

Ключевые слова: стеклянный электрод, фторсодержащие среды, химическая устойчивость, рН метрические приборы

Разработка электродных стекол, устойчивых к фторсодержащим средам для изготовления рабочей (активной) части стеклянного электрода, является актуальной задачей при производстве рН метрических приборов на ПРУП «Гомельский завод измерительных приборов». В настоящее время такие электроды поставляются из стран Европы и СНГ.

Электродные стекла синтезировались на основе  $\text{SiO}_2\text{-La}_2\text{O}_3\text{-Li}_2\text{O-K}_2\text{O (Cs}_2\text{O)}$  системы, в которую дополнительно вводились  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  и F в количестве от 0 до 5 мол. % в переменном соотношении. Синтез стекол осуществлялся в корундовых тиглях при  $1300^\circ\text{C}$  в газопламенной печи с выдержкой при максимальной температуре 1 час.

При изучении поведения экспериментальных стекол в растворе HF с концентрацией 1000 мг/л установлено, что линейная зависимость потерь массы стекла от времени выдержки наблюдается при выдержке в растворе только в течение первых 7 суток (168 часов), что согласуется с закономерностями поведения силикатных стекол в растворах реагентов II группы, к которым относятся растворы HF и фториды. Однако при дальнейшей выдержке до 28 суток (672 часа) наблюдается резкое замедление процесса разрушения стекла. Скорость стравливания постепенно снижается, и весь процесс разрушения приостанавливается. Следует предположить, что на поверхности образцов стекол образуется защитный слой, препятствующий дальнейшему разрушению стекла. Согласно схеме приведенной ниже, разрушение силикатного стекла под действием HF идет следующим образом:  $(\text{-Si-O-Si-})_n\text{-O-Si-} + \text{HF} \rightarrow \text{SiF}_4 + (\text{-Si-O-Si-})_n\text{OH}$ , то есть кроме фторида кремния образуется и гидросиликат. В случае электродного стекла этот процесс сопровождается взаимодействием HF с оксидом лития, входящим в состав стекла, с образованием фторида лития LiF. Последний нерастворим в воде и вначале выделяется в виде осадка, что и наблюдалось в ходе экспериментальных исследований. На последующих стадиях взаимодействия HF со стеклом на поверхности образцов постепенно формируется слой гидросиликата («кремнеземистая пленка»). Эта пленка защищает поверхность стекла от дальнейшего разрушения и процесс затухает. Кроме того в стеклах системы  $\text{SiO}_2\text{-La}_2\text{O}_3\text{-Li}_2\text{O}$  при взаимодействии с HF возможно формирование структурных групп  $[\text{LaO}_{3/2}\text{F}]$ , имеющих сильно-кислотный характер, что также ослабляет взаимодействие стекла с растворами HF.

Разработано электродное стекло, которому присвоено название ЭСФ-7, технические показатели которого представлены в *таблице*.

**Таблица. Технические показатели оптимального состава стекла ЭСФ-7**

Наименование показателя	Стекло ЭСФ-7
Температура начала размягчения, $^\circ\text{C}$	485
Температурный коэффициент линейного расширения, $\text{K}^{-1}$	$106,7 \cdot 10^{-7}$
Удельное электросопротивление при $20^\circ\text{C}$ , Ом·м	$1,2 \cdot 10^{10}$
Устойчивость к р-ру 0,1 % HF (по потерям массы), мг/дм <sup>2</sup>	18,2 (1 класс)

Состав стекла ЭСФ-7 передан ПРУП «Гомельский завод измерительных приборов» для проведения испытаний и определения электродных характеристик (акт передачи от 22 марта 2010 года).

©ПГУ

## **ОЦЕНКА РИСКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ НА СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ РАБОТАЮЩИХ НА УСТАНОВКЕ ДЕАСФАЛЬТИЗАЦИИ ОАО «НАФТАН»**

**Ю. А. БУЛАВКА, П. А. ЧЕБОТАРЕВ**

The results of a comprehensive assessment of working conditions for workers on the unit of deasphalting tar of propane at «Naftan» JSC are presented in the paper. Revealed that the workers are exposed to the combined effects of occupational factors, chemical and physical nature, and the work processes is characterized by a certain level of heaviness and tensity (physical dynamic load, intellectual, sensory and emotional stress, working hours). The harmful working conditions (Class 3, Degree 2) are formed in the most part of occupational groups exposed to the combined occupational factors. In the list of the sickness rate with temporary disability the diseases of respiratory organs, heart and vascular systems prevail what can be caused by the influence of toxic substances present in air of the working zone. These illnesses can be regarded as industrial diseases. The system of preventive measures against occupational determinants causing hazardous effects has been proposed

