

Гигиеническая характеристика условий труда при эксплуатации современных электролизеров повышенной мощности

А. А. Федорук, О. Ф. Рослый, Н. А. Цепилов, Т. В. Слышкина

Отдел медицины труда ФГУН «Екатеринбургский медицинский научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промышленных предприятий Роспотребнадзора», г. Екатеринбург

Резюме

Проведена гигиеническая оценка условий труда при эксплуатации электролизеров мощностью 330 кА. Исследования показали, что ведущими вредными профессиональными факторами, уровни которых превышают соответствующие гигиенические нормативы, являются: присутствие в воздухе рабочей зоны соединений фтора, неблагоприятный микроклимат, постоянное магнитное поле, тяжесть труда. Согласно интегральной гигиенической оценке условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса по Р 2.2.2006-05, условия труда на рабочих местах электролизника и анодчика опытного участка характеризуются как вредные 3 класса 2 степени, на рабочем месте крановщика — 3 класса 1 степени вредности.

Ключевые слова: электролиз алюминия, сверхмощные электролизеры, гигиеническая оценка условий труда.

Перспективным направлением совершенствования процесса электролиза алюминия наряду с применением предварительно обожженных анодов и комплексной автоматизацией технологического процесса является повышение единичной мощности электролизеров, которая увеличилась в несколько раз с 25 кА (первые электролизеры с боковым токоподводом 30-х годов) до 75, 175 и 250 кА [1, 2]. В наши дни внедряются электролизеры мощностью 300 кА и выше.

Целью нашей работы являлась гигиеническая оценка условий труда при эксплуатации электролизеров опытно-промышленной серии проектной мощностью 300кА, поскольку в известной нам литературе подобная информация отсутствует.

Материалы и методы

Гигиенические исследования были проведены на одном из алюминиевых заводов Уральского региона, при фактической мощности эксплуатации электролизеров (силе тока) — 330кА.

А. А. Федорук — к. м. н., ст. научный сотрудник отдела медицины труда ФГУН ЕМНЦ ПОЗРПП;

О. Ф. Рослый — д. м. н., рук. отдела медицины труда ФГУН ЕМНЦ ПОЗРПП;

Н. А. Цепилов — аспирант отдела медицины труда ФГУН ЕМНЦ ПОЗРПП;

Т. В. Слышкина — к. т. н., ст. научный сотрудник отдела физико-химических методов исследований ФГУН ЕМНЦ ПОЗРПП.

Были выполнены около 400 замеров разовых и среднесменных концентраций химических веществ в воздухе рабочей зоны: фтористых соединений, диоксида алюминия триоксида, смолистых веществ, бенз(а)пирена, оксида серы, более 200 измерений параметров микроклимата: температуры, влажности, скорости движения воздуха, температуры поверхностей, инфракрасного излучения; около 160 измерений уровня постоянного магнитного поля на рабочих местах, около 50 замеров уровней шума, вибрации. Проведены хронометражные наблюдения и исследования тяжести и напряженности трудового процесса рабочих основных профессий (электролизник расплавленных солей, анодчик (рамщик), крановщик). Все исследования проводились в соответствии с требованиями соответствующих нормативных документов и утвержденных методик, с применением серийных приборов, занесенных в Госреестр и имеющих свидетельства о госповерке. Оценка условий труда выполнена в соответствии с критериями руководства Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда».

Статистическая обработка результатов проводилась с использованием следующих показателей: среднее значение параметра, стандартное отклонение, ошибка среднего, для оценки значимости различий использовали критерий Стьюдента.

Результаты и их обсуждение

Опытный участок является современной серией электролиза алюминия, оснащенной системами централизованной раздачи глинозема (ЦРГ), автоматического питания глинозема (АПГ), а также автоматизированными системами контроля и управления технологическим процессом. Это позволяет регулировать концентрацию глинозема в электролите, поддерживать на заданном уровне криолитовое соотношение в электролизере, формировать рабочее пространство и корку электролита необходимым образом, полностью отказаться от поточных обработок, прибегая лишь при необходимости к технологической обработке отдельных электролизеров. Помимо этого, эксплуатация данной системы позволяет обнаруживать и автоматически ликвидировать анодные эффекты (АЭ). Таким образом, автоматизация производственного процесса позволила свести к минимуму такие производственные операции, сопровождающиеся физическими нагрузками, как поточная обработка электролизеров, загрузка и распределение глинозема и фторсолей на поверхности расплава, ликвидация АЭ.

