
ПАТОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛЕГКИХ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ КРОВИ У ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЖИВОТНЫХ ПРИ СОВМЕСТНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ ПЫЛИ ОБЖИГА И СЕРНИСТОГО АНГИДРИДА

Н.И. Шушкевич

Учебно-научный медицинский центр
Государственного университета г. Владимира
ул. Горького, 87, Владимир, Россия, 600035

Высокие концентрации полиметаллической пыли при обжиге свинцово-содержащих руд, поступающая в зону дыхания рабочих, оказывают токсическое действие на систему органов дыхания. Экспериментально были выявлены умеренные патоморфологические изменения в органах и крови, что указывало на комплексное воздействие металлов, содержащихся в полиметаллической пыли совместно с сернистым ангидридом.

Пылевая патология в настоящее время занимает второе место среди всех регистрируемых профессиональных заболеваний [1; 2; 3]. Одним из важных вопросов в этом направлении является изучение влияния производственной пыли на систему органов дыхания.

Разнообразное технологическое оборудование обжиговых цехов на Усть-Каменогорском свинцово-цинковом комбинате 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») [5]. 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. 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 SO₂, CO, H₂S отличалось крайне нестабильностью и зависело как от точки отбора проб и расстояния от оборудования, так и непосредственно от выполнения технологических операций. На расстоянии 5 м от сушильных барабанов концентрации SO₂ равнялись от 21,8 ± 0,74 мг/м³, при загрузке концентратов 59,6 ± 3,61 мг/м³, во время сушки — 5,4 ± 0,10 мг/м³, на площадке сепараторов — 3,8 ± 0,12 мг/м³, а количество CO и H₂S было вообще ниже ПДК.

Таблица 1

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

Наименование точек отбора проб		Периоды года			
		теплый		холодный	
		<i>n</i>	$M \pm m$	<i>n</i>	$M \pm m$
I. Склад концентратов					
а)	на площадке обогрева концентрата	18	$1,67 \pm 0,11$ 0,7—2,5	18	$0,89 \pm 0,05$ 0,5—1,9 $P < 0,001$
б)	на рабочей площадке при разгрузке концентрата	18	$6,42 \pm 0,51$ 1,9—9,8	18	$4,16 \pm 0,42$ 1,1—7,6 $P < 0,01$
в)	на площадке питателей	18	$13,6 \pm 1,01$ 0,4—16,0	18	$10,3 \pm 0,87$ 1,3—14,8 $P < 0,05$
II. Отделение сушильных барабанов					
а)	у разгрузочной точки из сушильного барабана	18	$34,7 \pm 6,18$ 0,8—48,2	18	$23,5 \pm 4,61$ 2,2—47,3 $P < 0,05$
б)	место пересыпки на транспортер с питателей	16	$18,4 \pm 2,92$ 0,9—42,2	16	$12,0 \pm 2,01$ 0,6—29,1 $P < 0,05$
в)	при загрузке концентрата в сушильный барабан	16	$27,9 \pm 3,46$ 2,0—50,9	16	$28,1 \pm 3,01$ 3,8—46,4 $P > 0,05$
III. Дробильное отделение					
а)	у подачи концентрата на щековые дробилки	18	$23,4 \pm 2,15$ 1,3—34,6	18	$0,8 \pm 1,76$ 4,6—31,9 $P > 0,05$
б)	на рабочей площадке дисковых дробилок	18	$24,5 \pm 5,53$ 1,5—46,9	18	$26,4 \pm 3,02$ 2,4—39,0 $P < 0,05$
в)	при пересыпке концентрата с дробилок на транспортер	18	$29,6 \pm 2,95$ 2,3—48,8	18	$24,9 \pm 2,54$ 3,5—42,8 $P > 0,05$

Примечание: в знаменателе приведены минимальные и максимальные концентрации.

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.

Большие количества пыли обжига, поступая в зону дыхания работающих, оказывают определенное влияние на организм — проблема, которая до настоящего времени не получила целенаправленной токсикологической оценки.

Высокий процент поражений легких у рабочих цинкового производства, особенно ведущих профессий, в значительной мере указывал на их профессиональный характер, что можно непосредственно связать с воздействием комплекса неблагоприятных производственных факторов, а именно: в обжиге — твердые аэрозоли, полиметаллическая и обжиговая пыль и сернистый ангидрид.

Высокие концентрации обжиговой пыли в воздушной среде, ее сложный физико-химический и дисперсный состав указывают на необходимость проведения эксперимента на подопытных животных.

