

Мещакова Н.М., Шаяхметов С.Ф., Рукавишников В.С., Меринов А.В.

Оценка профессионального риска здоровью работников основных профессий алюминиевого производства

ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований»,
665827, Ангарск

Введение. Алюминиевая промышленность России является одним из лидеров в мировом производстве алюминия. Вместе с тем особенности технологии получения алюминия способствуют формированию неблагоприятных условий труда и повышенной опасности для здоровья работающих. В связи с этим актуальным, но недостаточно изученным вопросом в производстве алюминия является оценка профессиональных рисков, устанавливающих вероятность нарушения здоровья работающих.

Материал и методы. Для расчётов профессиональных рисков и допустимого срока работы (стажа) в условиях воздействия химического фактора учитывали методические рекомендации Новокузнецкого НИИ комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний. Использовали значения годового объёма вдыхаемого воздуха и среднесменные среднегодовые концентрации основных токсикантов, загрязняющих воздух рабочей зоны. Расчёты профессиональных рисков осуществляли за временной период 25 лет. Оценку суммарных рисков по отдельным профессиональным группам проводили по правилу сложения вероятностей (рисков), рассчитанных для отдельных химических веществ.

Результаты. Исследованиями установлено, что среднегодовые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны за последние 5 лет были статистически значимо ниже при использовании модернизированной технологии предварительно обожжённых анодов (ТПОА) по сравнению с традиционной технологией самообжигающихся анодов (ТСА). Исключением являлся гидрофторид, концентрации которого не зависели от применяемых технологий, превышая ПДК в 1,7–3 раза. Суммарный риск для здоровья у работников основных профессий за временной период 25 лет находился в пределах от 7,2 до 22,1% при использовании ТСА, что почти в 2 раза выше, чем при использовании ТПОА (от 3,7 до 11,6%). Наиболее высокие уровни риска отмечали в группе работников при использовании ТСА и операторов электролизных ванн при использовании ТПОА, а минимальные – у крановщиков при применении обеих технологий.

Заключение. Использование показателей профессионального риска и допустимых сроков работы в условиях воздействия неблагоприятных производственных факторов позволяет выявить контингент работников с повышенным уровнем воздействия профессиональных вредностей. На основе полученных данных возможно прогнозировать уровни профессиональной заболеваемости, оценить эффективность мероприятий по улучшению условий труда, что играет важную роль в управлении профессиональными рисками.

К л ю ч е в ы е с л о в а : производство алюминия; химический фактор; профессиональные риски; допустимый стаж работы

Для цитирования: Мещакова Н.М., Шаяхметов С.Ф., Рукавишников В.С., Меринов А.В. Оценка профессионального риска здоровью работников основных профессий алюминиевого производства. Гигиена и санитария. 2020; 99 (10): 1106-1111. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-10-1106-1111>

Для корреспонденции: Мещакова Нина Михайловна, доктор мед. наук, доцент, ст. науч. сотр. лаб. эколого-гигиенических исследований ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований». 665834, Ангарск. E-mail: nina.meshchakova@yandex.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Работа выполнена в рамках средств, выделяемых для выполнения государственного задания ФГБНУ ВСИМЭИ.

Участие авторов: Мещакова Н.М. – концепция и дизайн исследования, расчёты рисков, обработка материала, написание статьи, редактирование, утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи; Рукавишников В.С. – концепция и дизайн исследования, редактирование; Шаяхметов С.Ф. – редактирование; Меринов А.В. – участие в обработке материала.

Поступила 10.07.2020

Принята к печати 18.09.2020

Опубликована 30.11.2020

Nina M. Meshchakova, Salim F. Shayakhmetov, Viktor S. Rukavishnikov, Alexey V. Merinov

Assessment of occupational health risk for employees of the main occupations of aluminum production

East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, Angarsk, 665827, Russia Federation

Introduction. The Russian aluminum industry is one of the world's leading producers of aluminum. At the same time, the features of aluminum production technology contribute to the formation of unfavorable working conditions and increased risk to the health of workers. In this regard, an urgent but insufficiently studied issue in the production of aluminum is the assessment of occupational risks that establish the likelihood of health disorders in workers.

Material and methods. The basis of the assessment of occupational risks was the existing regulatory documents (Guidelines) issued by the Federal Center for Hygiene and Epidemiology of Russian Consumer Health and Epidemiology. Existing methodical recommendations and medical technologies were used to calculate occupational risks and allowable working time (experience) under the chemical factor. The values of the annual volume of the air inhaled by the individual of the production environment and the average annual concentrations of toxicants, determined in the air of the working zone of the employees of the main occupational groups, were used. Occupational risk calculations were carried out over a period of 25 years. The total risk assessment for individual occupational groups was conducted under the probability (risk) rule calculated for individual chemicals.

