

УДК 613.63:669.713.7 (571.5)

Н.М. Мешакова², С.Ф. Шаяхметов^{1, 2}, Л.Г. Лисецкая², А.В. Меринов², О.Л. Калинина³

ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ АЛЮМИНИЯ

¹ ГБОУ ДПО «Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования»
Минздрава России, Иркутск, Россия

² ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», Ангарск, Россия

³ ГБОУ ВПО «Иркутский государственный медицинский университет» Минздрава России, Иркутск, Россия

Основными аэрополлютантами, загрязняющими воздух рабочей зоны цехов электролиза, являются соединения фтора, смолистые вещества, аэрозоль дезинтеграции. Дана сравнительная оценка загрязнённости воздуха рабочей зоны электролизных цехов при эксплуатации электролизёров с самообжигающимися анодами по известной технологии Содерберга и по технологии предварительно обожжённых анодов. Внедрение новых электролизёров способствует не только увеличению единичной мощности оборудования, но и существенному снижению концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

Ключевые слова: производство алюминия, химический фактор при работе электролизёров различных типов

HYGIENIC FEATURES OF CHEMICAL AIR POLLUTION IN ALUMINUM PRODUCTION

N.M. Meshchakova², S.F. Shayakhmetov^{1, 2}, L.G. Lisetskaya², A.V. Merinov², O.L. Kalinina³

¹ Irkutsk State Medical Academy of Continuing Education, Irkutsk, Russia

² East Siberian Institute of Medical and Ecological Research, Angarsk, Russia

³ Irkutsk State Medical University, Irkutsk, Russia

The article presents retrospective assessment of chemical factors in aluminum production over a long follow-up period. The main pollutants of the workplace air are fluorine compounds, resinous substances, and disintegration aerosol. The comparative assessment of the workplace air composition during the operation of electrolytic cells with self-baking anodes and when using a new technology with pre-baked anodes was carried out. The results of the research were processed using standard parametric methods of calculation of mean value and error in mean. It is shown that the introduction of a new technology of pre-baked anodes contributes to the optimization of working environment, reduction of harmful chemicals in the workplace air.

Key words: aluminum production, chemical factor in the operation of electrolytic cells of various types

ВВЕДЕНИЕ

Алюминиевая промышленность является одной из перспективных и быстро развивающихся отраслей цветной металлургии в Восточной Сибири. На её территории функционируют самые крупные предприятия отрасли, определяющие эффективное развитие экономики не только данного региона, но и России в целом. В основе современного технологического процесса получения алюминия лежит электролиз глинозёма, который растворяют в расплавленном криолите. При этом на работников электролизных цехов воздействует комплекс вредных производственных факторов (фторсодержащие соединения, смолистые вещества, пыль сложного химического состава, магнитные поля, шум, тяжёлая физическая нагрузка и др.) [1, 2, 3, 8, 9].

Иркутский алюминиевый завод (ИрАЗ-Суал) является крупнейшим предприятием отрасли. В настоящее время на нём продолжают функционировать электролизёры с самообжигающимися анодами по известной технологии Содерберга с верхним токоподводом с силой тока 135–160 кА. С 2008 г. в серийную эксплуатацию введены новые электролизёры

мощностью 300 кА с высокими технологическими и экологическими стандартами, функционирующие по технологии предварительно обожжённых анодов, оборудованные установками автоматического питания глинозёмом и фторсолями [4]. По данным О.Ф. Рослого с соавт., А.А. Федорук с соавт. [8, 9], проводившими гигиенические исследования на современных алюминиевых заводах Урала и Западной Сибири, указанная технология способствует улучшению условий труда работающих. Это побудило нас провести подобные исследования на современном алюминиевом предприятии в условиях Восточной Сибири.

Целью данной работы явилась сравнительная оценка загрязнённости воздуха рабочей зоны вредными веществами электролизных цехов алюминиевого производства Восточной Сибири при эксплуатации электролизёров различных типов и мощности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Гигиенические исследования проводились на Иркутском алюминиевом заводе в электролизных цехах, использующих электролизёры с самообжи-

гающимися анодами, и в цехах, оборудованных электролизёрами по технологии предварительно обожжённых анодов. Исследование воздуха рабочей зоны на содержание вредных веществ, замеры параметров физических факторов (микроклимат, тепловое излучение, шум, вибрация) проводились в рабочей зоне работников трёх основных профессий (электролизники расплавленных солей, анодчики и крановщики). В цехах, где в процессе электролиза используются предварительно обожжённые аноды, в результате модернизации технологического процесса отсутствует профессия анодчика, а профессия электролизника расплавленных солей заменена на профессию оператора электролиза.

