а рабочие электролизных цехов – и желудочно-кишечного тракта.

- Особое внимание следует обращать на повышение личной гигиены рабочих, как-то: мытье рук перед приемом пищи, обязательное использование душа, полоскание рта, чистка зубов после работы и т.д.

В заключение следует отметить, что внедрение вышеперечисленных мероприятий на свинцово-цинковых предприятиях позволит в значительной степени улучшить гигиеническую обстановку и существенно снизить уровень общей и профессиональной заболеваемости работающих.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абдуазимов, А. Д. О влиянии факторов производственной среды на состояние органов полости рта у рабочих производства цветных металлов / А. Д. Абдуазимов // Гигиена труда и профессиональные заболевания. – 1998. – № 8. – С. 123 – 126.
2. Абдуазимов, А. Д. К вопросу об оценке условий труда и заболеваемости рабочих производства меди, цинка и свинца / А. Д. Абдуазимов // Гигиена труда и профессиональные заболевания. – 1989. – № 5. – С. 57 – 59.
3. Агапкин, В. Н. Экспериментальные исследования токсичности и фиброгенности пыли полиметаллической руды / В. Н. Агапкин // Гигиена труда и проф. заболевания. – 1979. – № 5. – С. 68 - 72.
4. Айтбаев, Т. Х. Состояние функции почек крыс при воздействии оксида цинка./ Т. Х. Айтбаев. // В сб.: Актуальные вопросы гигиены труда, токсикологии, профессиональной патологии в цветной металлургии. – Алматы, 1989. – С. 63 – 64.
5. Аргимбекова, Х. С. Состояние желудочно-кишечного тракта у рабочих цинкового завода. / Х. С. Аргимбекова, Р. А. Нищий, Н. И. Шушкевич [и др.] // Вопросы организации медицинской помощи и профилактики заболеваемости. – Усть-Каменогорск, 1996. – С. 25 – 29.
6. Ахмедшин, А. Н. Некоторые показатели гемодинамики при са-турнизме. / А. Н. Ахмедшин // Гигиена труда и профзаболеваний в цветной металлургии. – Усть-Каменогорск, 1979. – С. 23 – 24.
7. Бессонов, А. Е. Информационная медицина и экологи человека / А. Е. Бессонов, Е. А. Калмыкова // Экологический Вестник России. – 2006. – № 7. – С. 7 – 10.
8. Бициева, И. Б. Условия воздействия на здоровье работающих некоторых химических веществ и металлов, встречающихся в свинцово-цинковом производстве завода «Электроцинк» / И. Б. Бициева // Вопросы гигиены труда и проф. патологии в цветной металлургии. – М., 1989. – Вып. 24. – С. 19 – 24.
9. Бурханов, А. И. Клеточно-молекулярные механизмы действия полиметаллической пыли на органам дыхания / А. И. Бурханов, Д. Т. Базелюк // Гигиена и санитария. – М., 1990.
10. Бурханов, А. И. Оценка токсичности пыли свинцово-цинкового концентрата / А. И. Бурханов // Гигиена труда и профзаболевания. – 1988. – № 3. – С. 32 – 35.

11. Буштуев, К. А. Цинк и кадмий в промышленной зоне и окружающей среде / К. А. Буштуев, Б. А. Ревич, Л. Е. Беспалько. – М., 1992. – С.168 – 185.

12. Быховская, И. А. Патогенное действие каменноугольной пыли в зависимости от дисперсного состава / И. А. Быховская, Н. В. Прядилова, Ю. П. Лихачев // Гигиена труда и профзаболевания/ Медицина. – 1988. – № 10. – С. 34 – 38.

13. Bates D. V. Metal. Environ / Bates D. V., Antken M. D., Bali Z. // Toxical. Chem. – 2003, v. 13, N 11, p. 1743 – 1752.

14. Варшавская, С. П. Современное представление об отдаленных эффектах действия химических загрязнений окружающей среды / С. П. Варшавская // Отдаленные последствия биологического действия некоторых химических веществ, загрязняющих окружающую среду. – М., 1995. – С. 21 – 24.