Results. Studies have found the average annual concentrations of harmful substances in the air of the working area over the past 5 years to be significantly lower when using the upgraded electrolysis technology (UET) compared to the traditional technology of self-burning anodes (SBA). The exception was hydrofluoride, whose concentrations did not depend on the technologies used, exceeding the MPC by 1.7 - 3.0 times. The total health risk for employees of the main occupations over a period of 25 years was in the range of 7.2 to 22.1%

when using SBA, which is almost 2 times higher than when using UET (from 3.7 to 11.6 %). The highest levels of risk were observed in the group of workers using SBA and operators of electrolysis baths with UET, and the lowest – in the crane operators using both technologies. **Conclusion.** The use of indices of occupational risk and acceptable working hours under the influence of adverse production factors allows identifying a contingent of employees with an increased level of exposure to occupational hazards. Based on the obtained data, it is possible to predict the levels of occupational morbidity and evaluate the effectiveness of measures to improve working conditions, which plays an important role in managing occupational risk.

К е y o r d s : aluminum production; chemical factor; occupational risks; acceptable work experience

For citation: Meshchakova N.M., Shayakhmetov S.F., Rukavishnikov V.S., Merinov A.V. Assessment of occupational health risk for employees of the main occupations of aluminum production. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2020; 99 (10): 1106-1111. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-10-1106-1111> (In Russ.)

For correspondence: Nina M. Meshchakova, MD, Ph.D., DSci., docent, researcher of the of ecological and hygienic researches, East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, Angarsk, 665827, Russian Federation. E-mail: nina.meschakova@yandex.ru

Information about the authors:

Meshchakova N.M., <https://orcid.org/0000-0002-9772-0199>; Shayakhmetov S.F., <https://orcid.org/0000-0001-8740-3133>
Rukavishnikov V.S., <https://orcid.org/0000-0003-2536-1550>; Merinov A.V., <https://orcid.org/0000-0001-7848-6432>

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgment. The work was performed within the funds allocated for the implementation of the state task East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research.

Contribution: Meshchakova N.M. – research concept and design, risk calculations, material processing, article writing, editing. Rukavishnikov V.S. – research concept and design, editing. Shayakhmetov S.F. – editing. Merinov A.V. – material processing. All coauthors - approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Received: July 01, 2020

Accepted: September 18, 2020

Published: November 30, 2020

Введение

Современная алюминиевая промышленность России является одним из лидеров в мировом производстве алюминия. Вместе с тем технология производства алюминия с использованием фторированного глинозёма с другими химическими соединениями способствует формированию неблагоприятных условий труда в алюминиевой отрасли, которая до настоящего времени по гигиеническим критериям относится к категории повышенной опасности для здоровья работающих [1–7]. Показано, что в электролизных цехах алюминиевых производств работники испытывают влияние комплекса неблагоприятных производственных факторов, среди которых наиболее опасным, с точки зрения влияния на организм, является химический фактор, характеризующийся воздействием на работающих сложной газо-аэрозольной смеси токсикантов. Многочисленными исследованиями [6–12] показано, что среди них наиболее опасными, с точки зрения влияния на здоровье работающих, являются фтористые соединения – фтористый водород, фториды, фторосодержащая пыль, а также возгоны смол, воздействие которых способствует формированию профессиональной заболеваемости [7, 13–18]. В связи с этим особую актуальность в производстве алюминия приобретает проблема оценки профессиональных рисков, играющая важную роль в качестве инструмента охраны здоровья работающих во вредных условиях труда [5, 17, 18]. Тем не менее в производстве алюминия данная проблема до настоящего времени остаётся недостаточно изученной. Имеются немногочисленные данные, касающиеся оценки профессиональных рисков для здоровья работающих [19–21]. Отсутствуют работы по обоснованию допустимого стажа работы в современном производстве алюминия в условиях воздействия химического фактора.

Цель данной работы – оценить профессиональные риски для здоровья от воздействия химического фактора в алюминиевом производстве, обосновать допустимый срок работы в основных профессиях.

Материал и методы

Исследования проводили в электролизных цехах одного из крупных предприятий алюминиевой промышленности Восточной Сибири, входящего в состав крупнейшего в мире производителя алюминия – объединённой компании «РУСАЛ». Предприятие использует традиционную техно-

логию самообжигающихся анодов (ТСА) и современную, модернизированную технологию с предварительно обожжёнными анодами (ТПОА).

Нормативной основой оценки профессиональных рисков являлись действующие Руководства Федерального центра гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора России^{1,2}.

Оценку загрязнения воздуха рабочей зоны электролизных цехов алюминиевого производства, в зависимости от применяемых технологий электролиза, проводили на основании анализа данных ведомственной санитарно-промышленной лаборатории предприятия и собственных исследований. Использовали среднегодовые среднесменные концентрации токсикантов в воздухе рабочей зоны основных профессиональных групп работников за последние 5 лет с учётом разных технологий электролиза алюминия.

