

13. *Пластинина Ю. В., Привалова Л. И., Терешин Ю. С. и др.* Тормозящее действие йода на развитие экспериментального силикоза при перкутанном воздействии // Медицина труда и промышл. экология. 1996. № 7. С. 16–20.

14. Оценка мутагенной активности факторов окружающей среды в клетках разных органов млекопитающих микроядерным методом : метод. рек. М., 2001.

15. *Privalova L. I., Katsnelson B. A., Osipenko A. B. et al.* Response of a phagocyte cell system to products of macrophage breakdown as a probable mechanism of alveolar phagocytosis adaptation to deposition of particles of different cytotoxicity // Environm. Health Perspect. 1980. Vol. 35. April. P. 205–218.

16. *Иванова Л. А.* Цитохимия ферментов клеток крови в диагностике, оценке характера течения и эффективности терапии некоторых профессиональных заболеваний : автореф. дис. ... докт. мед. наук. М., 1991.

17. IPCS (International Programme on Chemical Safety) : Environmental Health Criteria 2003. Chrysotile asbestos. Geneva, 1998.

18. *Ильинских Н. Н., Новицкий В. В., Ванчугова Н. Н. и др.* Микроядерный анализ и цитогенетическая нестабильность. Томск, 1992.

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ТРУДА НА ОПЫТНОМ УЧАСТКЕ, ОСНАЩЕННОМ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРАМИ ПРОЕКТНОЙ МОЩНОСТЬЮ 300 кА

Н. А. Цепилов, А. А. Федорук

*ФГУН «Екатеринбургский медицинский научный центр профилактики
и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора,
г. Екатеринбург*

На протяжении более чем 80 лет развития алюминиевой промышленности в России и за рубежом конструкции электролизных ванн, конструкции газоулавливающих устройств и укрытий, аспирационных систем подвергались значительным изменениям и усовершенствованиям. Большое гигиеническое значение имело широкое внедрение предварительно обожженных анодов, при их использовании в воздух рабочей зоны попадало значительно меньше смолистых веществ и полициклических ароматических углеводородов, в том числе бенз(а)пирена [1, 2]. В наши дни как во всем мире, так и в России совершенствование процесса электролиза алюминия идет по различным направлениям, в том числе и по пути

повышения единичной мощности электролизеров, с применением предварительно обожженных анодов, комплексной автоматизацией технологического процесса. Постепенно мощность электролизеров увеличивалась от 30–40 кА до 75, 175 и 250 кА. В настоящее время в производстве алюминия внедряются электролизеры мощностью 300 кА и выше. В известной нам литературе отсутствует информация об условиях труда при их применении.

Целью нашей работы является гигиеническая оценка опытно-промышленной серии электролизеров мощностью 300 кА.

На опытном участке размещены шесть электролизеров, оборудованных установками автоматического питания глиноземом (АПГ). С целью контроля и управления концентрациями глинозема и фторсолей в электролите для каждого электролизера на опытном участке внедрено автоматическое программное управление непрерывного питания ванн глиноземом и фторсолями, данная функция позволяет регулировать концентрацию глинозема в электролите и поддержания криолитового соотношения в электролизере на заданном уровне, формировать рабочее пространство и корку необходимым образом и 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 минимизировать производственные операции, сопровождающиеся физическими нагрузками.

Отличительными особенностями участка являются поперечное относительно продольной оси корпуса расположение шести электролизных ванн, а также организация токоподвода, который осуществляется через подведенные к одной из продольных сторон электролизера токоподводящие шины. Необходимо отметить, что основные технологические операции по обслуживанию электролизера производятся, как правило, непосредственно вдоль продольных бортов ванн на расстоянии не более 1 м.

На участке применяется бригадный метод обслуживания электролизеров. В обязанности электролизников входят наблюдение за ходом процесса электролиза и контроль технологических процес-

сов. Основными технологическими операциями, выполняемыми бригадой и сопровождающимися физическими нагрузками, являются обслуживание анодного узла, заключающееся в извлечении анодных огарков и установке новых анодов, и выливание металла. Вес используемого ручного инструмента, а также поднимаемых и перемещаемых во время технологических операций створок укрытия составляет 4–24 кг. Необходимо отметить, что в процессе работы вес ручного инструмента (крюки, лопата, скребок) утяжеляется, во-первых, из-за налипшего на него металла, во-вторых, по причине притяжения инструмента под воздействием постоянного магнитного поля к полу, токоподводящим шинам, металлическому корпусу ванны. Магнитное притяжение в 1,5–2 раза увеличивает силу отрыва инструмента от поверхностей и силу его удержания в нужном направлении, что приводит к повышенной физической нагрузке. Наши наблюдения показали, что труд электролизника опытного участка относится к классу 3.1 по показателю тяжести и классу 2 по показателю напряженности трудового процесса (Р 2.2.2006-05).