У многих авторов при исследовании состава полиметаллической пыли концентрации их компонентов оказывался различными, и поэтому в исследованиях имеются разночтение результатов. Были обнаружены признаки пневмокониоза, хронического бронхита, заболеваний носоглотки при содержании Pb — 1%, Zn — 1,5%. А.И. Бурханов получил интересные данные при концентрациях пыли 80 мг/м^3 , состоящего из 45% свинца, 12% цинка, 8% мышьяка и 1% селена. В результате этих исследований были обнаружены нарушения экскреторной обезвреживающей и белковой функции печени, а также существенное снижение количества потребляемого кислорода, эритропения и гемоглобинемия [4]. Патоморфологические исследования выявили наличие пневмокониоза диффузно-склеротической формы, что подтверждалось и при анализе некоторых биохимических показателей [7]. Углубленное изучение динамики развития пневмокониоза и возникающих опосредованных изменений в органах, активно участвующих в обменных процессах организма, и в настоящее время сохраняет свою актуальность.

Цель данной работы заключалась в сравнительном изучении физиологических показателей систем организма, морфологии периферической крови и биохимических показателей при совместном воздействии пыли обжига и сернистого ангидрида различных концентрациях вдыхаемой пыли.

Материал и методики. При планировании излагаемого ниже эксперимента для хронической ингаляционной затравки использовалась пыль обжига, в состав которой входило в среднем: Zn — 56,7%; Pb — 19,6%; Fe — 7,97%; Si — 1,62%; 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%; $\text{ZnO Fe}_2\text{O}_3$ — 9,8%; Zn_2SiO_4 — 1,04%. Данная пыль представляла собой уже смешанный по размеру состав частиц с широким диапазоном — от 0,1 мкм 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 формы, способных объединяться в конгломераты.

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 весом 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 затем 2-х месяцев восстанови-

тельного периода. 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 заправки 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, масса тела была в пределах $145,5\text{—}257,1 \text{ г}$. В третьей же группе I-й серии (концентрации 25 мг/м^3) и в третьей группе II-й серии (концентрации пыли 25 мг/м^3 и SO_2 — 20 мг/м^3), начиная с пятого месяца заправки, у животных отмечено ухудшение аппетита, вялость, изменилось состояние волосяного покрова, появилось и достоверное отставание в приросте массы тела от $147,4\text{—}171,2 \text{ г}$.

Измерение температуры тела в ходе эксперимента не показало заметных отклонений, и лишь в III-й группе второй серии к концу эксперимента наблюдалось некоторое 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 $83,2 \pm 1,58$ по $124 \pm 1,45$ ($P < 0,001$) и с $65,5 \pm 3,42$ до $129,4 \pm 1,35$ ($P < 0,001$). Исследование газообмена показало, что в 3-й группе I-й серии и 2-й и 3-й группах II-й серии крыс, начиная с четвертого месяца, было отмечено снижение потребления кислорода, это являлось, по-видимому, следствием функциональных нарушений системы органов дыхания в результате воздействия пыли обжига (в концентрациях $25,0 \text{ мг/м}^3$) и SO_2 .

Однако в 3-й группе II-й серии (пыль $25,0 \text{ мг/м}^3$ + SO_2 — 20 мг/м^3) 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.

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, на систему органов дыхания.

В результате исследований морфологии периферической крови определенные сдвиги были обнаружены у белых крыс, заправка 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 от $147 \pm 0,5$ до $102 \pm 0,7 \text{ г/л}$. Еще более наглядно гемоглобинемия проявлялась в 3-й группе II-й серии. В этих же группах к концу эксперимента достоверно снижалось и количество эритроцитов, однако анемический синдром был нестойким и через два месяца восстановительного периода показатели гемоглобина и эритроцитов возвращались к исходным величинам. В отличие от уровня гемоглобина и эритроцитов, СОЭ при максимальных концентрациях достоверно

нарастала от 3 до 8 мм/час, как при затравке одной обжиговой пылью, так и в комбинациях с SO₂. В этих же группах животных, начиная с четвертого месяца ингаляции, появились признаки лейкоцитоза, особенно возросшие к концу затравочного периода от $11,2 \pm 1,32$ тыс. до $22,4 \pm 3,03$ тыс. Несмотря на то, что в лейкоцитарной формуле не удалось выявить достоверных отклонений, параллельное увеличение СОЭ и числа лейкоцитов, по-видимому, является следствием воспалительных 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 воздействия именно обжиговой пыли. Подобная картина может быть связана с проявлениями бронхита с выраженной воспалительной реакцией в результате воздействия пыли, используемой при хронической затравке.