Для расчётов профессиональных рисков от воздействия химического фактора и допустимого срока работы (стажа) у работников основных профессий использовали медицинскую технологию, разработанную В.В. Захаренковым и соавт. [22] и методические рекомендации А.П. Михайлуца и соавт. [23].

При расчётах профессиональных рисков, представленных в относительных единицах и в процентах, использовали значения объёма вдыхаемого индивидуумом воздуха и среднегодовые среднесменные концентрации приоритетных токсичных веществ, определяемых в рабочей зоне. Расчёты профессиональных рисков осуществляли по отдельным профессиональным группам с учётом используемых технологий электролиза за временной период 25 лет (стаж работы). Оценку суммарных рисков в профессиональных группах проводили по правилу сложения вероятностей (рисков), рассчитанных по отдельным химическим веществам. Профессиональный риск (Р) рассчитывали по формуле:

$$P = D_{\text{э}} \cdot P_{\text{у}} \cdot 100\%,$$

где Р – величина риска в %; $D_{\text{э}}$ – экспозиционная доза вещества за время контакта с ним в мг/кг/смена; $P_{\text{у}}$ – удельный риск в кг/мг/смена.

¹ Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда». М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора России, 2005. 142 с.

² Р 2.2.1766-03 «Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки». М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. 24 с.

Сравнительная оценка содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны основных профессий электролизных цехов при использовании ТСА и ТПОА за пятилетний период, $M \pm m$

Профессия	Среднегодовая среднесменная концентрация, мг/м ³			
	гидрофторид, ПДКсс 0,1 мг/м ³	фториды нерастворимые, ПДКсс 0,5 мг/м ³	взвешенные вещества (по диалюминий триоксиду), ПДКсс 6,0 мг/м ³	возгоны каменноугольных смол и пеков, ПДКсс 0,2 мг/м ³
Электролизник	0,22±0,03	0,68±0,12	3,4±0,04	0,25±0,04
Оператор по обслуживанию ванн	0,30±0,02	0,36±0,08	2,4±0,5	0,07±0,01**
Анодчик	0,20±0,03	0,35±0,11	4,6 ±0,5	0,2±0,03
Машинист крана	0,19±0,01	0,39±0,03	5,4±0,3	0,20±0,03
Оператор по обслуживанию кранов	0,17±0,01	0,11±0,02*	2,9±0,5**	0,03±0,001**

Примечание. Над чертой профессиональные группы при использовании ТСА, под чертой – при использовании ТПОА; * – различия статистически значимы при $p < 0,05$; ** – при $p < 0,01$.

Экспозиционную дозу за время контакта с вредным веществом рассчитывали по формуле:

$$D_{\text{э}} = \frac{C \cdot Q \cdot N}{M \cdot N \cdot 25 \text{ лет}} \text{ мг/кг/смена,}$$

где C – средняя среднесменная концентрация, мг/м³; Q – объём вдыхаемого воздуха за смену, м³; N – число рабочих смен в году; M – масса тела – 70 кг.

Удельный риск (R_y) рассчитывали по методике, используемой в практике установления стандартов химических веществ в окружающей среде (Агентство охраны окружающей среды США, US ERA) с использованием значения приемлемого риска для неканцерогенных веществ [22, 23] по формуле:

$$R_y = \frac{R_p \cdot M}{Q \cdot \text{ПДК}} \text{ кг/мг/смена,}$$

где R_p – приемлемый риск 0,01; M – масса тела – 70 кг; Q – объём вдыхаемого воздуха за смену.

Для определения безопасного стажа работы при воздействии вредных веществ рассчитывали допустимую стандартную экспозиционную нагрузку (дозу) вредным веществом (H_d) и фактическую нагрузку (H_f) по формулам:

$$H_d = \frac{\text{ПДК} \cdot N \cdot 25 \text{ лет}}{1000} \text{ г,}$$

$$H_f = \frac{C \cdot Q \cdot N}{1000} \text{ г,}$$

где C – средняя среднесменная концентрация вещества, мг/м³; Q – объём вдыхаемого воздуха за смену, м³; N – число рабочих смен в году.

Безопасный стаж работы определяли как отношение H_d/H_f (лет).

Статистическая обработка данных проведена с использованием пакета прикладных программ Statistica 6.1. Для сравнения показателей использовали t -критерий Стьюдента. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты

Основой технологического процесса производства алюминия является электролитическое разложение растворённого в электролите глинозёма (Al_2O_3) с добавлением солей AlF_3 , NaF , CaF_2 и др. при высокой температуре (950–960 °С) и силе постоянного тока от 30 до 350 кА, с использованием традиционной технологии самообжигающихся анодов (ТСА) и модернизированной технологии с предварительно обожжёнными анодами (ТПОА).