15. Васильева, В. А. Сравнительные данные о влиянии некоторых химических веществ (свинец, сероуглерод, цинк и др.) на развитие атеросклероза. / В. А. Васильева, И. М. Великсон, Г. С. Конникова // Профессиональные интоксикации. – Л., 1976. – С. 13 – 16.

16. Величковский, Б. Т. Производственная пыль / Б. Т. Величковский, Е. Н. Воронцова, В. Б. Латушкина // Руководство по гигиене труда. – М., 1987. – С. 13 – 127.

17. Гладков, С. А. Оценка риска неблагоприятных факторов окружающей среды на здоровье человека. / С. А. Гладков, Ю. С. Гладкова, В. М. Федянин // Межвузовский сборник научных трудов. – Воронеж. 2003. – С. 184 – 188.

18. Гоова, Л. Ф. Особенности действия цинка в условиях эксперимента / Л. Ф. Гоова // Гигиена труда и профзаболеваний. – 1999. – № 3. – С. 45 – 48.

19. Давыдова, В. И. Особенности действия свинца при одновременном поступлении в организм с медью и цинком / В. И. Давыдова, Т. И. Герасименко, Т. М. Пирогова // Актуальные вопросы гигиены труда, токсикологии и профпатологии. – М., 2005. – С. 56 – 58.

20. Дихтяр, С. Р. Показатели заболеваемости с временной утратой трудоспособности работающих на заводе «Электроцинк» в связи с основными факторами, влияющими на их формирование и динамику (по данным 6 лет: 1957 – 1962)/ С. Р. Дихтр // Тр.СОГМИ. – 1997, т. 13, С. 361– 411.

21. Зерцалова, В. И. Клиника и лечение хронического бронхита / В.И. Зерцалова, И.С. Иванова. – Л., 1980. – С. 34 – 36.
22. Измеров, Н. Ф. Проблема оценки профессионального риска в медицине труда / Н. Ф. Измеров, В. А. Капцов, Э. И. Денисов [и др.] // Медицина труда и промышленная экология. – М., 1993. – С. 3 – 4.
23. Казаков, Б. И. Популярная библиотека химических элементов. Цинк / Б. И. Казаков // Наука. – М., 1990. – С.147 – 150.
24. Казимов, М. А. О прогнозировании комбинированного действия металлов по показателям токсикокинетики / М. А. Казимов, А.В. Роцин // Гигиена и санитария. – 1997. – № 8. – С. 23 – 25.
25. Кармолин, А. Л. О дифференцированном учете дисперсного состава аэрозоля угля при оценке воздействия пыли на работающих / А. Л. Кармолин, Л. А. Луценко // Гигиена труда и профзаболевания // Медицина. – 1993. – № 6. – С. 35 – 39.
26. Канцельсон, Б. А. Методические подходы к изучению комбинированного действия промышленных вредных веществ / Б. А. Канцельсон, С. М. Новиков // Гигиена и санитария. – 1986. – № 8. – С. 45 – 47.
27. Кистяковский, Б. Б. Производство цветных металлов / Б. Б. Кистяковский [и др.] // Metallургия. – М., 2004. – С. 56 – 59.
28. Крутоногий, Б. А. Условия труда и заболеваемость в производстве цинка. / Б.А. Крутоногий [и др.] // Металлы. Гигиенические аспекты оценки и оздоровления окружающей среды. – М., 1989. – С. 209 – 215.
29. Кузьмин, С. В. Оценка риска воздействия химических факторов атмосферы на здоровье населения промышленного города. Теоретические основы санитарной охраны окружающей среды / С. В. Кузьмин [и др.]. – М., 2003. – С. 277 – 280.
30. Куролап, С. А. Медико-экологическое зонирование – основа создания системы экологической безопасности регионов / С. А. Куролап // Санитария и гигиена. – 2006. – № 8. – С. 76 – 78.
31. Лакерник, М. М. Metallургия цинка и кадмия / М. М. Лакерник, Т. Н. Пахомова // Metallургия. – 1989. – № 3. – С. 56 – 63.
32. Легостаева, Е. Г. Гигиеническая характеристика производственной среды современного производства свинца и сопутствующих производственных процессов / Е. Г. Легостаева // Гигиена труда и профзаболевания. – М., 1989. – № 12. – С. 4 – 8.

