

Мещакова Н.М., Дьякович М.П., Шаяхметов С.Ф., Лисецкая Л.Г.

## ФОРМИРОВАНИЕ РИСКОВ НАРУШЕНИЯ ЗДОРОВЬЯ У РАБОТНИКОВ, ЭКСПОНИРОВАННЫХ РТУТЬЮ

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

**Введение.** Современные технологии позволяют существенно снизить содержание ртути в воздухе рабочей зоны на предприятиях с ртутным электролизом. В этих условиях представляет интерес оценка рисков нарушения здоровья с учётом экспозиционных ртутных нагрузок для обоснования этиологической роли ртути в формировании нарушений здоровья у работников.

**Материал и методы.** Исследования включали изучение содержания ртути в воздухе рабочей зоны за многолетний период, оценку здоровья работников по результатам медицинских осмотров и количественной оценки рисков основных общепатологических синдромов. Экспозиционные нагрузки ртутью рассчитывались на основе авторских методических рекомендаций и нормативно-методических документов.

**Результаты.** В цехах ртутного электролиза значительные концентрации ртути (до 8–20 ПДК) регистрировались в период с 1987 по 1992 г. С исключением ртути из технологического процесса её концентрации не стали превышать гигиенический норматив. Однако в этих условиях у работников выявлены высокие уровни рисков нарушения здоровья и заболеваемости, особенно со стороны нервно-психической сферы, а также статистически значимые зависимости между показателями заболеваемости и величинами экспозиционных ртутных нагрузок.

**Обсуждение.** В нашем исследовании в условиях существенного снижения уровней воздействия ртути у работников по-прежнему преобладают риски функциональных неврологических нарушений, а также болезни нервной системы и психические расстройства. Несмотря на противоречивые данные литературы о развитии нейropsychических эффектов ртути во времени, в нашем исследовании этиологическая роль ртути в нарушении здоровья у работников подтверждается выявлением корреляционных связей между показателями нарушений здоровья со стороны нервной и психической сферы и длительностью работы в профессии, а также величинами экспозиционных нагрузок токсикантом.

**Заключение.** Исследование позволило связать выявленные изменения в состоянии здоровья работников с накопленным воздействием ртути, а также рекомендовать использование показателей экспозиционных химических нагрузок для обоснования связи заболеваемости с профессией.

**Ключевые слова:** производство каустика; мониторинг содержания ртути в воздухе рабочей зоны; экспозиционные нагрузки ртутью; риски основных общепатологических синдромов; заболеваемость.

**Для цитирования:** Мещакова Н.М., Дьякович М.П., Шаяхметов С.Ф., Лисецкая Л.Г. Формирование рисков нарушения здоровья у работников, экспонированных ртутью. *Гигиена и санитария*. 2018; 97(10): 945–950 DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-10-945-950>

**Для корреспонденции:** Мещакова Нина Михайловна, доктор мед. наук, доц., ст. науч. сотр. лаб. эколого-гигиенических исследований ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований». E-mail: [nina\\_meschakova@yandex.ru](mailto:nina_meschakova@yandex.ru)

Meshchakova N.M., Dyakovich M.P., Shayakhmetov S.F., Lisetskaya L.G.

## FORMATION OF RISKS FOR A HEALTH DISASTER IN WORKERS, EXPOSED TO MERCURY

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

**Introduction.** Modern technologies make it possible to significantly reduce the mercury content in the air of the working zone at enterprises with mercury electrolysis. Under these conditions, it is of interest to assess the risks of health disorders, taking into account exposure to mercury loads to justify the etiological role of mercury in the formation of health problems in workers.

**Material and methods.** The studies included the evaluation of the mercury content in the air of the working area for a long period, the assessment of the health of workers on the results of medical examinations and quantitative assessment of the risks of the main general pathological syndromes. Exposure loads of mercury were calculated on the basis of the author's guidelines and normative-methodical documents.

**Results.** In mercury electrolysis shops significant mercury concentrations (up to 8–20 MACs) were recorded in the period from 1987 to 1992 with the exception of mercury from the technological process, its concentrations do not exceed the hygienic standard. However, in these conditions, the workers were found to have high levels of health risks and morbidity, especially from the neuropsychic sphere, as well as statistically significant relationships between morbidity rates and exposure values of mercury loads.

**Discussion.** In our study, with significantly reduced exposure to mercury, workers remain to be at risk of functional neurological disorders, as well as diseases of the nervous system and mental disorders. Despite the contradictory literature data on the development of neuropsychic effects of mercury in time, in our study, the etiological role of mercury in workers' health is confirmed by the identification of correlations between the indices of health disorders of the nervous and mental sphere and the duration of work in the occupation, as well as the values of exposure loads by the toxicant.