Основными профессиями при использовании традиционной ТСА являются электролизники, анодчики и крановщики, а в цехах с модернизированной ТПОА – операторы автоматизированного процесса производства алюминия по обслуживанию электролизных ванн и операторы по обслуживанию кранов. Профессия анодчика устранена.

Гигиенические исследования воздуха рабочей зоны при использовании ТСА и ТПОА (табл. 1) показали, что среднегодовые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны за последние 5 лет статистически значимо ниже при использовании модернизированной ТПОА по сравнению с традиционной ТСА. Исключением явился гидрофторид, концентрации которого не зависели от применяемых технологий, колебались в пределах 0,15–0,30 мг/м³ с превышением гигиенического норматива в 1,7–3 раза. Согласно Руководству 2.2.2006-05, по показателям химического фактора условия труда работников при использовании традиционной ТСА соответствуют вредным классам 3.1–3.2 (по гидрофториду и возгонам смол), а при использовании ТПОА – вредному классу 3.1 (по гидрофториду).

Как видно из данных табл. 2, суммарный профессиональный риск для здоровья у работников основных профессиональных групп за временной период 25 лет находился в пределах от 0,0072 до 0,221 доли от единицы (или от 7,2 до 22,1%) при использовании традиционной ТСА, что почти в 2 раза выше, чем при использовании модернизированной ТПОА (от 0,037 до 0,116 доли единицы (или от 3,7 до 11,6%). Характерно, что при использовании обеих технологий максимальный суммарный уровень профессионального риска отмечали у электролизников, анодчиков и операторов по обслуживанию электролизных ванн (соответственно 0,221, 0,162 и 0,116); а минимальный – у крановщиков и операторов по обслуживанию кранов (соответственно 0,072 и 0,037). Таким образом, в соответствии со шкалой интегрального показателя уровня профессионального риска [5], высокий уровень риска характерен для электролизников ТСА, средний – для анодчиков ТСА и операторов по обслуживанию электролизных ванн ТПОА, а низкий – для машинистов крана и операторов по обслуживанию кранов при обеих технологиях.

Анализ уровней риска в профессиональных группах от воздействия отдельных токсикантов показал, что по фтористому водороду уровни рисков хотя и были наиболее высокими у электролизников, анодчиков ТСА и операторов электролизных ванн ТПОА, тем не менее их величины существенно не отличались в зависимости от применяемых технологий электролиза (у электролизников ТСА – 0,099; у операторов электролизных ванн ТПОА – 0,084). По трём остальным токсикантам отмечено существенное снижение уровней риска при использовании модернизированной ТПОА по сравнению с традиционной ТСА. Так, у электро-

Таблица 2

Показатели профессиональных рисков, связанных с загрязнением воздуха рабочей зоны токсикантами (в долях от единицы)

Профессия	Токсикант				Суммарный уровень риска	Интегральная оценка риска
	гидрофторид, ПДКсс 0,1 мг/м ³	фториды нерастворимые, ПДКсс 0,5 мг/м ³	взвешенные вещества (по диалюминий триоксиду), ПДКсс 6,0 мг/м ³	возгоны смол и пеков, ПДКсс 0,2 мг/м ³		
<i>Технология самообжигающихся анодов (ТСА)</i>						
Электролизник	0,099	0,052	0,021	0,049	0,221	Высокий
Анодчик	0,079	0,019	0,031	0,033	0,162	Средний
Машинист крана	0,033	0,011	0,014	0,014	0,072	Низкий
<i>Модернизированная технология предварительно обожжённых анодов (ТПОА)</i>						
Оператор по обслуживанию ванн	0,084	0,016	0,008	0,008	0,116	Средний
Оператор по обслуживанию кранов	0,024	0,003	0,008	0,002	0,037	Низкий

Таблица 3

Допустимые (безопасные) сроки работы в основных профессиях алюминиевого производства

Профессиональная группа	Экспозиционная доза		Безопасный (допустимый) срок работы, лет
	допустимая стандартная (Нд), г/25 лет	фактическая (Нф), г/год	
<i>Технология самообжигающихся анодов (ТСА)</i>			
Электролизник	5,750	0,506	11,4
Анодчик	5,750	0,460	12,5
Крановщик	2,300	0,175	13,1
<i>Модернизированная технология предварительно обожжённых анодов (ТПОА)</i>			
Оператор по обслуживанию электролизных ванн	4,025	0,483	11,9
Оператор по обслуживанию кранов	2,300	0,156	15,0

лизников это снижение составило: по фтористым солям – в 3,2 раза, по взвешенным веществам – в 2,6 раза, по возгонам смол – в 6,1 раза; у операторов по обслуживанию кранов: по фтористым солям – в 3,6 раза, по взвешенным веществам – в 1,8 раза, по возгонам смол – в 7,1 раза.