33. Легостаева, Е. Г. Содержание свинца, кадмия и цинка в моче у рабочих свинцового производства / Е. Г. Легостаева // Гигиена труда и профзаболевания. – 1990. – № 9.
34. Лугай, Г. Ф. Гигиеническая оценка производственных факторов при получении цинка / Г.Ф. Лугай, А. Г. Марченко // Оздоровление условий труда и техника безопасности на предприятиях цветной металлургии. – СПб. – 1998. – С. 135 – 139.
35. Лужников, Е. А. Клиническая токсичность / Е. А. Лужников. – М. – 1994. – С. 125 – 128.
36. Лукашев, А. А. Актуальные вопросы гигиены труда, токсикологии и профессиональной патологии в цветной металлургии / Лукашев, А. А. [и др.]. – М., Алматы, 1994. – С. 36 – 38.
37. Любченко, В. Н. Гигиена труда / В. Н. Любченко [и др.]. – 1983. – № 1. – С. 21 – 23.
38. Любченко, В. Н. Профессиональные заболевания органов пищеварения / В. Н. Любченко // Рос. гастроэнт. – 2005. – №15. С. 16 – 21.
39. Ляпунов, С. М. Ранняя диагностика и оценка риска воздействия малых концентраций токсических металлов (свинца, кадмия, мышьяка) на здоровье населения. / С.М. Ляпунов // Экология систем и приборов . – 2006. – № 11. – С. 32 – 41.
40. Лях, Г. Д. Влияние малых концентраций сернистого ангидрида в условиях низкой относительной влажности на организм металлургов / Г. Д. Лях // Вопросы гигиены труда и профессиональной патологии. – 1998. – № 4. – С. 56 – 58.
41. Меньшиков, В. В. Лабораторные методы исследования в клинике / В. В. Меньшиков. – М., 2003. – С. 364.
42. Милишникова, В. В. Роль особенностей строения бронхолегочного аппарата в формировании профессиональных заболеваний органов дыхания / В. В. Милишникова, А. М. Монаенкова // Медицина труда и промышленная экология. – 1995. – № 8. – С. 56 – 59.
43. Можаяев, Е. А. Биомониторинг металлов / Е. А. Можаяев, А. Н. Литвинов // Гигиена и санитария. – 1998. – № 7. – С. 56 – 58.
44. Монаенкова, А. М. Сердечно-сосудистая система при интоксикациях промышленными ядами / А.М. Монаенкова // Сердечнососудистая система при действии профессиональных факторов / Медицина. – 1982. – № 3. – С. 46 – 98.

45. Музафаров, А. М. Некоторые данные флюорографического исследования органов грудной клетки у рабочих свинцового завода / А. И. Музафаров, А. Ф. Соклаков // Вопросы гигиены труда и профзаболеваний. – Усть-Каменогорск, 1972. – С. 22 – 24.

46. Неровная, Р. П. К врачебной тематике при расстройствах функций центральной нервной системы у рабочих цинкового производства / Р.П. Неровная // Тр. научно-практической конференции. – Усть-Каменогорск, 1993. – С. 44.

47. Нищий, Р. А. Гигиеническая характеристика условий труда и заболеваемости рабочих цинковых заводов Казахстана / Р. А. Нищий [и др.] // В сб.: Оздоровление условий труда на горно-обогатительных предприятиях. – Свердловск, 1989. – С. 6.