**Conclusion.** *The study made it possible to relate the identified changes in the health status of workers with the accumulated exposure to mercury, as well as to recommend the use of indices of the exposure to chemical loads to justify the relationship of morbidity with the occupation.*

**Key words:** *production of caustic soda; monitoring of mercury content in the air of the working area; exposure loads of mercury; risks of major general pathological syndromes; morbidity.*

**For citation:** Meshchakova N.M., Dyakovich M.P., Shayakhmetov S.F., Lisetskaya L.G. Formation of risks for a health disaster in workers, exposed to mercury. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2018; 97(10): 945-950. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-10-945-950>

**For correspondence:** Nina M. Meshchakova, MD, Ph.D., DSci., associate professor, researcher of the Laboratory of ecological and hygienic researches, East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, Angarsk, 665827, Russian Federation. E-mail: [nina.meshchakova@yandex.ru](mailto:nina.meshchakova@yandex.ru)

**Information about authors:**

Meschakova N.M., <https://orcid.org/0000-0002-9772-0199>; Dyakovich M.P., <https://orcid.org/0000-0002-5970-5326>; Shayakhmetov S.F., <https://orcid.org/0000-0001-8740-3133>; Lisetskaya L.G., <https://orcid.org/0000-0002-0876-2304>.

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

*Acknowledgment.* The work was carried out at the expense of funds allocated as part of the financing of the state assignment for the East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research.

Received: 12 July 2018

Accepted: 18 October 2018

## Введение

В классических работах А.А. Кеворкьян, Э.А. Дрогичиной, И.М. Трахтенберга ещё в 60-х годах XX века доказан профессиональный генез неврологических и поведенческих расстройств, нарушений функционирования пищеварительной и иммунной систем, лёгких и почек у лиц, подвергающихся хроническому воздействию высоких уровней ртути. Значительную часть лиц, пострадавших от хронической ртутной интоксикации на производстве, составляли работники, занятые в производстве хлора и каустической соды методом ртутного электролиза, преобладавшего в промышленности Западной Европы и США в середине XX века. Лишь с 70-х годов XX века произошло резкое снижение доли указанного метода в среднем до 44,2%, а к 2008 г. в Западной Европе, где по-прежнему сосредоточены основные мощности производств по ртутному методу, его доля в общем производстве хлора и каустической соды (по данным Европейской ассоциации производителей хлора «ЕвроХлор») сократилась до 38% [1]. Во всём мире большое внимание уделяется вопросам снижения эмиссии ртути в воздух рабочей зоны и окружающую среду. Использование в настоящее время современных технологий позволило существенно снизить концентрацию ртути в воздухе рабочей зоны на предприятиях с ртутным электролизом [1]. Более того, в связи с претензиями органов государственного контроля, прессингом средств массовой информации и сформированного отрицательного общественного мнения руководство одного из крупнейших российских химических предприятий реализовало конверсию ртутного производства на мембранную технологию, исключая использование ртути в производстве [2]. В то же время проблема воздействия ртути на организм работников остаётся актуальной. С одной стороны, демеркуризация помещений и оборудования, ликвидация ртутных электролизёров во время конверсии могли повлечь за собой поступление паров ртути в воздух рабочей зоны [3]. С другой стороны, работники, подвергавшиеся воздействию ртути в течение длительного времени, несут определённую экспозиционную (стажевую) ртутную нагрузку, которая может отразиться на их состоянии здоровья. Современные исследования ряда авторов свидетельствуют о возможности развития профессиональных нейротоксикаций у работников химических производств, испытывающих длительное воздействие ртути, с прогрессированием нервно-психических нарушений в отдалённом постконтактном периоде [4–19]. В связи с этим представляет интерес оценка рисков нарушения здоровья в условиях воздействия относительно низких уровней производственного воздействия ртути для обоснования этиологической роли токсиканта в формировании нарушений здоровья у работников.

Цель исследования – оценка рисков нарушения здоровья с учётом экспозиционной ртутной нагрузки.

## Материал и методы

Объектом исследования являлись работники, занятые в производстве каустика методом ртутного электролиза, на крупнейшем химическом комплексе в Восточной Сибири. Гигиенические исследования включали оценку факторов производственной среды и трудового процесса в соответствии с действующими нормативно-методическими документами. Классификацию условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряжённости трудового процесса проводили в соответствии с Руководством Р.2.2.2006–05\*. Ретроспективное изучение состояния воздушной среды в указанном производстве проводилось за 20-летний период по данным ведомственной химико-аналитической лаборатории предприятия, результатам собственных исследований. Ртуть определяли атомно-абсорбционным методом на переносном газо-ртутном анализаторе АГП-01 (диапазон измерений ртути в воздухе составил  $1,0 \cdot 10^{-7} - 9,99 \cdot 10^{-5}$  мг/дм<sup>3</sup>).

Изучение заболеваемости 132 практически здоровых работников мужского пола основных профессий указанного производства, преимущественно в возрасте 30–49 лет (79%), проведено по результатам углублённого медицинского осмотра специалистами клиники Восточно-Сибирского института медико-экологических исследований. Состояние здоровья указанного контингента оценивалось также по количественной оценке рисков основных общепатологических синдромов (РООС) [20]. К группе с минимальным риском отнесены работники, при обследовании которых были установлены величины РООС по всем синдромам не более 0,75; в группу среднего риска – лица с РООС от 0,76 до 0,95, в группу высокого риска – работники с РООС не менее 0,95.

Оценка ртутной экспозиционной нагрузки осуществлялась на основе действующих нормативно-методических документов и авторских методических рекомендаций [20].

Статистическая обработка данных проведена с использованием пакета прикладных программ Statistica 6.1. Для сравнения показателей использовали *t*-критерий Стьюдента. Коэффициент корреляции рассчитывали методом Пирсона. Различия считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ . Результаты представлены в виде среднего значения и стандартной ошибки.