Ключевые слова: условия труда, нефтепереработка, углеводороды, шум, заболеваемость

### **1. ВВЕДЕНИЕ**

В Республике Беларусь проводится целенаправленная государственная политика в области охраны труда. Однако состояние условий и охраны труда на производстве продолжает оставаться слож-

ной социально-экономической проблемой. Ведущей отраслью топливно-энергетического комплекса в нашей стране является нефтеперерабатывающая промышленность. Новополоцкий и Мозырский нефтеперерабатывающие заводы являются важнейшими государственными объектами. Исторически сложилось так, что из-за социальных благ и льгот, предоставляемых на предприятиях нефтеперерабатывающей отрасли, наиболее активная, здоровая и достаточно образованная часть населения идет работать именно на эти производства. В силу имеющейся технологии и сложившейся практики ее эксплуатации, на предприятиях нефтеперерабатывающей промышленности не всегда удается обеспечить оптимальные и допустимые условия труда. Постоянный рост контингента работающих на данных предприятиях, внедрение новых технологий требует всестороннего контроля и профилактики возможных неблагоприятных воздействий факторов производственной среды, которые могут внести определенную специфику в формирование профессиональной и производственно обусловленной заболеваемости работников.

## **2. ЦЕЛЬ И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Цель работы – оценка влияния вредных факторов на состояние здоровья работающих на установке Деасфальтизация ОАО «Нафтан» на основе методологии риска, изучение заболеваемости с временной утратой трудоспособности (ЗВУТ) за 2005–2009 гг. и разработка мероприятий по улучшению условий труда работников данной установки. Объектами исследования являются условия труда и ЗВУТ работников изучаемой установки.

## **3. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Для оценки условий труда использованы критерии и подходы, заложенные в СанПиН № 13-2-2007 РБ «Гигиеническая классификация условий труда». Оценка риска воздействия производственного шума осуществлялась в соответствии с моделью индивидуальных порогов действия (нормально-вероятностным распределением частоты эффектов), учитывающей стажевую дозу. Расчет риска возникновения производственно обусловленных нарушений здоровья при хроническом ингаляционном воздействии вредных веществ проводили на основе расчета коэффициентов опасности и индексов опасности. Углубленный анализ ЗВУТ исследуемой группы работников в разрезе 2005–2009 гг. проведен по данным статистических форм медицинской отчетности, использованы общепринятые показатели числа случаев и дней временной нетрудоспособности по болезни.

## **4. РЕЗУЛЬТАТЫ, И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

Основными профессиональными группами на исследуемой установке являются: машинисты компрессорных установок и технологических насосов, операторы технологических установок, инженерно-технические работники (ИТР: начальник установки и механик). Обслуживание технологического процесса осуществляется бригадами операторов и машинистов. В связи с особенностями технологического процесса операторам приходится совершать длительные подъемы по лестничным клеткам. Значительное влияние на работу оператора оказывают шум, вибрация, ЭМИ, освещенность, микроклимат, воздействие вредных веществ. Машинисты контролируют и осуществляют ремонтно-наладочные работы оборудования непосредственно в помещениях насосных и компрессорных, при выполнении газоопасных работ они могут подвергаться воздействию вредных веществ, превышающих их предельно допустимые концентрации (ПДК).

Особенностью исследуемых условий труда работников является сочетанное воздействие на организм комплекса вредных и опасных факторов производственной среды, однако по выраженности и распространенности ведущим является химический фактор. Данный фактор представлен комплексом вредных веществ 2...4 классов опасности с различным характером действия на организм, включая отдаленные эффекты. При работе технологического оборудования установки в воздушную среду выделяются специфические вредные выбросы, воздействию которых в течение всего рабочего времени подвергается весь персонал установки. Это предельные алифатические углеводороды IV класса опасности; нафтеновые углеводороды, содержащие пяти- и шестичленные кольца с парафиновыми цепями разной длины III–IV классов опасности; моно- и полициклические ароматические углеводороды II–IV классов опасности; гибридные углеводороды; сероводород III класса опасности, оксид углерода IV класса опасности, диоксид азота II класса опасности и др. Причем наибольший выброс предельных алифатических углеводородов ряда C1-C10 (в том числе пропана) регистрируется в пропановой насосной и компрессорной 61,57 и 51,56 мг/м<sup>3</sup> соответственно. Проведенные исследования показали, что при стабильном течении технологического процесса концентрации вредных веществ не превышают соответствующих ПДК.