48. Нищий, Р. А. К вопросу об условиях труда и заболеваемости рабочих в электролизных цехах цинковых заводов / Р. А. Нищий, В. И. Тихонова // В сб.: Материалы Республиканской конференции по предупреждению профессиональных и снижению общих заболеваний у металлургов. – Алма-Ата, 1986. – С. 78 – 83.

49. Нищий, Р. А. Оценка заболеваемости и условий труда рабочих в металлургии свинца / Р. А. Нищий // Актуальные вопросы гигиены и профпатологии в Казахстане. – Алматы, 1993. – С. 160 – 163.

50. Нищий, Р. А. Производство цинка / Р. А. Нищий // Руководство по гигиене труда. – М., 1987. – Т. 11. – С. 135 – 138.

51. Нищий, Р. А. Улучшение условий труда при новых технологиях и профилактика заболеваемости на свинцовых заводах / Р. А. Нищий, А. А. Мамырбаев, З. К. Конакбаева // Актуальные вопросы гигиены труда, токсикологии и профпатологии в цветной металлургии. – Алма-Ата, 1989. – С. 7 – 9.

52. Павловская, Н. А. Значимость биохимических и иммунологических показателей при дифференциальной диагностике пылевых заболеваний органов дыхания / Н. А. Павловская, Н. И. Данилова, О. П. Рушкевич // Гигиена и санитария. – 1990. – № 5. – С. 34 – 36.

53. Павловская, Н. А. Содержание свинца в крови и моче работающих / Н. А. Павловская // Гигиена и санитария. – 1990. – № 8. – С. 11 – 14.

54. Панкова, В. Б. Заболевания верхних дыхательных путей у рабочих «пылевых» профессий / В.Б. Панкова // Гигиена труда и профзаболевания. – 1992. – № 7.

55. Петрянок-Соколов, И. С. Аэрозоли / И. С. Петрянок-Соколов, А. Г. Сутугин. – М., 1989. – С. 90 – 93.

56. Плотко, Э. Г. Заболеваемость населения и связь ее с загрязнением атмосферы в районах размещения предприятий цветной металлургии / Э. Г. Плотко [и др.] // Гигиена и профпатология в горнометаллургическом производстве. – 1990. – № 8. – С. 37 – 48.

57. Привалова, Н. М. Современные наукоемкие технологии / Н. М. Привалова, А. А. Процай, Ю. Ф. Литвиненко. – 2006. – № 5. – С. 62 – 63.

58. Пятаев, Г. Е. Заболеваемость ЛОР-органов с временной утратой трудоспособности у рабочих цинкового производства / Г. Е. Пятаев, М. Т. Рахимова // Вопросы гигиены труда и профзаболевания. – Алма-Ата, 1982. – С. 54.

59. Рахимов, М. Т. Материалы изучения состояния здоровья рабочих цинкового завода / М. Т. Рахимов [и др.] // Вопросы гигиены труда и профпатологии в цветной металлургии. – Орджоникидзе, 1992. – Т. 4. – С. 44.

60. Рахимов, М. Т. Особенности иммунологической реактивности у рабочих металлургических заводов / М. Т. Рахимов // Иммунопатология профессиональных поражений. – М., 1976, II, гл. 8. – С. 67 – 75.

61. Рашевская, А. М. Профессиональные заболевания системы крови химической этиологии / А. М. Рашевская, Л. А. Горина. – М., 1988. – С. 112 – 118.

62. Реутова, В. А. О состоянии нервной системы у работающих на заводе «Электроцинк» / В. А. Реутова, Л. П. Тхапсаева // Вопросы гигиены труда и проф. патологии / Тр. СОГМИ – Орджоникидзе, 1979, вып. 24. – С. 201 – 205.

63. Роцин, А. В. Актуальные вопросы токсикологии металлов / А. В. Роцин, О. Г. Архипова. – М., 1998. – С. 34 – 38.

64. Роцин, А. В. Цинк в аспектах гигиены окружающей среды / А. В. Роцин, Л. Н. Архангельская, А. Я. Лошак. – 1992. – № 3. – С. 34 – 38.