Полученные данные относительно профессиональных рисков позволили рассчитать безопасные сроки работы в указанных профессиях алюминиевого производства при воздействии химического фактора. Расчёты допустимого срока работы проводили с учётом показателей среднесменных концентраций и нормируемой величины гидрофторида в воздухе рабочей зоны как наиболее опасного загрязнителя воздуха рабочей зоны, вклад которого в суммарный профессиональный риск в разных профессиях составлял от 44 до 72%.

Как видно из данных табл. 3, допустимый (безопасный) срок работы у работников основных профессиональных групп алюминиевого производства от воздействия гидрофторида находился в пределах от 11,3 до 15 лет. Наиболее опасный уровень допустимого стажа отмечали у электролизников и анодчиков, работающих по традиционной ТСА (соответственно 11,4 и 12,5 года) и у операторов по обслуживанию электролизных ванн при использовании модернизированной ТПОА (11,9 года). Дальнейшее продолжение их работы в условиях воздействия химического фактора связа-

но с большим риском формирования профессиональной патологии. Менее опасный уровень допустимого срока работы от воздействия гидрофторида установлен у крановщиков в условиях традиционной ТСА (13,1) и у операторов по обслуживанию кранов (15,0).

Обсуждение

В настоящее время в медицине всё большее внимание уделяется проблеме оценки профессиональных рисков, устанавливающих вероятность нарушения здоровья и играющая важную роль в качестве инструмента охраны здоровья работающих во вредных условиях труда [5, 18, 22]. Алюминиевая промышленность до настоящего времени по гигиеническим критериям относится к категории повышенной опасности для здоровья работающих, о чём свидетельствуют многочисленные литературные данные. Несмотря на постоянное техническое совершенствование производства и модернизацию оборудования, работники продолжают испытывать влияние комплекса вредных производственных факторов, основными из которых по воздействию на организм являются фтористые соединения. В этой связи чрезвычайно важными в производстве алюминия являются исследования по оценке профессиональных рисков, изучению которых уделяется недостаточное внимание в отрасли. Выполненные авторами расчёты рисков для основных профессиональных групп алюминиевого производства позволили установить, что наибольшие величины суммарного профессионального риска имели электролизники и анодчики при использовании традиционной ТСА (0,116–0,221 доли от единицы), а также операторы по обслуживанию электролизных ванн при использовании модернизированной ТПОА (0,116) за счёт основного и наиболее опасного токсиканта – гидрофторида, вклад которого в риски нарушения здоровья составляет в разных профессиональных группах от 6,3 до 44,7%. Наименьшие уровни риска отмечены у крановщиков как при использовании традиционной ТСА, так и в условиях модернизированной ТПОА (соответственно 0,072 и 0,037).

Полученные результаты согласуются с исследованиями других авторов, ранее изучавших профессиональные риски на производстве алюминия в другом регионе России [20, 24]. Выполненные расчёты безопасного срока работы для работников основных профессиональных групп в условиях воздействия химического фактора показали их допустимую длительность работы от 11,4 до 15 лет. Наименьшими эти сроки были у электролизников традиционной ТСА и операторов по обслуживанию электролизных ванн ТПОА (соответственно 11,4 и 11,9 года), дальнейшая работа

которых в условиях влияния химического фактора связана с высоким риском формирования производственно-обусловленной и профессиональной патологии.

Следует отметить, что данными исследованиями выявлена незначительная разница в показателях допустимого срока работы, рассчитанных по гидрофториду, как наиболее опасному токсиканту с точки зрения воздействия на организм. Это, очевидно, объясняется тем, что представленные в статье данные оценки загрязнённости воздуха рабочей зоны токсикантами, а также результаты ранее проведённых исследований [12, 25, 27] свидетельствуют что уровни загрязнения воздуха рабочей зоны гидрофторидом в отличие от других указанных загрязнителей воздушной среды не зависели от модернизации технологического процесса электролиза и по-прежнему превышали нормируемый уровень. Указанное согласуется с исследованиями других авторов, изучавших влияние модернизации технологии электролиза алюминия на уровни загрязнённости воздуха рабочей зоны [20, 24].

Данное исследование по оценке профессиональных рисков касалось химического фактора алюминиевого производства как основного и наиболее опасного для здоровья. Однако совершенно очевидно, что помимо химического фактора в формировании нарушений здоровья работников алюминиевого производства, в том числе и профессиональной патологии, необходимо учитывать сочетанное воздействие на работающих вредных веществ с другими вредными факторами, такими как неблагоприятный микроклимат, шум, вибрация, магнитные поля, тяжесть труда [7, 24, 26].