Особую опасность для работников представляют биологически активные полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), содержащиеся как в сырье, так и в получаемых продуктах изучаемой установки. Биологическая активность ПАУ проявляется в их канцерогенности, слабой мутагенности, тератогенности, эмбриотоксичности и ряде других расстройств организма [1].

В рамках данного исследования проведена оценка неканцерогенного риска – вероятности увеличения общей заболеваемости рабочих, связанной с постоянным содержанием в воздухе рабочих мест ряда химических веществ (поллютантов от стационарных и передвижных источников предприятия): оксида углерода, диоксидов серы и азота, аммиака, сероводорода, бензола, различных алифатических углеводородов, толуола, ксилолов и фенола. Для этого по осредненным среднегодовым концентрациям (от 95 до 365 наблюдений), предоставленным отделом по охране природы и рациональному использованию природных ресурсов ОАО «Нафтан», определенным в пяти различных точках на территории промышленной площадки предприятия, произведена оценка риска возникновения неспецифической патологии.

Оценка риска хронической неспецифической интоксикации осуществлялась за 2009 год, следует отметить, что оцениваемая ситуация является типичной и выявленные показатели загрязнения воздуха рабочих мест сохраняются на протяжении ряда лет. Расчет индексов токсических веществ (НИ) по методике [2] при хроническом воздействии вышеуказанными поллютантами показал, что эти вещества могут вызывать различные уровни риска развития производственно обусловленных нарушений здоровья (НИ равен 0,76 для сердечно-сосудистой системы, 2,64 – для печени, 3,88 – для ЦНС, 4,43 – для крови, 4,95 – для органов дыхания), и заболеваемость работников может превысить средний уровень. Ведущая роль в формировании риска хронической интоксикации из присутствующих в воздухе рабочих зон загрязнителей принадлежит углеводородам, поскольку они вносят наибольший вклад, как в суммарную величину индекса опасности, так и в риск воздействия на кровь, печень и ЦНС.

Вторым по значимости и выраженности воздействия на работников изучаемой установки является шум. Постоянными источниками интенсивного шума на НПЗ являются: технологическое оборудование (особенно форсунки печей, аппараты воздушного охлаждения), вентиляторы, насосное и компрессорное оборудование. Основные источники шума на анализируемой установке: работающие компрессоры, насосы, горелки печей, подогреватели низкого и высокого давления, сепараторы, испарители, нагнетатели, ручной механизированный инструмент, а также системы приточно-вытяжной вентиляции. Так, на установке Деасфальтизации ОАО «Нафтан» уровень шума в компрессорной составляют 87 дБА, что превышает предельно допустимый уровень (ПДУ) на 7 дБА. Шум в помещениях насосных (пропановой и горячей) постоянный, широкополосный, высокочастотный, уровни его в пределах 88 ... 89 дБА. Шум, создаваемый нагревательными печами – максимально наблюдаемый по установке, – широкополосный, превышающий ПДУ на 14 дБА. На наружных установках, временных рабочих местах уровни шума составляют 85 дБА, что превышает ПДУ на 5 дБА. В помещениях операторных, кабинете начальника установки и механика уровни шума не превышают ПДУ (65 дБА) и составляют 59 дБА. Таким образом, наиболее высоким уровням шума подвержены машинисты компрессорных установок и машинисты технологических насосов.

Длительное воздействие интенсивного шума свыше 80 дБА может привести к профессиональной патологии, называемой шумовой болезнью (общее заболевание организма с преимущественным поражением органа слуха, центральной нервной, сердечно-сосудистой и других систем) [3]. Для оценки вероятности профессиональной тугоухости для всех производственно-профессиональных групп на изучаемой установке определен риск воздействия производственного шума в соответствии с моделью индивидуальных порогов действия по методике [4]. Значение рисков свидетельствует, что самый высокий риск возникновения профессиональной тугоухости регистрируется на рабочих местах машинистов технологических насосов (у 15 из 100 % может развиваться неврит слухового нерва при 25-летнем стаже работы).

Проведенные исследования показали, что уровни вибрации в компрессорных, насосных помещениях, на открытых площадках и параметры микроклимата в закрытых помещениях, как правило, соответствуют нормативным значениям. Однако, поскольку аппаратное оформление технологической цепи обуславливает наличие обширных зон обслуживания оборудования, размещенного как в помещениях с большими объемами, так и вне помещений, это может формировать неудовлетворительные микроклиматические условия. В ряде случаев возможна усиленная теплоотдача от насосов и неизолированных трубопроводов.