В рассматриваемом производстве применяются предварительно обожженные аноды. Каждая электролизная ванна оборудована системой местной вытяжной вентиляции. Особенности участка являются: небольшое количество электролизеров (6 ванн), их поперечное, относительно продольной оси корпуса расположение, а также организация токоподвода посредством нескольких токоподводящих шин, подведенных к одной из продольных сторон электролизера. Необходимо отметить, что основные технологические операции по обслуживанию электролизера производятся, как

правило, непосредственно вдоль продольных бортов ванн, на расстоянии не более 1 метра.

На участке применяется бригадный метод работы. Основными рабочими профессиями участка являются электролизник, анодчик (рамщик), крановщик. В обязанности бригады электролизников входит наблюдение за ходом процесса электролиза и контроль технологических параметров. Главными производственными операциями, которые сопровождаются физическими нагрузками, являются: обслуживание анодного узла (извлечение анодных огарков и установка на их место новых анодов), выливка металла, ревизия электролизных ванн. Вес используемого ручного инструмента, а также поднимаемых и перемещаемых во время технологических операций створок укрытия достигает от 4 до 24 кг.

В обязанности бригады анодчиков (рамщиков) входит перетяжка анодной рамы, производимой при помощи технологического крана и специального устройства для временной подвески анодов (ВПА). При перетяжке анодной рамы используется гаечный ключ с удлиненным рычагом, весом около 5 кг. В процессе перетяжки анодчик находится в вынужденном положении на приспособленных конструкциях (на уступах съемной створки электролизера с преимущественной опорой на одну из ног).

Необходимо отметить, что в процессе работы вес ручного инструмента (крюки, скребки, гаечные ключи) утяжеляется по причине притяжения инструмента под воздействием постоянного магнитного поля к полу, токоподводящим шинам, металлическому корпусу ванны. Замеры показали, что магнитное притяжение в 1,5-2 раза увеличивает силу отрыва инструмента от поверхностей и силу его удер-

Таблица 1. Разовые концентрации фтористых соединений и алюминия в воздухе рабочей зоны опытного участка, $M \pm m$

Операция	Гидрофторид, HF, мг/м ³ ПДК= 0,5 мг/м ³	Фторсоли (по натрию фториду), мг/м ³ ПДК=1,0 мг/м ³	Диалюминий триоксид ПДК=5,0 мг/м ³	Сера диоксид ПДК=10,0 мг/м ³
Замена анода	0,35±0,046	0,49±0,067	1,48±0,138	0,32±0,025
Выливка металла. Рабочая зона электролизника (у торцов ванн)	0,29±0,048	0,15±0,018	1,00±0,138	0,44±0,060
Межоперационный период				
Ревизия ванн, отбор проб металла и электролита, подготовка выливных отверстий	0,15±0,017	0,12±0,013	0,44±0,02	0,43±0,053
Ревизия ванн при ликвидации выгорания анодного массива	0,24±0,026	0,42±0,13	0,49±0,05	-
Рабочая зона между электролизными ваннами, перетяжка анодной рамы	0,12±0,015	0,12±0,013	0,32±0,025	0,21±0,042
Большой и малый рабочие проходы	0,07±0,006	0,06±0,005	0,38±0,026	0,13±0,016
Комната отдыха	0,17±0,027	0,16±0,04	-	0,268±0,046
Рабочее место крановщика (кабина крана)	0,17±0,031	0,045±0,008	0,15±0,02	0,02±0,01

Таблица 2. Среднесменные концентрации химических соединений на рабочих местах основных профессий опытного участка