65. Седачев, В. Г. Содержание кадмия в рабочей зоне отдельных производств металлургии цинка / В. Г. Седачев, Б. А. Неменко // Гигиена труда, профпатология и токсикология в химической промышленности и цветной металлургии Казахской ССР. – Алма-Ата, 1988. – С. 165 – 168.

66. Смирнова, О. П. Токсичность хлоридов цинка и кадмия для культуры клеток фибробластов эмбриона человека / О. П. Смирнова, Е. И. Мельниченко // Гигиена труда и профзаболевания. – 1990. – № 7. – С. 88 – 90.

67. Снурников, А. П. Гидрометаллургия цинка / А. П. Снурников // *Металлургия*. – 1992. – № 8. – С. 88 – 93.

68. Соклаков, А. Ф. Оценка гигиенических условий труда рабочих шлаковозгоночной установки / А. Ф. Соклаков, Н. С. Жаркова // *Вопросы гигиены труда и профессиональных заболеваний*. – Алма-Ата, 1972. – Т. XXIII. – С. 567 – 564.

69. Спиридонова, В. С. Токсичность сульфида и селенида цинка и условия труда / В.С. Спиридонова [и др.] // *Гигиена и санитария*. – М., 1985. – № 2.

70. Спиридонова, В. С. Экспериментальное исследование токсичности фосфатов цинка / В. С. Спиридонова, Л. П. Шабалина // *Гигиена и санитария / Медицина*. – 1992. – № 8. – С. 23 – 25.

71. Старцев, И. В. Отложение аэрозолей в назофарингеальном отделе респираторной системы / И.В. Старцев // *Гигиена труда и профзаболевания / Медицина*. – 1990. – № 1 – С. 43 – 44.

72. Стрелюхина, Н. А. Морфологические изменения внутренних органов при экспериментальном воздействии вредных веществ цинкового производства / Н. А. Стрелюхина // *Актуальные вопросы гигиены труда, токсикологии и профессиональной патологии в цветной металлургии*. – М., Алма-Ата, 2005. – С. 45.

73. Таланкин Ю. Н. Условия труда и состояние здоровья рабочих, занятых в производстве соединений цинка / Ю. Н. Таланкин [и др.] // *Гигиена труда и профзаболевания*. – 1991. – № 8. – С. 213 – 215.

74. Тезиева, С. Ч. Особенности условий труда и состояние здоровья рабочих свинцово-цинкового производства завода «Электроцинк» / С. Ч. Тезиева, Е. Г. Легостаева // *Актуальные вопросы гигиены труда, токсикологии и профпатологии в цветной металлургии*. – М., Алма-Ата, 1989. – С. 13 – 15.

75. Тихонова, В. И. О состоянии пародонта у рабочих свинцового производства / В. И. Тихонова, Р. А. Нищий // В материалах республиканской конференции по предупреждению профессиональных, снижению общих заболеваний и улучшению медицинского обслуживания металлургов. – Алма-Ата, 1986. – С. 67 – 74.

76. Тихонова, В. И. Фагоцитарная активность лейкоцитов и абсорбционная способность слизистой оболочки полости рта рабочих цинкового производства / В. И. Тихонова // *Гигиена труда и профзаболевания*. – Алматы, 1985. – С. 45 – 48.

77. Ткачев, В. В. Дисперсный состав аэрозолей современного литейного производства / В. В. Ткачев [и др.] // Гигиена труда и профзаболевания / Медицина. – М., 2000. – С. 40 – 45.

78. Турлыбеков, Ж. Т. Характеристика заболеваемости с временной утратой трудоспособности рабочих и служащих Чимкентского свинцового завода / Ж. Т. Турлыбеков, З. К. Султанбеков // Гигиенические вопросы производства цветных металлов в Казахской ССР. – Алма-Ата, 1987. – С. 85 – 90.