Выявлено, что воздействие на операторов технологических установок и механика как на пользователей персональных компьютеров неионизирующих электромагнитных полей и излучений не превышает нормативных значений: напряженность электромагнитного поля радиочастот (диапазона час-

тот 5 Гц – 2 кГц) по электрической составляющей находится в пределах 4–23 В/м и электростатического поля до 0,833 кВ/м, аэризация воздуха также в пределах ПДУ.

Освещенность производственных помещений изучаемой установки осуществляется путем устройства общего освещения. Основанием для устройства такого освещения является большой размер освещаемой поверхности и невозможность в ряде случаев установки светильников непосредственно на рабочих местах. Условия освещения, в части обеспечения достаточных уровней искусственного освещения, его равномерности, пульсации светового потока, естественного освещения, отвечают гигиеническим нормам.

В производственной деятельности персонала предприятия гигиенически значимы также особенности организации труда, которые определяют тяжесть и напряженность трудового процесса. В среднем 96 % работников установки на протяжении 11–20 % рабочего времени находятся в неудобной рабочей позе (на корточках, в наклонном положении или в вынужденной позе). Характер трудовых операций у рабочих связан с физическими нагрузками, преимущественно статическими и основная нагрузка при этом приходится на мышцы шеи, плечевого пояса и кисти.

Выполнение производственных операций на изучаемой установке сопровождается выраженным нервно-эмоциональным напряжением, что связано с использованием в технологическом процессе пожаро- и взрывоопасных веществ, чередующейся трехсменной работой. Кроме того, нервно-эмоциональное напряжение наиболее выражено на рабочих местах при выполнении операций под давлением до 4,5 МПа при высоких температурах (до 270°C) на оборудовании, где обращается до 400 тонн пропана, что определяет степень риска для собственной жизни и ответственность за безопасность других лиц, характеризуется повышенной ответственностью за результаты труда. Напряженность труда определяется также высокой сенсорной нагрузкой, которую испытывают 63 % работников.

Общая оценка условий труда рабочих всех производственно-профессиональных групп на изучаемой установке соответствует вредным условиям труда, а именно: 2 степень 3 класса (3.2). Такая оценка формируется за счет выраженности фактора напряженности труда и превышения ПДУ шума. Причем в производственно-профессиональной группе исследуемой установки условия труда характеризуются сочетанием преобладающего (наиболее интенсивного) фактора (для ИТР – напряженность труда, для машинистов и операторов – шум) с комплексом вредных веществ, типичных для технологического процесса. Таким образом, труд работников установки Деасфальтизации ОАО «Нафтан», протекает в неблагоприятных производственных условиях, сопровождающихся комплексным воздействием вредных и опасных производственных факторов различной природы и интенсивности. Все эти условия определяют профессиональный риск и обуславливают развитие профессиональных и производственно обусловленных заболеваний работников.

Для выявления причинно-следственной связи между развитием хронических заболеваний и воздействием вредных производственных факторов были оценены уровни заболеваемости в разрезе основных нозологических групп. Установлено, что в структуре заболеваний работающих на первом месте находятся болезни костно-мышечной системы и опорно-двигательного аппарата (32...56 % в зависимости от года изучения), на втором месте – артериальная гипертензия (до 10 %), на третьем месте – болезни мочевыделительной системы и доброкачественные новообразования и новообразования неопределенного характера; также велика доля болезней глаза и его придаточного аппарата, болезней полости рта, слюнных желез и челюстей, болезней вен, лимфатических сосудов и лимфатических узлов, болезней верхних дыхательных путей. Подобранный группу условного контроля составили работники социально-жилищного комплекса ОАО «Нафтан», а именно, работники ЖКО и детских садов, профессиональная деятельность которых не связана с воздействием вредных производственных факторов, характерных для исследуемой установки. Сравнительная характеристика показателей ЗВУТ позволяет утверждать, что у работников экспонированной группы чаще встречаются, по сравнению с контрольной группой, заболевания сердечно-сосудистой системы, верхних дыхательных путей и болезни полости рта, слюнных желез и челюстей, развитие которых, вероятно, связано с негативным влиянием химического и физических факторов, т. е. их можно отнести к производственно обусловленным заболеваниям.