Заключение

Таким образом, на основе оценки профессиональных рисков и обоснования допустимого стажа работы в основных профессиях алюминиевого производства показано, что работа в условиях воздействия химического фактора связана с высоким риском формирования производственно-обусловленной и профессиональной заболеваемости. Наиболее опасным загрязнителем воздуха рабочей зоны, вносящим более чем 70%-й вклад в формирование профессионального риска, является гидрофторид, обуславливающий наиболее высокие уровни риска у электролизников и анодчиков, особенно при использовании традиционной технологии электролиза (ТСА). Указанное делает весьма актуальной проблему дальнейшего совершенствования инженерных решений по снижению загрязнённости воздуха рабочей зоны токсикантами (повышение эффективности работы газоочистных отсосов от электролизных ванн, применение сухой газоочистки улавливаемых вредностей в реакторах и рукавных фильтрах, увеличение мощности аэрации залов электролизёров). Оценка уровней профессионального риска и обоснование допустимых сроков работы в условиях воздействия неблагоприятных производственных факторов алюминиевого производства позволяет выявить контингент работников с повышенным уровнем воздействия профессиональных вредностей. В совокупности, на основе полученных данных, возможно прогнозировать уровень профессиональной заболеваемости, оценить эффективность мероприятий по улучшению условий труда и качество работы профпатологической службы, что играет важную роль в управлении профессиональными рисками.

Литература

(п.п. 6, 11, 14–16 см. References)

- Захаренков В.В., Колядо В.Б., Бурдейн В.А., Олешко А.М., Вибляя И.В., Панёв Н.И. и соавт. *Здоровье и сохранение трудового потенциала населения крупного промышленного региона*. Новокузнецк: Полиграфист; 2011.
- Рослый О.Ф., Лихачева Е.И., ред. *Медицина труда при электролитическом получении алюминия*. Екатеринбург; 2011.
- Измеров Н.Ф., Бухтияров И.В., Прокопенко Л.В., Кузьмина Л.П., Соркина Н.С., Бурмистрова Т.Б. и соавт. Современные аспекты сохранения и укрепления здоровья работников, занятых на предприятиях по производству алюминия. *Медицина труда и промышленная экология*. 2012; (11): 1–7.
- Чеботарев А.Г., Дурагин И.Н. Оздоровление условий труда – важная задача по сохранению здоровья работников алюминиевых заводов. *Металлург*. 2017; (10): 9–12.
- Бодиенкова Г.М., Тимофеева С.С., Мешакова Н.М., Боклаженко Е.В. *Условия труда и профессиональные риски нарушений здоровья у работников алюминиевой промышленности*. Иркутск; 2015.
- Калинина О.Л., Лахман О.Л., Зобнин Ю.В. Оценка условий труда основных профессий современного алюминиевого производства. *Сибирский медицинский журнал*. 2012; 113(6): 122–6.
- Рослый О.Ф., Плотко Э.Г., Федорук А.А., Слышкина Т.В. Приоритетные факторы профессионального риска при электролизе алюминия. *Здоровье населения и среда обитания*. 2013; (9): 19–21.
- Шаяхметов С.Ф., Лисецкая Л.Г., Меринов А.В. Оценка токсикологического фактора в производстве алюминия (аналитический обзор). *Медицина труда и промышленная экология*. 2015; (4): 30–5.
- Лисецкая Л.Г., Шаяхметов С.Ф., Меринов А.В., Мешакова Н.М. Оценка загрязнения воздуха рабочей зоны фтористыми соединениями и их содержание в биосредах у работников алюминиевого производства. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(1): 36–8.
- Мешакова Н.М., Меринов А.В., Шаяхметов С.Ф., Лисецкая Л.Г. Оценка экспозиционных нагрузок химическими веществами у работников основных профессий алюминиевого производства Восточной Сибири. *Медицина труда и промышленная экология*. 2019; 59(7): 406–11. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-7-406-411>
- Чеботарёв А.Г., Дурагин И.Н. Условия труда и риск развития профессиональных заболеваний у работников предприятий алюминиевой промышленности. *Металлург*. 2013; (8): 4–7.
- Данилов И.П., Захаренков В.В., Олешенко А.М. Мониторинг профессионального риска как инструмент охраны здоровья работающих во вредных условиях труда. *Гигиена и санитария*. 2007; 86(3): 49–50.
- Симонова Н.И., Низяева С.Г., Назаров С.Г., Журавлева Е.А., Кондрова Н.С., Степанов Е.Г. и соавт. Сравнительный анализ результатов оценки профессионального риска на основе различных методических подходов. *Медицина труда и промышленная экология*. 2012; (1): 13–9.
- Захаренков В.В., Данилов И.П., Олешенко А.М., Суржиков Д.В., Панаютти Е.А., Бурдейн А.В. и соавт. Оценка профессионального и экологического рисков для здоровья работников алюминиевой промышленности. *Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук*. 2009; (1): 75–8.
- Захаренков В.В., Олешенко А.М., Суржиков Д.В., Данилов И.П., Кислицына В.В., Корсакова Т.Г. Определение вероятности нанесения ущерба здоровью работников алюминиевой промышленности в результате воздействия токсичных веществ. *Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук*. 2013; (3–2): 75–8.
- Тимофеева С.С., Тимофеев С.С. Оценка ретроспективных профессиональных рисков на алюминиевых предприятиях Иркутской области. *Вестник Иркутского государственного технического университета*. 2014; (10): 114–20.
- Захаренков В.В., Олешенко А.М., Данилов И.П. *Автоматизированная информационная система оценки профессионального риска для здоровья работников промышленных предприятий (медицинская технология)*. Новокузнецк; 2013.
- Михайлуц А.П., Першин А.Н., Цигельник М.И., Алексеев В.Б., Куракин В.А. *Расчёт индивидуальных рисков профессиональных хронических заболеваний и отравлений, безопасного стажа работы. Методические рекомендации*. Кемерово; 2000.
- Федорук А.А., Рослый О.Ф., Слышкина Т.В., Плотко Э.Г., Лемяев М.Ф. Актуальные вопросы гигиены труда при эксплуатации сверхмощных электролизёров для получения алюминия. *Медицина труда и промышленная экология*. 2012; (11): 13–7.
- Шаяхметов С.Ф., Мешакова Н.М., Лисецкая Л.Г., Меринов А.В., Журба О.М., Алексеенко А.Н. и соавт. Гигиенические аспекты условий труда в современном производстве алюминия. *Гигиена и санитария*. 2018; 97(10): 899–904. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-10-899-904>
- Сюрин С.А. Цена крылатого металла. Условия труда и состояние здоровья рабочих алюминиевой промышленности в Кольском Заполярье. *Безопасность и охрана труда*. 2012; (4): 63–5.
- Мешакова Н.М., Шаяхметов С.Ф., Меринов А.В., Лисецкая Л.Г. Гигиенический мониторинг воздуха рабочей зоны и оценка экспозиционных химических нагрузок в современном производстве алюминия. *Безопасность труда в промышленности*. 2020; 9: 50–6. <https://doi.org/10.24000/0409-2961-2020-9-50-56>.