Исследования не ущемляли права и не подвергали опасности благополучие субъектов исследования в соответствии с этическими стандартами Хельсинкской декларации Всемирной ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» (с поправками 2008 г.), а также «Правилами клинической практики в Российской Федерации» (утв. Приказом Минздрава РФ от 19.06.2003 г. № 266), и были проведены с информированного согласия обследуемых лиц.

\* Р 2.2.2006–05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. М.: ФЦГСЭН МЗ России, 2005; Р 2.2.1766.

## Результаты

Ретроспективный анализ загрязнённости воздуха рабочей зоны в указанном производстве за 20-летний период показал, что наиболее высокие концентрации ртути (до 8–20 ПДК) регистрировались в воздухе рабочей зоны цехов ртутного электролиза в период с 1987 по 1992 г. с заметным снижением содержания токсиканта в последующие годы до 2–7 ПДК. С переходом на новую технологию, исключая ртуть из технологического процесса, её концентрации в воздухе рабочей зоны указанного производства, по данным территориального органа Роспотребнадзора по Иркутской области и ведомственной лаборатории предприятия, не превышают гигиенический норматив или определяются на уровне, значительно ниже его. Следует отметить, что содержание других токсикантов (газообразного хлора и хлористого водорода) в воздухе рабочей зоны во все периоды наблюдений определялось в концентрациях, значительно ниже гигиенических нормативов.

Основными профессиональными группами в указанном производстве являются аппаратчики, слесари по ремонту оборудования, инженерно-технические работники (ИТР). Аппаратчики около 60% времени смены осуществляют наблюдение за ходом технологического процесса, его коррекцией непосредственно в цехе, остальное рабочее время они ведут дистанционный контроль из помещения щитовой. Работа аппаратчиков по тяжести характеризуется допустимой физической нагрузкой (класс 2.0), а по напряжённости – к вредному напряжённому труду первой степени (класс 3.1).

Слесари проводят ремонтно-наладочные работы как непосредственно в цехе (от 40 до 80% рабочей смены), так и в ремонтных мастерских (от 20 до 60% рабочей смены), их труд по тяжести относится к вредному тяжёлому труду первой степени (класс 3.1), а по напряжённости – к напряжённому труду лёгкой степени (класс 2.0). Основными обязанностями ИТР является принятие оперативных решений по соблюдению регламента технологического процесса и эффективной работы оборудования. В течение смены они могут находиться как в служебных помещениях, так и непосредственно в цехе, особенно при нарушениях технологического регламента, пусках и остановах оборудования, подвергаясь воздействию более высоких концентраций вредных веществ, чем в обычном режиме. Их труд по тяжести относится к допустимому классу (2.0), а по напряжённости – к вредному напряжённому труду первой степени (класс 3.1).

При переходе производства на технологию, исключая ртуть, условия труда работников по тяжести и напряжённости остались прежними. Однако по содержанию вредных химических веществ в воздухе рабочей зоны условия труда, относящиеся до исключения ртути из технологического процесса к вредным (3 класс, 3–4 степени вредности и опасности), стали относиться к допустимому классу (2.0). Тем не менее общая оценка условий труда соответствует вредному классу первой степени (класс 3.1) за счёт превышения показателя тяжести труда у слесарей и напряжённости труда у ИТР.

Количественная оценка РООС позволила получить распределение работников по величинам риска утраты здоровья (табл. 1). Установлено, что среди обследованных доли лиц со средним и высоким риском нарушений здоровья составляли от 28,4 до

Распределение обследованных работников по группам риска нарушений здоровья с учётом профессиональной принадлежности, % ( $M \pm m$ )

Профессиональная группа	Группа риска		
	минимальная	средняя	высокая
Аппаратчики	71,6 ± 5,2	12,2 ± 3,8	16,2 ± 4,3
Слесари-ремонтники	70,6 ± 4,5	18,6 ± 3,9	10,8 ± 3,1
ИТР	68,4 ± 5,2	15,8 ± 4,2	15,8 ± 4,2
Итого	70,2 ± 2,9	15,9 ± 2,3	13,9 ± 2,2

31,6% и статистически значимо не различались в основных профессиональных группах.

У обследованных работников наиболее распространёнными были риски функциональных нарушений сердечно-сосудистой и нервной систем (42,2 ± 4,3 и 35,6 ± 4,2 соответственно на 100 обследованных, функциональных нарушений ЖКТ и печени – 32,0 ± 4,1), пограничных психических расстройств – 26,0 ± 3,8). Частота функциональных нарушений других систем и органов составляла от 1,6 до 4,4% (табл. 2).

Выявлены статистически значимые различия в количественных показателях риска функциональных нарушений нервной системы в группе аппаратчиков по сравнению с группой ИТР ( $p < 0,05$ ). Наряду с этим установлены прямые, статистически значимые корреляционные зависимости между длительностью работы в профессиях аппаратчика и слесаря и величинами рисков неврологических нарушений и пограничных психических расстройств ( $r = 0,44$  и  $0,40$  соответственно;  $p < 0,05$ ).

По данным углублённого медицинского осмотра менее трети работников (29,6%) были признаны здоровыми. Вместе с тем у 21,3% обследованных диагностировано по 2 заболевания, а у 15,7% – по 3 заболевания. В профессиональном аспекте не было выявлено существенных различий в уровнях накопленной общей заболеваемости (216,0 ± 20,3 случаев на 100 обследованных – у аппаратчиков, 272,0 ± 23,4 – у слесарей и 232,0 ± 22,4 – у ИТР;  $p < 0,05$ ).