В обязанности бригады анодчиков (рамщиков) входит перетяжка анодной рамы, которая производится с помощью технологического крана и специального устройства для временной подвески анодов (ВПА). Длительность операции составляет в среднем 2,5 часа. 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). Остальное время анодчики заняты проведением ремонтных работ или по заданию мастера опытного участка выполняют вспомогательные работы (подготовка защиты ниппелей, уборка территории и пр.). Труд анодчика опытного участка относится к классу 3.1 по показателю тяжести и классу 2 по показателю напряженности трудового процесса.

Крановщик опытного участка осуществляет управление комплексным технологическим и мостовым кранами 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. Трудовой процесс крановщика соответствует классу 2 по показателям тяжести и напряженности труда.

Электролизеры с предварительно обожженными анодами являются источниками выделения в воздушную среду аэрозолей сложного химического состава, основными элементами которого являются диалюминий триоксид, фтористые соединения, смолистые вещества, бенз(а)пирен, оксиды серы и углерода.

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 отобранных проб при проведении операций замены анода и выливки металла соответственно в 23 % и 12 %. В остальные периоды проведения замеров 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) (табл. 1).

Среднесменные концентрации гидрофторида превышали ПДК на всех рабочих местах: в 1,8–1,9 раза на рабочем месте электролизника, в 1,5–1,7 раза на рабочем месте крановщика, в 1,1–1,3 и в 1,5 раза на рабочих местах анодчика соответственно. Превышение среднесменных концентрации 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 на всех рабочих местах были меньше уровня соответствующей ПДК более, чем в 2,6 раза, диалюминия триоксида – более, чем в 8,6 раза.

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. По показателю среднесменной концентрации в воздухе рабочей зоны фтористых соединений условия труда соответствовали классу 3.1, а по показателю среднесменных

**Разовые концентрации фтористых соединений и алюминия
в воздухе рабочей зоны опытного участка «Электролиз 300» ($M \pm m$)**

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	0,350 ± 0,046	0,490 ± 0,067	1,480 ± 0,138	0,320 ± 0,025
Выливка металла. Рабочая зона электролизника (у торцов ванн)	0,290 ± 0,048	0,150 ± 0,018	1,000 ± 0,138	0,440 ± 0,060
Межоперационный период				
Ревизия ванн, отбор проб металла и электролита, подготовка выливных отверстий	0,150 ± 0,017	0,120 ± 0,013	0,440 ± 0,020	0,430 ± 0,053
Ревизия ванн при ликвидации выгорания анодного массива	0,240 ± 0,026	0,420 ± 0,130	0,490 ± 0,050	-
Рабочая зона между электролизными ваннами, перетяжка анодной рамы	0,120 ± 0,015	0,120 ± 0,013	0,320 ± 0,025	0,210 ± 0,042
Комната отдыха	0,170 ± 0,027	0,160 ± 0,040		0,268 ± 0,046
Рабочее место крановщика (кабина крана)	0,170 ± 0,031	0,045 ± 0,008	0,150 ± 0,020	0,020 ± 0,010

концентраций диалюминия триоксида, возгонов каменноугольных смол и пеков, бенз(а) пирена – классу 2 (допустимому) на всех рабочих местах.

Во все периоды проведения исследований параметры микроклимата в рабочей зоне не соответствовали допустимым уровням по СанПиН 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 °С, в холодный не превышала 9,8 °С. 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 поверхностей электролизера, рабочие электролизники подвергаются воздействию теплового облучения, уровни которого достигали от 511,0 до 1 513,4 Вт/м².

В целом условия труда на рабочих местах крановщика, анодчика опытного участка по параметру микроклимата соответствуют классу 3.1, а на рабочем месте электролизника – классу 3.2.

Технологическое 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 эквивалентный уровень шума за рабочую смену соответствовал допустимым нормативам [3]. Эквивалентные скорректированные значения локальной и общей вибрации на рабочем месте электролизника и крановщика не превышали допустимых уровней [4].