Профессия	Уровни среднесменных концентраций мг/м ³ (для бенз(а)пирена – мкг/м ³)					
	Гидрофторид ПДКсс=0,1 мг/м ³	Фторсоли (по натрий фториду) ПДКсс=0,2 мг/м ³	ДиАлюминий триоксид, ПДКсс=6 мг/м ³	Возгоны каменноугол ьных смо л и пеков при среднем содержании в них бенз(а)пирена менее 0,075%, ПДКсс=0,2 мкг/м ³	Бенз(а)пирен, ПДКсс=0,15 мкг/м ³	Итоговый класс условий труда
Электролизник расплавленных солей						
Min-max	0,176–0,211	0,180–0,269	0,653–0,693	0,068–0,084	0,051–0,068	3.1
M±m	0,190±0,006*	0,220±0,014*	0,673±0,009	0,076±0,003	0,059±0,003	
Анодчик						
Min-max	0,110–0,151	0,108–0,136	0,358–0,438	0,029–0,054	0,045–0,097	3.1
M±m	0,128±0,006*	0,119±0,008	0,399±0,014	0,049±0,002	0,076±0,009	
Крановщик						
Min-max	0,148–0,170	0,048–0,055	0,201–0,231	0,022–0,026	0,019–0,022	3.1
M±m	0,157±0,008*	0,052±0,003	0,216±0,015	0,024±0,001	0,022±0,002	

Примечание. * – превышение соответствующей среднесменной ПДК.

жания в нужном направлении, что приводит к повышенной физической нагрузке.

Крановщик опытного участка осуществляет управление комплексным технологическим и мостовым краном при обслуживании процессов перетяжки анодной рамы, замены анодов, выливки металла, ревизии электролизеров (по мере необходимости — при ликвидации выгораний анодного массива и др.) при проведении погрузочно-разгрузочных работ.

Согласно Р 2.2.2006-05. «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда», трудовой процесс рабочих основных профессий опытного участка: электролизник, анодчик — относится к классу 3.1 по показателю тяжести и классу 2 по показателю напряженности трудового процесса, трудовой процесс крановщика — классу 2 по показателю тяжести и напряженности труда.

Электролизеры являются источниками выделения в воздушную среду аэрозолей сложного химического состава, основными элементами которого являются фтористые соединения, диалюминий триоксид, смолистые вещества, бенз(а)пирен, оксиды серы. Фтористые соединения присутствуют в воздухе рабочей зоны, как в виде газообразного фтора, так и в виде аэрозолей — солей фтористоводородной кислоты разной степени растворимости: растворимых (натрий фторид) и нерастворимых (кальций дифторид, алюминий трифторид). Нами было обнаружено превышение разовых концентраций гидрофторида в 23% и 12% отобранных проб при проведении операций замены анода и выливки металла, соответственно. В остальные периоды проведения замеров

(табл. 1) разовые концентрации гидрофторида, фторсолей, серы диоксида меньше соответствующих ПДК (соответственно в 1,4–4,2 раза, в 2,0–8,3 раза, и более, чем в 8 раз).

Таким образом, на всех рабочих местах по показателю разовых концентраций фтористых соединений, серы диоксида и диалюминия триоксида условия труда соответствуют классу 2 (допустимому), исключением является рабочее место электролизника, на котором, с учетом эффекта суммации фтористых соединений, условия труда соответствуют классу 3.1.

Среднесменные концентрации гидрофторида превышали ПДК на всех рабочих местах: в 1,8–2,1 раза на рабочем месте электролизника, в 1,1–1,5 и 1,5–1,7 раз на рабочих местах анодчика и крановщика, соответственно. Превышение среднесменных концентраций фторсолей в 2,1 раза было обнаружено на рабочем месте электролизника, на остальных рабочих местах превышений не наблюдали (табл. 2). Среднесменные концентрации возгонов каменноугольных смол и бенз(а)пирена и диалюминия триоксида на всех рабочих местах были меньше уровня соответствующей ПДК. Таким образом, условия труда по показателю среднесменной концентрации в воздухе рабочей зоны фтористых соединений соответствовали классу 3.1, а по показателю среднесменных концентраций диалюминия триоксида, возгонов каменноугольных смол и пеков, бенз(а) пирена — классу 2 на всех рабочих местах.