В табл. 3 представлены уровни накопленной заболеваемости в профессиональных группах по тем группам и классам болезней, относительно которых выявлены высокие РООС. К ним относятся болезни нервной системы и психические расстройства – 33,1 ± 5,0 на 100 обследованных, болезни желудочно-кишечного тракта и системы кровообращения – 27,8 ± 4,6 и 26,3 ± 4,6, соответственно). При этом болезни нервной системы и психические расстройства статистически значимо преобладали в группе аппаратчиков по сравнению с группами слесарей и ИТР ( $p < 0,05$ ). По уровням заболеваемости системы кровообращения и ЖКТ не выявлено существенных различий в профессиональных группах.

Установлено, что средние величины экспозиционных ртутных нагрузок у слесарей-ремонтников и аппаратчиков достоверно не различались (30,99 ± 4,6 и 27,36 ± 3,6 мг, соответственно), однако были статистически значимо выше, чем у ИТР (11,59 ± 1,4 мг).

Таблица 2

Распространённость средних и высоких величин рисков основных общепатологических синдромов в профессиональных группах (на 100 обследованных, % ( $M \pm m$ ))

Основной общепатологический синдром	Профессиональная группа			Итого, $n = 132$
	Аппаратчики, $n = 48$	Слесари-ремонтники, $n = 53$	ИТР, $n = 31$	
Функциональные неврологические нарушения	43,7 ± 7,2*	37,7 ± 6,7	19,35 ± 7,1	35,6 ± 4,2
Пограничные психические расстройства	31,0 ± 6,7	25,0 ± 5,9	19,0 ± 7,1	26,0 ± 3,8
Функциональные нарушения сердечно-сосудистой системы	39,6 ± 7,1	45,3 ± 6,8	41,9 ± 8,93	42,2 ± 4,3
Функциональные нарушения ЖКТ и печени	40,0 ± 7,0	26,0 ± 6,1	32,0 ± 8,4	32,0 ± 4,1
Функциональные нарушения мочевыделительной системы	8,3 ± 4,2	11,5 ± 4,4	6,5 ± 4,4	6,5 ± 2,0

Примечание. \* – различия статистически значимы между показателями у аппаратчиков и ИТР.

Уровни заболеваемости в профессиональных группах (случаи на 100 обследованных;  $M \pm m$ )

Заболевание	Профессиональная группа			Итого
	аппаратчики	слесари-ремонтники	ИТР	
Болезни нервной системы, психические расстройства и расстройства поведения	46,1 ± 6,3*	25,2 ± 4,2	26,2 ± 4,8	33,1 ± 5,0
Болезни системы кровообращения	25,3 ± 3,8	25,1 ± 3,2	32,1 ± 5,1	26,3 ± 4,5
Болезни ЖКТ и печени	21,5 ± 4,5	34,5 ± 5,5	28,4 ± 4,9	27,8 ± 4,6

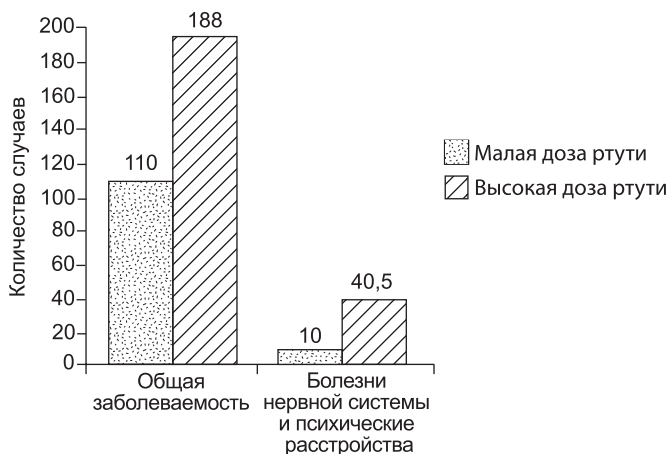
Примечание. \* – различия показателей у аппаратчиков по сравнению с другими профессиональными группами статистически значимы.

С помощью корреляционного анализа у аппаратчиков выявлены слабые, но статистически значимые зависимости между уровнями накопленной заболеваемости как в целом, так и в связи с заболеваниями нервной системы с психическими расстройствами, и величинами экспозиционных ртутных нагрузок ( $r=0,33$  и  $r=0,37$ , соответственно;  $p < 0,05$ ). У слесарей-ремонтников такие зависимости были более выраженными ( $r = 0,49$  и  $r = 0,72$ , соответственно;  $p < 0,05$ ), у них же выявлена зависимость между показателем количества случаев заболеваний сердечно-сосудистой системы и экспозиционной нагрузкой ртутью ( $r = 0,48$ ;  $p < 0,05$ ).

В группе работников основных профессий с малой экспозиционной нагрузкой уровни заболеваемости как в целом, так и в связи с заболеваниями нервной системы и психическими расстройствами были статистически значимо ниже, чем у работников с высокой экспозиционной нагрузкой (рисунок). Было также установлено, что количество практически здоровых лиц в группе работников с малой экспозиционной нагрузкой было больше, чем у работников с высокой экспозиционной нагрузкой (соответственно 47 и 22 на 100 обследованных).