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. 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, сопровождается раздражением эритропоэтического ростка костного мозга. Ретикулоцитоз и базофильно-зернистые эритроциты могут быть следствием воздействия некоторых химических компонентов, и в первую очередь свинца [6].

Проведенные исследования указывали на неблагоприятное воздействие обжиговой пыли (а также в сочетании ее с SO₂), выражающееся в снижении количества гемоглобина и эритроцитов на фоне лейкоцитоза, увеличение СОЭ, количества базофильно-зернистых эритроцитов и ретикулоцитов. 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 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/м³ было зафиксировано значительное снижение общего белка и альбуминов на фоне достоверного увеличения количества общих глобулинов. Снижение общего белка и гипоальбуминемия свидетельствовали, по-видимому, о нарушении синтеза белков в результате

воздействия обжиговой пыли в концентрациях около $25,0 \text{ мг/м}^3$. При этом совместное действие пыли и SO_2 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.

Достоверное увеличение содержания γ -глобулинов, очевидно, было следствием воспалительного процесса. О возможном наличии экссудативных воспалительных реакций свидетельствует и повышение α_2 -глобулинов.

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 $6,4 \pm 0,144$ ммоль/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 $5,3 \pm 0,187$ ммоль/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, что, по-видимому, можно рассматривать как признаки печеночно-панкреатической недостаточности. Следует отметить, что к концу восстановительного периода вновь отмечалось достоверное повышение уровня сахара в крови. Очевидно, полученные нами данные и указывают на сочетанное влияние этих компонентов. Учитывая наличие свинца во вдыхаемой пыли (до 2%), т.е. при концентрации около 25 мг/м^3 его содержание достигало $0,5 \text{ мг/м}^3$, мы сочли необходимым выяснить состояние пигментного обмена и, в частности, АЛК и копоропориринов как одних из ключевых ферментов начального этапа биосинтеза гема [8; 9]. 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. 2).

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.

Таблица 2

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 затравки (сентябрь)		конец затравки (декабрь)		Р	начало затравки (сентябрь)		конец затравки (декабрь)		Р
	$M \pm m$	<i>n</i>	$M \pm m$	<i>n</i>		$M \pm m$	<i>n</i>	$M \pm m$	<i>n</i>	
I серия (пыль обжига)										
1 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 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 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 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 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 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.

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. 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 (табл. 3).

Таблица 3

Содержание копропорфирина в моче подопытных животных при воздействии пыли обжига и сернистого ангидрида (в нмоль/1 гр. креат.)

Серии и группы животных	Сроки проведения исследований				Р
	начало затравки		окончание затравки		
	$M \pm m$	<i>n</i>	$M \pm m$	<i>n</i>	
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.

При высоких концентрациях пыли в процессе затравки у подопытных крыс наблюдалась и гипербилирубинемия, что чаще всего указывает на определенные функциональные нарушения паренхимы печени.

Учитывая большую роль печени в расщеплении и синтезе липидов, 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 SO_2 .

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 SO_2 в концентрациях 20 мг/м^3 . Прирост холестерина можно, по-видимому, прежде всего, объяснить понижением его всасываемости в кишечнике, и это является результатом воздействия в первую очередь свинца.

При ингаляции крыс пылью в концентрациях около 25 мг/м^3 к концу затравочного периода отмечено достоверное ($P < 0,001$) снижение уровня аспарагиновой и аланиновой (АСТ и АЛТ) аминотрансфераз, 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 (табл. 4).

Таблица 4

Содержание АСТ, АЛТ в крови подопытных животных в динамике при воздействии пыли обжига и сернистого ангидрида
(выборочные данные при концентрации пыли 25 мг/м^3)

Группы животных и исследуемые показатели	Сроки проведения исследований				P
	начало затравки (сентябрь)		конец затравки (декабрь)		
	$M \pm m$	n	$M \pm m$	n	
АСТ					
I серия (пыль обжига) 3 группа	$0,28 \pm 0,01$	22	$0,19 \pm 0,01$	12	$< 0,001$
II серия (пыль обжига + SO_2) 3 группа	$0,27 \pm 0,01$	22	$0,16 \pm 0,01$	12	$< 0,001$
Контроль	$0,24 \pm 0,01$	22	$0,23 \pm 0,01$	12	$> 0,05$
АЛТ					
I серия (пыль обжига) 3 группа	$0,19 \pm 0,01$	22	$0,12 \pm 0,01$	12	$< 0,001$
II серия (пыль обжига + SO_2) 3 группа	$0,21 \pm 0,01$	22	$0,14 \pm 0,08$	12	$< 0,001$
Контроль	$0,19 \pm 0,01$	22	$0,19 \pm 0,01$	12	$> 0,05$

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/м^3 , и особенно 25 мг/м^3 , к концу затравочного периода имело место существенное ($P < 0,001$) увеличение содержания цинка, а также свинца. Наблюдаемая картина подтверждала предположение об избыточных количествах цинка и свинца как ведущей причины изменений, обнаруженных при изучении различных биохимических показателей (табл. 5).