References

- Zakharenkov V.V., Kolyado V.B., Burdeyn V.A., Oleshko A.M., Viblaya I.V., Panev N.I., et al. *Health of Large Region of Industrial Population and Preservation of Labor Potential [Zdorov'e i sokhranenie trudovogo potentsiala naseleniya krupnogo promyshlennogo regional]*. Novokuznetsk; 2011. (in Russian)
- Roslyy O.F., Likhacheva E.I., eds. *Medicine of Labor for Electrolytic Aluminum production. [Meditsina truda pri elektroliticheskom poluchenii alyuminiya]*. Ekaterinburg; 2011. (in Russian)
- Izmerov N.F., Bukhtiyarov I.V., Prokopenko L.V., Kuz'mina L.P., Sorkina N.S., Burmistrova T.B., et al. Contemporary aspects of maintenance and promotion of health of the workers employed at the aluminum production enterprises. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2012; (11): 1–7. (in Russian)
- Chebotaev A.G., Duryagin I.N. Improvement of working conditions is important task to preserve health of employees of aluminum plants. *Metallurg*. 2017; (10): 9–12. (in Russian)
- Bodienkova G.M., Timofeeva S.S., Meshchakova N.M., Boklazhenko E.V. *Working Conditions and Professional Risks of Health Disorders in Workers of the Aluminum industry. [Usloviya truda i professional'nye riski narusheniy zdorov'ya u rabotnikov alyuminiyevoy promyshlennosti]*. Irkutsk; 2015. (in Russian)
- Dando N., Xu W., Peace J.N. Continuous measurement of peak hydrogen fluoride exposures in aluminum smelter potrooms: instrument development and in-plant evaluation. *J. Occup. Environ. Hyg.* 2008; 5(2): 67–74. <https://doi.org/10.1080/15459620701789884>
- Kalinina O.L., Lakhman O.L., Zobnin Yu.V. Evaluation of the working conditions of the main occupations of the modern alumina production. *Sibirskiy meditsinskiy zhurnal*. 2012; 113(6): 122–6. (in Russian)
- Roslyy O.F., Plotko E.G., Fedoruk A.A., Slyshkina T.V. Priority factors of occupational risk under the conditions of aluminum electrolysis. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*. 2013; (9): 19–21. (in Russian)
- Shayakhmetov S.F., Lisetskaya L.G., Merinov A.V. Evaluation of toxic dust factor in aluminium production (analytic review). *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2015; (4): 30–5. (in Russian)
- Lisetskaya L.G., Shayakhmetov S.F., Merinov A.V., Meshchakova N.M. Evaluation of workplace air pollution with fluor compounds and their contents of biologic media in aluminium production workers. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2017; 96(1): 36–8. (in Russian)
- Tabereaux A.T., Peterson R.D. Aluminum Production. In: Seetharaman S., ed. *Treatise on Process Metallurgy. Volume 3: Industrial Processes*. Amsterdam: Elsevier; 2014: 839–917. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-096988-6.00023-7>
- Meshchakova N.M., Merinov A.V., Shayakhmetov S.F., Lisetskaya L.G. Assessment of exposure loads of chemicals in workers of the main professions of aluminum production in Eastern Siberia. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2019; 59(7): 406–11. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-7-406-411> (in Russian)
- Chebotaev A.G., Duryagin I.N. Working conditions and risk of development of occupational diseases in employees of enterprises of aluminium industry. *Metallurg*. 2013; (8): 4–7. (in Russian)
- Susheela A.K., Mondal N.K., Singh A. Exposure to fluoride in smelter workers in a primary aluminum industry in India. *Int. J. Occup. Environ. Med.* 2013; 4(2): 61–72.