### Обсуждение

Условия труда в производстве каустика на химическом предприятии Восточной Сибири при использовании технологии ртутного электролиза характеризовались значительным загрязнением воздуха рабочей зоны ртутью, концентрации которой в течение многих лет хотя и постепенно снижались, однако значительно превышали гигиенический норматив. Вместе с тем, с переходом на технологию, исключающую ртуть из технологического процесса, токсикант продолжает обнаруживаться в воздухе рабочей зоны этого производства за счёт десорбции от загрязнённого оборудования, стен и др., хотя и в концентрациях значительно ниже гигиенического норматива.



Показатели накопленной заболеваемости в зависимости от степени экспозиционных нагрузок ртутью (случаи на 100 обследованных),  $p < 0,05$ .

Несмотря на существенное снижение интенсивности воздействия ртути, в нашем исследовании, по результатам оценки РООС, наиболее распространёнными у работников оказались риски неврологических нарушений, а по данным углублённого медицинского обследования, – болезни нервной системы, психические расстройства и расстройства поведения, что характерно при воздействии ртути как классического нейротоксиканта [4, 6, 21–27].

В литературе встречается ряд противоречивых сведений о развитии нейропсихических эффектов ртути во времени. Так, метаанализ 36 рецензируемых опубликованных исследований нейропсихологических эффектов профессионального воздействия ртути, проведённый американскими учеными Rohling M.L., Demakis G.J. [28], свидетельствует о небольшой распространённости нейропсихологического дефицита из-за профессионального воздействия ртути, которое трудно обнаружить в каждом конкретном случае. В то же время отечественные авторы и бразильские учёные ведущую роль при воздействии ртути придают изменениям состояния центральной нервной системы [9, 15, 26]. По мнению Elgazali A.A. и соавт. [27], недостаток аналитических методов, который позволил бы идентифицировать виды газообразной ртути, представляет собой проблему, которую необходимо решить, чтобы достичь консенсуса в понимании воздействия ртути во время производственного процесса. Об этиологической роли ртутной экспозиции в формировании указанных нарушений здоровья могут свидетельствовать и выявленные в нашем исследовании прямые корреляционные зависимости между длительностью работы в профессиях аппаратчика и слесаря и величинами выявленных у них рисков неврологических нарушений и пограничных психических расстройств ( $r = 0,44$  и  $r = 0,40$ , соответственно;  $p < 0,05$ ).

В условиях воздействия на работающих низких концентраций токсикантов, что имеет место и в нашем исследовании, весьма важным является выявление причинно-следственных связей между возможными изменениями в состоянии здоровья и величинами экспозиционных химических нагрузок. Установленный нами факт профессиональной обусловленности нарушений здоровья у работников производства каустика подтвердился наличием корреляционных связей между величинами экспозиционных ртутных нагрузок и показателями заболеваемости нервной системы и психических расстройств (у аппаратчиков  $r = 0,33–0,37$  у слесарей  $r = 0,49–0,72$ ;  $p < 0,05$ ). Не исключается и возможная этиологическая роль ртути в распространённости у работников болезней системы кровообращения, если учесть мнение других авторов, что ртутная экспозиция является фактором риска для развития указанных нарушений [29, 30]. Об этом может свидетельствовать и выявленная нами у слесарей корреляционная зависимость между величинами экспозиционных ртутных нагрузок и количеством случаев заболеваний сердечно-сосудистой системы ( $r = 0,48$ ;  $p < 0,05$ ), что также позволяет предположить производственную обусловленность выявленных нарушений здоровья. Тем не менее, в формировании патологии сердечно-сосудистой системы нельзя исключить и влияние напряжённости труда как фактора риска, имеющее значение в профессиях ИТР и аппаратчика указанного производства. Установлено также, что в группе работников основных профессий с малой экспозиционной нагрузкой уровни накопленной заболеваемости как в целом, так и в связи с заболеваниями нервной системы и психическими расстройствами были статистически

значимо ниже, чем у работников с высокой экспозиционной нагрузкой (см. рисунок). При этом количество практически здоровых лиц в группе работников с малой экспозиционной нагрузкой было больше, чем у работников с высокой экспозиционной нагрузкой (соответственно 47 и 22 на 100 обследованных).

Проведение дальнейших исследований по мониторингу не только состояния здоровья и экспозиционных нагрузок ртутью, но и содержания этого токсиканта в биосредах и волосах работников, подвергающихся воздействию малых уровней ртути, а также прекративших работу с ртутью позволит перейти к действенной профилактике развития профессиональных заболеваний и профессионально обусловленных нарушений здоровья.

## Заключение

Таким образом, в нашем исследовании при оценке рисков нарушения здоровья у работников производства каустика применён комплексный подход, заключающийся в использовании расчётов экспозиционных ртутных нагрузок, результатов углублённого медицинского обследования работников, а также результатов количественной оценки рисков основных общепатологических синдромов. Такой подход позволил связать выявленные изменения в состоянии здоровья работников с накопленным воздействием ртути как основного неблагоприятного фактора данного производства, а также рекомендовать использование показателей экспозиционных химических нагрузок для установления связи заболеваемости с профессией и выявления производственно-обусловленных и профессиональных заболеваний.