79. Фейгин, Б. Г. Задержка и поглощение вредных веществ в организме рабочих цинкового производства / Б. Г. Фейгин, А. А. Лукашов, Р. М. Болмахаева // Гигиенические вопросы производства цветных металлов в Казахской ССР. – Алматы. – 1985. – С. 90 – 95.

80. Чеджемова, М. Х. Характеристика загрязненности воздушной среды в агломерационном и плавильном отделах свинцового цеха. / М. Х. Чеджемова // Вопросы гигиены труда и проф. патологии на предприятиях СО АССР по добыче и производству цветных металлов– Орджоникидзе, - 1978, вып. 13. – С. 19 – 23.

81. Чекунова, М. П. Современные представления о биологическом действии металлов / М. П. Чекунова // Гигиена и санитария. – 1996. – № 12. – С. 17 – 19.

82. Шаскольская, М. П. Кристаллы. Структура кристаллов / М. П. Шаскольская. – М., 1978. – С. 16 – 25.

83. Шиврин, Г. Н. Металлургия свинца и цинка / Г. Н. Шиврин // Металлургия. – 1994. – № 5. – С. 152 – 154.

84. Шишкова, Н. К. Модифицирующее действие сульфата на биохимические изменения при интоксикации комплексом химических веществ / Н. К. Шишкова, Н. А. Шевелева // Проблемы оздоровления условий труда в ведущих отраслях народного хозяйства. – Алма-Ата, 2000. – С. 193 – 194.

85. Baczowska, B. Okeno gospodarki zelazowej u pracownikow narazony na związki ołowiu w wytworni eskliw kaflarskich w latach / B. Baczowska [и др.] // Med.Pracy. – 2002. 39. – № 1. – 49 – 54.

86. Baginski, B. Einfluss von Blei, Zink und Cadmium auf die zelltoxische Wirkung humaner polymorphkerniger Leukozyten am Beispiel von Hegefzellen / B. Baginski, B. Grube // Lbl.Bakteriol., Reihe B.Hygiene. – 2000. Bd. 191. – № 1. S. 28 – 35.

87. Baranski, B. Wronska – Noter T.et al / B. Baranski, J. Oracka // *Med Pracy.* – 2003. – Vol. 3. – № 1, P. 11 – 19.
88. Bittnerova, D. *Prakov Lek / D. Bittnerova, K. Jr. Blaha, M. Cikrt.* – 2006, Vol. 38. – № 10. P. 445 – 449.
89. Blongris: Urban Ericson Anders, Fällin Bengt, Wesverholm P. Delivery outcome for women working in the pulp and paper industry. – *Bcand. J. Work, Environ and Hlth.* – 2003, V. 7. K. 2. P. 114 – 118.
90. Castelino, W. Kinetics of the distibution and excretion of I Dziekanowska D., *Badania nad mitagennym wplywem czynnikow srodowiskowich w hutach metali niebelarnych / W. Castelino, S. Alai.* – *Patol.pol.*, - 1998. V. 32. – № 2. P. 263 – 268.
91. Haar, Y.Z.et al. *J. Environ Hlth.* – 2002. V. 10. – № 5. P. 213.
92. Han Liantang et al. *J. Environ Hlth.* – 1993, V. 10. – № 5. P. 213.
93. Jowsey J. *Geriatrics.* – 2003. – V. 33. – P. 39.
94. King, M. et al. *Ann.Rev.Publ. Hlth.* – 2004, V. 5, P. 1 – 52.
95. Kyono, H. Lead dosage and the role of the intranuclear inclusionbody / H. Kyono, K. Hooma, J. F. Moore, B. Rhyne, M. R. Krigman // *Arch.Environ / Health.* – 2005. – V. 20. – P. 705.
96. Lippman, M., Altshuller B. Air Pollution and the Proceeding of the Twenties Annwal. OHOH / M. Lippman, B. Altshuller // *Biological Conference.* – Ney York, 1990. – P. 19 – 38.
97. Littorin, G.G. et al. *Amer. Industr. Hyg. Ass. J.* – 2006. V.4 9. N7. P. 342 – 345
98. Manifold, B.D., Lead in Atmosphere. *Environ . Hlth.* – 2004. V. 83. N. 10. P. 326 – 329.
99. Massey, I.J. *Metal. Environ / I. J. Massey , M. D. Antken, Z. Bali // Toxicol. Chem.* – 1993. V. 13. N. 11. P. 1743 – 1752.
100. Mechanizmy i skutki toksycznego oddziaływania ołowiu na układ kazenia. *Med. pr.* – 2006. – № 6. – C. 543 – 549.
101. Meeting Digion. A case note on chronic poisoning with lead European JSSX. – 2003. P. 93-96.
102. Miller, G.D., Massaro T.F., Granlund R.W., Massaro E,J. Tissue distribution of lead in the neonatal rat exposed to multiple doses of lead acetate // *J.Toxicol, and Environ. Health.* – 2003. – 11. – № L – P. 113.
103. Odata, M., Tanaka, A et. Al.// *Med. Clin. North. Am.* – 1993. – 60. – P. 687 – 703.