Содержание цинка и свинца в крови подопытных животных в динамике при воздействии пыли обжига и сернистого ангидрида
(выборочные данные при концентрации пыли 25 мг/м³)

Серии и группы животных	Кровь			Моча		
	начало заправки (сентябрь)	конец заправки (декабрь)	Р	начало заправки (сентябрь)	конец заправки (декабрь)	Р
	$M \pm m$	$M \pm m$		$M \pm m$	$M \pm m$	
	Цинк, мг/%			Цинк, мг/л		
I серия						
2 группа	1,7 ± 0,1	3,9 ± 0,1*	0,001	4,2 ± 0,2*	7,4 ± 0,3*	< 0,001
3 группа	1,5 ± 0,1	7,6 ± 0,2*	0,001	3,7 ± 0,1	11,6 ± 0,3*	< 0,001
II серия						
2 группа	1,9 ± 0,1	4,1 ± 0,1*	0,001	3,9 ± 0,1	8,5 ± 0,3*	< 0,001
3 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
Общее количество крыс	58	60		85	60	
	Свинец, мкм/л			Свинец, мкм/л		
I серия (пыль обжига)						
3 группа	0,4 ± 0,03*	4,4 ± 0,2*	< 0,001	0,2 ± 0,01	0,3 ± 0,02	< 0,001
	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)						
3 группа	0,6 ± 0,02	3,9 ± 0,2	< 0,001	0,3 ± 0,01*	0,4 ± 0,02*	< 0,001
	0,5 ± 0,03	7,8 ± 0,3*	< 0,001	0,1 ± 0,08	1,2 ± 0,08*	< 0,001
Контроль	0,7 ± 0,19	0,8 ± 0,14	< 0,01	0,2 ± 0,07	0,2 ± 0,02	> 0,05
Общее количество крыс	85	60		85	60	

Примечание: * — отмечено достоверное отличие от контроля.

Результаты гистологических исследований 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, чередующейся с мелкими участками ателектаза. К концу затравочного периода у подопытных крыс имели место хронический катарально-десквамативный бронхит, мелкоочаговая серозно-десквамативная или интерстициальная пневмония.

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/м³) с примесью SO₂, 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.

То есть в результате хронической ингаляционной затравки полиметаллической пылью авторами показано, 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 пневмокохиоза диффузно-склеротической формы.

Выводы. 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 мг/м^3 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;

— гистологические результаты указывали на развитие выраженных воспалительных процессов, прежде всего в легочной ткани с наличием пневмосклеротических изменений;

— 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 воздействие свинца.

Таким образом, при сочетанной ингаляции пылью обжига и сернистым ангидридом изучаемую пыль обжига можно отнести к токсичной. В то же время, сопоставление полученных данных с результатами, указывали, прежде всего, на развитие пылевой патологии органов дыхания.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Металлы, гигиенические аспекты оценки и оздоровления окружающей среды. — 1983. — С. 214.
- [2] Вопросы гигиены труда, профессиональной патологии и токсикологии в цветной металлургии. — Алма-Ата, 1991. — С. 115—123.
- [3] Гигиена труда. — 1988. — № 3. — С. 32—35.
- [4] Гигиена и санитария. — М., 1998. — С. 34.
- [5] Мед. Труда. — 2001. — № 2. — С. 4—7.
- [6] Сб. трудов «Современные проблемы профессиональных заболеваний бронхолегочной системы». — Караганда, 2001. — С. 125—133.
- [6] Гигиена труда. — 1990. — № 8. — С. 11—12.
- [7] Гигиена труда. — 1991. — № 8. — С. 5—6.

**PATOMORPHOLOGICAL LUNGS
AND BLOOD INVESTIGATION OF EXPERIMENTAL ANIMALS
BY COMPLEX EFFECT OF DUST ANNEALING
AND SULPHOROUS ANHYDRIDE**

N.I. Shushkevich

UNMC

Gorkiy str., 87, Vladimir, Russia, 600035

High concentrations of polymetallic dust under annealing lead-containing ores have toxic impact on respiration system of the workers. Patomorphological moderate changes in organs and blood have been found experimentally. It has in licafed the complex effect of metals containing polymetallic dust with sulphuric anhydride.