**Финансирование.** Работа выполнена за счёт средств, выделяемых в рамках финансирования государственного задания ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований».

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Литература

1. Эбериль В.И., Янин Е.П., Ягуд Б.Ю., Потапов И.И. Ртуть в хлорной промышленности России (прошлое, настоящее, будущее). *Научные и технические аспекты охраны окружающей среды*. 2012; 1: 2–80.
2. Мубарак В.Г., Невидимов В.А. Мембранный электролиз ОАО «Саянскхимпласт». Москва, 2007 [*Электронный ресурс*]: URL: [http://www.creonenergy.ru/upload/iblock/87c/Mubarakov\\_Sayanskhimplast.pdf](http://www.creonenergy.ru/upload/iblock/87c/Mubarakov_Sayanskhimplast.pdf) (дата обращения: 10.05.2018).
3. Muadchim M., Phanprasit W., Robson M.G., Sujirarat D., Detchaipitak R. Case study of occupational mercury exposure during decontamination of turnaround in refinery plant. *Int J. Occup Environ Health*. 2017; 23(1):81-6.
4. Clarkson T.W., Vyas J.B., Ballatori N. Mechanisms of mercury disposition in the body. *Am. J. Ind. Med.* 2007; 50: 757-64.
5. Трошин В.В. Последствия хронических профессиональных нейротоксикозов и вопросы нейрореабилитации. *Бюллетень ВСНЦ СО РАМН*. 2009; 1: 201-4.
6. Korbas M.O., Donoghue J.L., Watson G.E. The chemical nature of mercury in human brain following poisoning or environmental exposure. *ACS Chem. Neurosci.* 2010; 1: 810-18.
7. Яблонская Д.А., Мищенко Т.С., Лахман О.Л., Рукавишников В.С., Малышев В.В., Функциональное состояние зрительной системы при хронической ртутной интоксикации. *Медицина труда и промышленная экология*. 2010; 10: 40-4.
8. Paruchuri Y., Siuniak A., Johnson N., Levin E. et al. Occupation and environmental mercury exposure among small-scale gold miners in the Talensi-Nabdam District of Ghana's Upper East region. *Sci. Total Environ.* 2010; 408: 6079-85.
9. Рукавишников В.С., Лахман О.Л., Соседова Л.М., Шаяхметов С.Ф., Кудалева И.В., Бодиев Г.М. и др. Токсические энцефалопатии в отдалённом постконтактном периоде профессиональных нейроинтоксикаций (клинико-экспериментальные исследования). *Медицина труда и промышленная экология*. 2010; 10: 22-6.
10. Дьякович М.П., Казакова П.В. Комплексная оценка психологического статуса и качества жизни пациентов с хронической ртутной интоксикацией. *Бюллетень ВСНЦ СО РАМН*; 2011; 3, (2): 84-8.
11. Алиева Р.Х., Ширалиева Р.К., Халилова С.И. Психосоциальный статус работающих в производстве хлора и соды методом электролиза с ртутным катодом. *Медицина труда и промышленная экология*. 2012; 2: 37-41.
12. Соловьева И.Ю., Дьякович М.П. Проблемы реабилитации пострадавших вследствие хронической ртутной интоксикации профессионального генеза. *Медико-социальная экспертиза и реабилитация*. 2012; 4: 10-4.
13. Дьякович М.П., Катаманова Е.В., Казакова П.В. Количественная оценка динамики состояния здоровья лиц, подвергавшихся воздействию паров ртути на производстве: отдаленный период интоксикации. *Вестник РАМН*; 2013; 2: 12-7.
14. Малов А.М., Сибиряков В.К., Муковский Л.А., Семенов Е.В. Ртуть как фактор риска для здоровья человека. *Известия Самарского НЦ РАН. Социальные, гуманитарные, медико-биологические науки*. 2014; 16(2-5): 907-10.
15. Катаманова Е.В., Рукавишников В.С., Лахман О.Л., Шевченко О.И., Денисова И.А. Когнитивные нарушения при токсическом поражении мозга: клинико-диагностические аспекты. *Журнал неврологии и психиатрии им. Корсакова*. 2015; 2: 11-5.
16. Кудалева И.В., Дьякович О.А., Катаманова Е.В., Попкова О.В., Маснабиева Л.Б. Клинико-биохимическая характеристика нарушений нервной системы и риски основных общепатологических синдромов у работающих на ртутном производстве. *Гигиена и санитария*. 2015; 7 (94): 68-72.
17. Бодиев Г.М., Рукавишников В.С., Боклаженко Е.В. Оценка иммунорегуляторных маркеров в течении нейроинтоксикаций ртутью в постконтактном периоде. *Гигиена и санитария*. 2016; 95(12): 1138-41.
18. Наумова О.В., Кудалева И.В., Маснабиева Л.Б., Дьякович О.А., Белик В.П. Молекулярно-генетические вопросы формирования эндотелиальной дисфункции у лиц, экспонированных ртутью. *Медицина труда и промышленная экология*. 2017; 1: 10-13.
19. Русанова Д.В., Лахман О.Л., Бодиев Г.М., Купцова Н.Г. Механизмы формирования изменений состояния центральной проводящих структур нервной системы при воздействии металлической ртути. *Медицина труда и промышленная экология*. 2017; 1: 42-6.
20. Мешакова Н.М., Дьякович М.П., Шаяхметов С.Ф. Оценка профессионального риска у работников химических производств с учетом экспозиционной токсической нагрузки: методические рекомендации: Утв. научным советом РАМН по медико-экологическим проблемам здоровья работающих. Ангарск: 2013.
21. Российская энциклопедия по медицине труда (ред. Измеров Н.Ф.). *Ртуть и её неорганические соединения*. М.: Медицина. 2005: 415-19.
22. Трахтенберг И.М., Коршун М.Н., Козлов К.П. Ртуть как глобальный химический загрязнитель. *Токсикологический вестник*. 2006; (3): 2-8.
23. Fields C.A., Borak J., Louis E.D. Mercury-induced motor and sensory neurotoxicity: systematic review of workers currently exposed to mercury vapor. *Crit. Rev. Toxicol.* 2017; 47(10): 811-44.
24. Измеров Н.Ф., ред. *Профессиональная патология: национальное руководство*. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011: 241-7.
25. Al-Batanony M.A., Abdel-Rasul G.M., Abu-Salem M.A., Al-Dalatony M.M., Allam H.K. Occupational exposure to mercury among workers in a fluorescent lamp factory, Quisna Industrial Zone, Egypt. *Int. J. Occup. Environ. Med.* 2013; 4(3):149-56.
26. Milioni ALV., Nagy B.V., Moura ALA., Zachi E.C. Barboni MTS., Ventura D.F. Neurotoxic impact of mercury on the central nervous system evaluated by neuropsychological tests and on the autonomic nervous system evaluated by dynamic pupillometry. *Neurotoxicology*. 2017; 59: 263-69.
27. Elgazali A.A., Gajdosechova Z., Abbas Z., Lombi E., Scheckel K.G., Donner E. et al. Reactive gaseous mercury is generated from chlor-alkali factories resulting in extreme concentrations of mercury in hair of workers. *Sci Rep.* 2018; 8(1): 3675.
28. Rohling ML., Demakis G.J. Demakis G.J. A meta-analysis of the neuropsychological effects of occupational exposure to mercury. *Clin Neuropsychol.* 2006; 20(1):108-32.
29. Skoczyńska A., Jedrejko M., Martynowicz H., Poreba R., Affelska-Jercha A., Steinmetz-Beck A. et al. The cardiovascular risk in chemical factory workers exposed to mercury vapor. *Med Pr.* 2010; 61(4): 381-91.
30. Mozaffarian D. Mercury exposure and risk of cardiovascular disease in two U.S. cohorts. *N. Engl. J. Med.* 2011; 364: 1116-25.