104. Roberts, F., Gallo, J., Maner, J. // Amer.J.Vet.Res. –2004. – V. 33. – P. 1985.
105. Robinson, M.F. // Br. J. Nutr. –2002. – 30. – P. 195 – 205.
106. Scheuhammer, A.M. Toxicology. – 2004. V. 45. – № 2. P. 155 – 163.
107. Shaik Abjal Pasho, Sankar Sava. Lead – induced genotoxicity in lymphocy from peripheral blood samples of humans. – 2006. № 1. C. 111-124
108. Spone, A., Rautu, R. Ocena narazenia na miedzi i inne metale nieze-
lazne w hutach miedzi / A. Spone, R. Rautu // Med.Pracy. – 2001.V. 36. N 4.
109. Stolman, A. Toxicology. – 2000. V. 48. – № 11. P. 182 – 189.
110. Stolman, A. Toxicology. – 2004. V. 48. – № 11. P. 182 – 189.
111. Vahter, M., Friberg, Z., et. al. Ibid. – 2004. Vol. 57. – № 2. P. 79 – 91.
112. Viotery, J. Norin, H ., et. al. Ibid. – 2005. Vol. 57. – № 2. P. 79 – 91.
113. Zawadzki Marcin, Poreba Raft. med. pr. – 2006. № 6. – P. 543–
549.

Оглавление

Предисловие.....	3
Глава 1. Общие сведения.....	5
1.1. Развитие производства цинка и свинца и их современное значение.....	5
1.2. Физико-химические свойства цинка.....	8
Глава 2. Гигиеническая характеристика условий труда при производстве цинка.....	10
2.1. Краткая технологическая схема.....	12
2.2. Условия труда рабочих на цинковых заводах.....	16
2.2.1. Обжиговые цеха.....	22
2.2.2. Выщелачивательные цеха.....	41
2.2.3. Электролиз и плавка катодного цинка.....	55
Глава 3. Заболеваемость с временной утратой трудоспособности рабочих.....	71
3.1. Цинковые заводы.....	71
Глава 4. Вопросы физико-химической и токсикологической оценки твердых аэрозолей, выделяющихся в воздушную среду при производстве цинка.....	93
4.1. Физико-химические характеристики аэрозолей цинкового производства.....	93
4.2. Патогенетическое значение гранулометрического состава цинкового аэрозоля в развитии «цинковой» лихорадки.....	103
4.3. Влияние на организм подопытных животных пыли обжига и сернистого ангидрида.....	118
Заключение.....	137
Библиографический список.....	140

Издание научное

ШУШКЕВИЧ Нина Ивановна

**ВЛИЯНИЕ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ФАКТОРОВ НА СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ
РАБОТАЮЩИХ СВИНЦОВО-ЦИНКОВЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Подписано в печать 05.12.08.

Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 8,83. Тираж 495 экз.

Заказ

Издательство

Владимирского государственного университета.

600000, Владимир, ул. Горького, 87.