- Shaaban L.H., Zayet H.H., Aboufaddan H.H., Elghazally S.A. Respiratory hazards: clinical and functional assessment in aluminum industry workers. *Egypt. J. Chest Dis. Tuberc.* 2016; 65(2): 537–43. <https://doi.org/10.1016/j.ejcdt.2016.01.004>
- Zhang Y., Sun M., Hong J., Han X., He J., Shi W. Environmental footprint of aluminum production in China. *J. Clean. Prod.* 2016; 133: 1242–51. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.04.137>
- Danilov I.P., Zakharenkov V.V., Oleshchenko A.M. Monitoring of an occupational risk as a tool of workers' health care under harmful conditions. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2007; 86(3): 49–50. (in Russian)
- Simonova N.I., Nizyaeva S.G., Nazarov S.G., Zhuravleva E.A., Kondrova N.S., Stepanov E.G., et al. Comparative analysis of occupational risk evaluation results through various methodic approaches. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2012; (1): 13–9. (in Russian)
- Zakharenkov V.V., Danilov I.P., Oleshchenko A.M., Surzhikov D.V., Panaiotti E.A., Burdeyn A.V., et al. Estimation of occupational and ecological risks for health of aluminium workers. *Byulleten' Vostochno-Sibirskogo nauchnogo tsentra Sibirskogo otdeleniya Rossiyskoy akademii meditsinskikh nauk*. 2009; (1): 75–8. (in Russian)
- Zakharenkov V.V., Oleshchenko A.M., Surzhikov D.V., Danilov I.P., Kislytsyna V.V., Korsakova T.G. Determination of the probability of the damage to the health of workers in aluminium production due to the exposure to toxic substances. *Byulleten' Vostochno-Sibirskogo nauchnogo tsentra Sibirskogo otdeleniya Rossiyskoy akademii meditsinskikh nauk*. 2013; (3–2): 75–8. (in Russian)
- Timofeeva S.S., Timofeev S.S. Evaluation of historical occupational risks at Irkutsk region aluminum enterprises. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2014; (10): 114–20. (in Russian)
- Zakharenkov V.V., Oleshchenko A.M., Danilov I.P. *Automated Information System for Assessing Occupational Health Risks for Industrial Workers (Medical Technology) [Avtomatizirovannaya informatsionnaya sistema otsenki professional'nogo riska dlya zdorov'ya rabotnikov promyshlennykh predpriyatii (meditsinskaya tekhnologiya)]*. Novokuznetsk; 2013. (in Russian)
- Mikhayluts A.P., Pershin A.N., Tsigel'nik M.I., Alekseev V.B., Kurakin V.A. *Calculating Individual Risks of Professional Chronic Diseases and Poisonings, Safe Experience. Methodical Recommendations [Raschet individual'nykh riskov professional'nykh khronicheskikh zabolevaniy i otravleniy, bezopasnogo stazha raboty. Metodicheskie rekomendatsii]*. Kemerovo; 2000. (in Russian)
- Fedoruk A.A., Roslyy O.F., Slyshkina T.V., Plotko E.G., Lemyasev M.F. Issues of occupational health in the aluminium plant with superpower equipment. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2012; (11): 13–7. (in Russian)
- Shayakhmetov S.F., Meshchakova N.M., Lisetskaya L.G., Merinov A.V., Zhurba O.M., Alekseenko A.N., et al. Hygienic aspects of working in the modern production of aluminum. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2018; 97(10): 899–904. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-10-899-904> (in Russian)
- Syurin S.A. The price of “winged” metal. Working conditions and health status of aluminum industry workers in the Kola Arctic. *Bezopasnost' i okhrana truda*. 2012; (4): 63–5. (in Russian)
- Meshchakova N. M., Shayakhmetov S. F., Merinov A.V., Lisetskaya L.G. Hygienic monitoring of working area air and assessment of exposure chemical loads in modern aluminum production. *Occupational safety in industry*. 2020; 9: 50–6. <https://doi.org/10.24000/0409-2961-2020-9-50-56>.