## References

- Eberil V.I., Yanin E.P., Yagud B.Y.u., Potapov I.I. Rtut v khlornoy promyshlennosti Rossii (proshloye. nastoyashcheye. budushcheye). *Nauchnyye i tekhnicheskiye aspekty okhrany okruzhayushchey sredy*. 2012; 1: 2–80.
- Mubarakov R.G., Nevidimov V.A. Membrannyy elektroliz OAO «Sayanskhimplast». Moskva.2007[Elektronnyyresurs]:URL[http://www.creonenergy.ru/upload/iblock/87c/Mubarakov\\_Sayanskhimplast.pdf](http://www.creonenergy.ru/upload/iblock/87c/Mubarakov_Sayanskhimplast.pdf) (data obrashcheniya: 10.05.2018).
- Muadchim M., Phanpravit W., Robson M.G., Sujirarat D., Detchaipitak R. Case study of occupational mercury exposure during decontamination of turnaround in refinery plant. *Int J. Occup Environ Health*. 2017; 23(1):81–6.
- Clarkson T.W., Vyas J.B., Ballatori N. Mechanisms of mercury disposition in the body. *Am. J. Ind. Med.* 2007; 50: 757–64.
- Troshin V.V. Consequences of chronic professional neurotoxicosis and issues of neurorehabilitation. *Byulleten VSNC SO RAMN*. 2009; 1: 201–4. (in Russian).
- Korbas M.O., Donoghue J.L., Watson G.E. The chemical nature of mercury in human brain following poisoning or environmental exposure. *ACS Chem. Neurosci.* 2010; 1: 810–18.
- Yablonskaya V.V., Mishchenko T.S., Lakhman O.L., Rukavishnikov V.S., Malyshev V.S. The Functional state of the visual system in chronic mercury intoxication. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2010;10: 40–4. (in Russian).
- Paruchuri Y., Siuniak A., Johnson N., Levin E. et al. Occupation and environmental mercury exposure among small-scale gold miners in the Talensi-Nabdam District of Ghana's Upper East region. *Sci. Total Environ*. 2010; 408: 6079–85.
- Rukavishnikov V. S., Lakhman O. L., Sosedova L. M., Shayakhmetov S. F., Kudaeva I. V., Bodiayenkova G. M. Toxic encephalopathies in the remote post-contact period of professional neurointoxications (kliniko-pilot studies). *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2010; 10: 22–6. (in Russian).
- Dyakovich M. P., Kazakova P. V. Complex assessment of psychological status and quality of life of patients with chronic mercury intoxication. *Byulleten VSNC SO RAMN*. 2009. 2011; 3, (2): 84–8. (in Russian).
- Alieva R. H., Shiraliev R. K., Khalilova S.I Psycho-emotional status of workers in the production of chlorine and soda by electrolysis with mercury cathode. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2012; 2: 37–41.
- Solovyeva, I.Yu., Diakovich M.P. Problemy reabilitatsii postradavshikh v sledstviye khronicheskoy rtutnoy intoksikatsii professionalnogo genoz. *Mediko-sotsialnaya ekspertiza i reabilitatsiya*. 2012; 4: 10–14. (in Russian).
- Dyakovich M.P., Katamanova E.V., Kazakova P.V. Quantitative assessment of the dynamics of the health of persons exposed to mercury vapor in the workplace: long-term period of intoxication. *Herald of the Russian Academy of medical Sciences*. 2013; 2:12–7. (in Russian).
- Malov A.M., Sibiryakov V.K., Mukovskiy L.A., Semenov E.V. Rtut kak faktor riska dlya zdorovia cheloveka. *Izvestiya Samarskogo NC RAN. Socialnye, gumanitarnye, mediko-biologicheskiye nauki*. 2014; 16(5-2): 907–10. (in Russian).
- Katamanova E.V., Rukavishnikov V.S., Lakhman O.L., Shevchenko O.I., Denisova I.A. Cognitive impairment in a toxic lesion of the brain. *Zh Nevrol. end Psikiatr. im S. S. Korsakova*. 2015; 115(2):11–15. (in Russian).