Во все периоды проведения исследований, параметры микроклимата в рабочей зоне не соответствовали допустимым уровням по Сан-ПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

В теплый период года температура окружающей среды в цехе достигала 28,3–32,4°C, в холодный — не превышала 9,8°C; скорость движения воздуха, как правило, превышала допустимые параметры для соответствующей категории работ. Помимо этого, рабочие подвергаются воздействию конвективного тепла, поступающего в рабочую зону от нагретых поверхностей электролизера, а при выполнении ряда технологических операций — воздействию теплового облучения. Например, при проведении операции по перетяжке анодной рамы, рабочие анодчики подвергались воздействию радиационного тепла от нагретых до температуры 49,9–98,5°C поверхностей электролизера. Рабочие-электролизники подвергаются воздействию теплового облучения, уровни которого достигали от 613,7 Вт/м² (выполнение технологических операций при неповрежденной корке электролита) до 1513,4 Вт/м². (выполнение технологических операций при разрушенной корке электролита: замена анода, устранение выгорания анодного массива, обслуживание выливных отверстий).

В целом, условия труда на рабочих местах крановщика, анодчика опытного участка по показателю «микроклимат» соответствуют классу 3.1, а на рабочем месте электролизника — классу 3.2.

Производственное оборудование и технологические операции по обслуживанию процесса электролиза алюминия являются источником шума и вибрации. При технологическом режиме работы оборудования цеха и выполнении некоторых производственных операций нами было обнаружено превышение допустимых уровней звукового давления. В частности, при дроблении корки электролита при операции замены анода зафиксированы максимальные уровни звука, превышающие допустимые уровни на 4дБ, а при операции выливки металла — на 16 дБ. В целом, эквивалентные уровни шума за рабочую смену соответствовал допустимым нормативам. Эквивалентные скорректированные значения локальной и общей вибрации на рабочем месте электролизника и крановщика не превышали допустимые уровни.

Наши исследования свидетельствуют о наличии в корпусе цеха зон различной напряженности постоянного магнитного поля (ПМП). При обслуживании электролизеров (замена анодов, отбор проб, ревизия ванн), средние значения напряженности магнитного поля достигают 9,2±0,5 мТл и 13,1±0,7 мТл при проведении рабочих операций у борта ванны, свободной от токоподвода, и у борта с токоподводом, соответственно (P<0,001). При обслуживании выливных отверстий, в непосредственной близости от торца электролизера, уровни ПМП

составляют 9,2±0,5 мТл, а при выливке металла в рабочем проходе на расстоянии 1,5 м от торца ванны — 13,8±0,5 мТл, при этом, от 33 до 80% замеров превышают нормативные уровни, установленные для периода воздействия более 1 часа (60–480 минут) (10 мТл). Своих максимальных значений уровни ПМП достигают при выполнении технологических операций рядом с токоведущими шинами — 21,0±0,9 мТл, в последнем случае 55,6% замеров превышают ПДУ для времени воздействия 11–60 минут (20 мТл).

Особое внимание обращают на себя уровни магнитного поля, воздействующие на анодчиков, при перетяжке анодной рамы. В процессе операции рабочий перемещается вдоль электролизера по приспособленным конструкциям. При этом постоянно изменяется уровень ПМП, воздействующий на работающего, от 12,4±0,7 мТл в центральной части электролизера до 15,4±1,2 мТл у торцов ванны. Кроме того, при приближении к гибкой части токоподвода уровень воздействия постоянного магнитного поля достигал 50,9±4,6 мТл (что в 1,7 раз превышает ПДУ для времени воздействия 0–10 минут).

На рабочих площадках при проведении вспомогательных работ уровни ПМП незначительно превышали допустимые значения и достигали 10,8±0,5 мТл. В комнате отдыха, где персонал проводит технологические перерывы, напряженность ПМП составила 4,1±0,2 мТл.

Согласно принятой методике гигиенической оценки уровня ПМП, на рабочем месте электролизника уровни постоянного магнитного поля превышают допустимые значения для времени воздействия 61–480 минут в 1,3–2,1 раза, а на рабочем месте анодчика — в 5,1 раз, что характеризует условия труда классом 3.1 и 3.2 соответственно. На рабочем месте крановщика превышения допустимых параметров ПМП нами не было обнаружено.

Интегральная гигиеническая оценка условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса (по Р 2.2.2006-05), свидетельствует о том, что условия труда на рабочих местах электролизника и анодчика опытного участка характеризуются как вредные 3 класса 2 степени, на рабочем месте крановщика — 3 класса 1 степени вредности.