Проведенный научный анализ результатов комплексного анализа гигиенического состояния производственной среды, технологического процесса, оценки риска воздействия вредных факторов, состояния здоровья работников изучаемой установки позволил разработать ряд мероприятий по улучшению условий труда и сохранению здоровья работающих установки деасфальтизации гудрона пропаном ОАО «Нафтан». Авторами рекомендовано:

1. *Контроль состояния воздуха рабочей зоны:*

- разработать методику учета воздействия на работников низких концентраций веществ при газовой-диффузном загрязнении комплексом токсичных веществ, поскольку химический фактор, который оказывает основное воздействие на здоровье работников, недостаточно учтен при оценке условий труда;

- для защиты органов дыхания от вредных веществ заменить в используемых фильтрующих противогазах коробки БКФ на более эффективный фильтр универсального комбинированного действия ДОТ 600 различных марок;

- заменить устаревшие насосы с сальниковыми уплотнениями на центробежные насосы с двойными торцевыми уплотнениями;

- усовершенствовать устаревшую систему вентиляции в производственных помещениях.

### 2. Мероприятия по борьбе с шумом:

- использование бессальниковых насосов, которые не только герметичны, но и практически бесшумны;

- внедрение малошумных типов асинхронных электродвигателей и форсунок печей;

- изоляция подводящих и отводящих магистралей с газом, звукопоглощающими материалами; внутренняя облицовка стен помещений с повышенном уровне шума звукопоглощающими материалами. Для обеспечения пожаро- и взрывобезопасных свойств рекомендуется использовать резонансную облицовку стен, представляющую собой однородную металлическую панель с квазибесконечными щелевыми резонаторами Гельмгольца;

- использование для защиты органов слуха наушники серии «Тандер», «Лайтинг», «Кларити», противозумные вкладыши Howard Leight и др.

### 3. Мероприятия по улучшению показателей здоровья работающих:

- особое внимание уделять профилактике гипертонической болезни, что довольно часто встречается среди лиц молодого возраста;

- для оздоровления респираторной системы рабочих проводить профилактические и лечебные ингаляции с учетом формы патологического состояния слизистой оболочки верхних дыхательных путей;

- разработать целевые профилактические программы и мероприятия по медико-экологической реабилитации, совершенствовать качество и уровня организации медико-санитарного обслуживания работающих.

## 5. Выводы

Характерной особенностью условий труда работников на установке Деасфальтизации ОАО «Нафтан», является то, что работающие подвергаются сочетанному воздействию профессиональных факторов химической и физической природы. Хотя в большинстве случаев значения этих факторов не выходят за пределы гигиенических нормативов, но в целом комплексное действие их соответствует 3 классу условий труда, 2 степени вредности и опасности. Воздействие химических веществ усугубляется значительной шумовой нагрузкой, выраженности фактора напряженности труда и нервно-эмоциональной нагрузки. Эти производственные факторы способны угрожать здоровью работников, вызывая профессиональные и производственно обусловленные заболевания. Анализ заболеваемости с временной утратой трудоспособности позволил дать объективную оценку состояния здоровья работающих на установке и отнести к производственно обусловленным заболеваниям сердечно-сосудистой системы и верхних дыхательных путей. Для улучшения условий труда разработан комплекс соответствующих оздоровительных мер, в первую очередь, приоритет имеет внедрение таких видов оборудования, которые, не уступая современным агрегатам по технологическим показателям, являются малошумными и обеспечивают полную герметичность.

## Литература

1. Евдокимов, А. Ю. Смазочные материалы и проблемы экологии / а. Ю. Евдокимов, И. Г. Фукс и др. - М.: ГУП Издательство «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2000. – 424 с.
2. Новиков, С.М. Оценка риска для здоровья. Критерии оценки риска для здоровья населения приоритетных химических веществ, загрязняющих окружающую среду: Методические рекомендации/ С.М. Новиков, Ю.А. Рахманин, Н.Н. Филатов и др.-М.: НИИ ЭЧ и ГОС им. А.Н. Сысина РАМН, ММА им. И.М. Сеченой, 2000.- 53 с.
3. Чеботарев, П.А. Анализ факторов риска для здоровья работающих на производстве смазочных масел и битумов / Чеботарев П.А., Булавка Ю.А. //Донозология-2010г. Здоровый образ жизни и полезные для здоровья факторы. Материалы международной конференции 16-17 декабря 2010 г. /под общей ред. Захарченко, Н.П., Щербука Ю.А. – СПб: КРИСМАС, 2010. – С. 381–384.
4. Большаков, А. М. Оценка и управление рисками влияния окружающей среды на здоровье населения: Учеб. пособие для слушателей учреждений системы послевуз. и доп. проф. образования / А.М. Большаков, В.Н. Крутько, Е.В. Пуцилло. – М.: Эдиториал УРСС, 1999. – 254 с.