Наши исследования свидетельствуют о наличии в корпусе цеха зон различной напряженности постоянного магнитного поля (ПМП).

**Среднесменные концентрации химических соединений
на рабочих местах основных профессий опытного участка «Электролиз 300»**

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 каменноугольных смол 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

При обслуживании электролизеров (замена анодов, отбор проб, ревизия ванн) средние значения напряженности магнитного поля достигают $9,2 \pm 0,5$ мТл и $13,1 \pm 0,7$ мТл ($p < 0,001$) при проведении рабочих операций у борта ванны, свободной от токоподвода, и у борта с токоподводом, соответственно. При обслуживании выливных отверстий в непосредственной близости от торца электролизера уровни ПМП составляют $9,2 \pm 0,5$ мТл, а при выливке металла в рабочем проходе на расстоянии 1,5 м от торца ванны – $13,8 \pm 0,5$ мТл, при этом от 33 до 80 % замеров превышает нормативные уровни, установленные для периода воздействия 60–480 мин. (10мТл). Своих максимальных значений уровни ПМП достигают при выполнении технологических операций рядом с токоведущими шинами – $21,0 \pm 0,9$ мТл, в последнем случае 55,6 % замеров превышает ПДУ для времени воздействия 11–60 минут (20мТл).

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, напряженность возрастает ближе к торцам электролизера и снижается в центре. Кроме того, при приближении к гибкой части токоподвода уровень воздействия постоянного магнитного поля достигает $50,9 \pm 4,6$ мТл (что в 1,7 раза превышает ПДУ для времени воздействия 0–10 минут).

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

Таким образом, согласно принятой методике гигиенической оценки уровня ПМП, на рабочих местах электролизника уровни ПМП превышают допустимые уровни для времени воздействия 61–480 минут в 1,3–2,1 раза соответственно, что характеризует условия труда классом 3.1, на рабочем месте анодчика превышают допустимые значения, установленные для времени воздействия 61–480 минут, в 5,1 раза, что характеризует условия труда на данном рабочем месте классом 3.2.

Согласно интегральной гигиенической оценке условий труда (табл. 3) по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса, условия труда на рабочих местах электролизника и анодчика опытного участка характеризуются как вредные 3-го класса 2-й степени, на рабочем месте крановщика – 3-го класса 1-й степени вредности.

Таблица 3

Интегральная оценка условий труда рабочих основных профессий

Профессия	Фактор, класс условий труда (Р. 2.2.2006-05)												Общая оценка условий труда
	Химические					Физические							
	Гидрофторид	Натрий фторид	Смолистые вещества	Бенз(а)пирен	Серь диоксид	АПФД	Шум	Вибрация	Микроклимат	Электромагнитные поля (ПМП)	Тяжесть труда	Напряженность труда	
Электролизник расплавленных солей	3.1	3.1	2	2	2	2	2	2	3.2	3.1	3.1	2	3.2
Анодчик	3.1	2	2	2	2	2	2	2	3.1	3.2	3.1	2	3.2
Крановщик	3.1	2	2	2	2	2	2	2	3.1	2	2	2	3.1

Выводы

Таким образом, ведущими вредными профессиональными факторами опытного участка «Электролиз 300» являются присутствие в воздухе соединений фтора, неблагоприятный микроклимат, постоянное магнитное поле, низкий уровень освещенности.

Механизация и автоматизация технологического процесса значительно сократили долю тяжелого физического труда за счет исключения ряда производственных операций.

Интегральная оценка условий труда показала, что на рабочих местах электролизника и анодчика условия труда соответствуют классу 3.2, а на рабочем месте крановщика – классу 3.1.

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 профессионального риска, что требует дальнейшей гигиенической оценки.

Список литературы

1. Щербаков С. В., Сергеева Н. В., Терехов Е. А. и др. Исследование условий труда, выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в электролизном корпусе 1Н УАЗа // Отчет Екатеринбург. медиц. науч. центра профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий. Екатеринбург, 1995.

2. Щербаков С. В., Сергеева Н. В., Терехов Е. А. и др. Исследование выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в электролизном корпусе 2Н Уральского алюминиевого завода // Отчет Екатеринбург. медиц. науч. центра профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий. Екатеринбург, 1997.

3. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки : санитар. нормы. М., 1994.

4. СН 2.2.4/2.1.8.566-96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий : санитар. нормы. М., 1997.