Заключение

Таким образом, наши исследования показали, что при эксплуатации электролизеров опытно-промышленной серии, ведущими вредными профессиональными факторами, уровни которых превышают соответствующие гигие-

нические нормативы, являются: присутствие в воздухе рабочей среды соединений фтора, неблагоприятный микроклимат, постоянное магнитное поле, тяжесть труда. Результаты исследований позволили разработать ряд рекомендаций, направленных на улучшение условий труда работающих на опытном участке. Необходимо учитывать, что при серийном строительстве новых корпусов с большим количеством электролизеров мощностью 300 кА и более, возможно изменение уровней вредных производственных

факторов, а, следовательно, условий труда и уровней профессионального риска, что требует дальнейшей гигиенической оценки.

Литература

1. Щербаков С. В. Гигиена труда в производстве и применении неорганических фторидов. Автореф дисс... д.м.н. Свердловск, 1989. 39с.
2. Сысоев А. В., Пряжин Г. С., Межбег Т. В. Сравнительная оценка электролизеров различного типа. Материалы VIII научно-технической конференции «Алюминий Урала — 2003». Красноуральск, 2004; 117-121.

Роль фактора питания в профилактике окислительного стресса у рабочих, занятых в металлургии меди

В. И. Адриановский, Г. Я. Липатов

Кафедра гигиены и профессиональных болезней ГОУ ВПО «Уральская государственная медицинская академия Росздрава», г. Екатеринбург

Резюме

Фактическое питание рабочих, занятых в металлургии меди, несбалансированно по основным пищевым веществам и дефицитно по витаминам А, В1, Е и С, что отрицательно отражается на антиоксидантном статусе работающих. Целью исследования явилось обосновать прием β-каротина для профилактики окислительного стресса среди рабочих, занятых в пирометаллургии меди. Содержащие β-каротин рационы питания существенно снижают проявления А-витаминной недостаточности у рабочих и повышают активность их антиоксидантной системы.

Ключевые слова: гигиена труда, металлургия меди, фактическое питание, окислительный стресс, антиоксиданты, β-каротин.

Рабочие, занятые на медеплавильных заводах, подвергаются воздействию комплекса неблагоприятных факторов производственной среды. Труд рабочих основных специальностей (плавильщики и разлильщики) связан со значительными физическими и нервно-эмоциональными нагрузками, воздействием неблагоприятных метеоусловий, шума, вибрации, запыленности и загазованности воздуха рабочей зоны. В комплексе факторов рабочей среды ведущей профессионально-гигиенической вредностью являются промышленные аэрозоли, включающие в себя, кроме меди, кремний диоксид, никель, железо, мышьяк, хром, кобальт, марганец, кадмий и другие вещества, воздействие которых приводит к снижению общей резистентности организма. Как результат, среди рабочих, занятых на медеплавильных заводах,

отмечены высокие уровни заболеваемости с временной утратой трудоспособности за счет болезней органов дыхания (фарингиты, бронхиты, пневмонии и др.) и смертности от злокачественных новообразований (ЗН) легких и желудка [1].

В настоящее время участие активных форм кислорода (АФК) показано в этиопатогенезе более чем 200 заболеваний, многие из которых связаны с неблагоприятным воздействием внешней среды. При этом для разных заболеваний характерен один механизм — нарушение баланса образования АФК и их ингибирования антиоксидантами. Для описания дисбаланса в системе «прооксиданты — антиоксиданты» в последние годы стал применяться термин «окислительный стресс» [2]. Известно, что АФК вызывают генетические мутации и являются инициаторами процесса диздифференцировки, одновременно играя роль на всех этапах канцерогенеза [3, 4].

Одним из способов профилактики развития окислительного стресса у рабочих может стать включение в рацион питания веществ с антиоксидантными свойствами. В связи с этим,

В. И. Адриановский — к. м. н., доцент кафедры гигиены и профессиональных болезней ГОУ ВПО УГМА Росздрава;

Г. Я. Липатов — д. м. н., профессор, заведующий кафедрой гигиены и профессиональных болезней ГОУ ВПО УГМА Росздрава.