- Kudayeva I.V., Djakovich O.A., Katamanova E.D., Popkova O.V., Masnavieva L.B. Klinikiko-biochemical characteristics of violations of the central nervous system and risks major obshhepatologicheskikh syndromes urabotajushhih on mercury production. *Gigiyena i sanitariya*. 2015.7 (94): 68–72. (in Russian).
- Bodiayenkova G.M., Rukavishnikov V.S., Boklazhenko E.V. Otsenka immunoregulyatornykh markerov v techenii neyrointoksikatsii rtuty v postkontaktnom periode. *Gigiyena i sanitariya*. 2016; 95(12): 1138–41. (in Russian).
- Naumova O.V., Kudayeva I.V., Masnaviyeva L.B., Diakovich O.A., Belik V.P. Molekulyarno-geneticheskiye voprosy formirovaniya endotelialnoy disfunktsii u lits. eksponirovannykh rtutyu. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2017; 1: 10–13. (in Russian).
- Rusanova D.V., Lakhman O.L., Bodiayenkova G.M., Kuptsova N.G. Mekhanizmy formirovaniya izmeneniy sostoyaniya tsentralnykh provodyashchikh struktur nervnoy sistemy pri vozdeystvii metallicheskoy rtuti. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2017; 1: 42–6. (in Russian).
- Meshchakova N.M., Dyakovich M.P., Shayakhmetov S.F. Assessment of occupational take for the workers of chemical productions taking into account the display toxic loading. Methodical recommendations: Utv. by scientific Council of RAMN of mediko-ecological problems of health of workings. Angarsk: 2013. (in Russian).
- Russian encyclopedia of labor medicine (ed. Izmerov N.F). Mercury and its inorganic compounds. M.: medicine. 2005: 415–19. (in Russian).
- Trakhtenberg I.M., Korshun M.N., Kozlov K.P. Mercury as a global chemical contaminant. *Toxicological Herald*. 2006; (3): 2–8. (in Russian).
- Fields C.A., Borak J., Louis E.D. Mercury-induced motor and sensory neurotoxicity: systematic review of workers currently exposed to mercury vapor. *Crit. Rev. Toxicol.* 2017; 47(10): 811–44.
- Izmerov N.F. red. *Professionalnaya patologiya: natsionalnoye rukovodstvo*. M.: GEOTAR Media. 2011: 241–7. (in Russian).
- Al-Batanony M.A., Abdel-Rasul G.M., Abu-Salem M.A., Al-Dalatony M.M., Allam H.K. Occupational exposure to mercury among workers in a fluorescent lamp factory, Quisna Industrial Zone, Egypt. *Int. J. Occup. Environ Med.* 2013 ;4(3):149–56.
- Milioni ALV., Nagy B.V., Moura ALA., Zachi E.C. Barboni MTS., Ventura D.F. Neurotoxic impact of mercury on the central nervous system evaluated by neuropsychological tests and on the autonomic nervous system evaluated by dynamic pupillometry. *Neurotoxicology*. 2017; 59: 263–69.
- Elgazali A.A., Gajdosechova Z., Abbas Z., Lombi E., Scheckel K.G., Donner E. et al. Reactive gaseous mercury is generated from chlor-alkali factories resulting in extreme concentrations of mercury in hair of workers. *Sci Rep*. 2018; 8(1): 3675.
- Rohling ML., Demakis G.J. Demakis G.J. A meta-analysis of the neuropsychological effects of occupational exposure to mercury. *Clin Neuropsychol*. 2006; 20(1):108–32.
- Skoczyńska A., Jedrejko M., Martynowicz H., Poreba R., Affelska-Jercha A., Steinmetz-Beck A. et al. The cardiovascular risk in chemical factory workers exposed to mercury vapor. *Med Pr*. 2010; 61(4): 381–91.
- Mozaffarian D. Mercury exposure and risk of cardiovascular disease in two U.S. cohorts. *N. Engl. J. Med.* 2011; 364: 1116–25.

Поступила 12.07.18  
Принята к печати 18.10.18