Ретроспективное изучение загрязнения воздуха рабочей зоны вредными веществами проводилось

за многолетний период (с 1974 по 2013 гг.), использовались данные лаборатории производственного контроля предприятия и результаты собственных исследований. Оценка химического фактора включала: расчёты среднегодовых среднесменных концентраций (минимальных, максимальных и средних) фтора и его соединений (гидрофторид, фториды – нерастворимые соли фтористоводородной кислоты), возгонов смол, аэрозолей дезинтеграции. При оценке факторов производственной среды использовались гигиенические и физико-химические методы исследований (фотометрические, спектрофотометрические, гравиметрические) [5, 6, 7].

Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета прикладных программ Statistica 8.0 for Windows. Полученные данные имели

Таблица 1

Данные ретроспективного изучения содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны алюминиевого производства при использовании электролизёров с самообжигающимися анодами по технологии Содерберга

Годы	Среднегодовые среднесменные концентрации, мг/м ³							
	Гидрофторид, ПДК _{сс} 0,1 мг/м ³		Соли фтористоводородной кислоты (фториды), ПДК _{сс} 0,5 мг/м ³		Возгоны смол, ПДК _{сс} 0,2 мг/м ³		Аэрозоль дезинтеграции (по диалюминий триоксиду), ПДК _{сс} 6,0 мг/м ³	
	сс	SD	сс	SD	сс	SD	сс	SD
Рабочая зона электролизников								
1974–1980	0,24	0,04	0,62	0,07	0,60	0,40	4,44	0,69
1981–1985	0,21	0,05	0,41	0,07	0,59	0,38	3,55	0,56
1986–1990	0,28	0,09	0,40	0,08	0,19	0,05	3,86	0,52
1991–1995	0,27	0,02	0,45	0,03	0,24	0,02	4,09	0,16
1996–2000	0,24	0,03	0,53	0,06	0,13	0,02	4,22	0,46
2001–2005	0,18	0,04	0,57	0,12	0,06	0,01	4,18	0,80
2006–2010	0,17	0,04	0,45	0,07	0,27	0,02	4,41	0,70
2011–2013	0,28	0,08	0,53	0,05	0,17	0,04	2,55	0,53
Рабочая зона анодчиков								
1974–1980	0,34	0,06	0,67	0,08	0,63	0,04	4,33	0,81
1981–1985	0,23	0,06	0,44	0,08	0,61	0,03	3,85	0,53
1986–1990	0,28	0,09	0,36	0,08	0,23	0,09	3,63	0,67
1991–1995	0,27	0,03	0,44	0,04	0,29	0,03	3,73	0,20
1996–2000	0,23	0,03	0,56	0,10	0,17	0,02	3,97	0,42
2001–2005	0,18	0,03	0,59	0,12	0,11	0,01	3,95	0,85
2006–2010	0,17	0,02	0,24	0,07	0,29	0,03	7,28	0,80
2011–2013	0,17	0,05	0,16	0,08	0,15	0,03	5,28	0,65
Рабочая зона крановщиков								
1974–1980	0,49	0,12	0,85	0,10	0,29	0,08	4,25	1,32
1981–1985	0,29	0,08	0,5	0,10	0,26	0,25	4,62	0,75
1986–1990	0,39	0,08	0,33	0,12	0,28	0,09	2,89	0,65
1991–1995	0,30	0,03	0,34	0,07	0,23	0,05	3,72	0,33
1996–2000	0,24	0,04	0,43	0,07	0,16	0,07	3,11	0,59
2001–2005	0,20	0,08	0,56	0,19	0,11	0,02	3,55	0,96
2006–2010	0,41	0,10	0,42	0,06	0,27	0,04	5,20	1,26
2011–2013	0,29	0,08	0,33	0,13	0,23	0,03	6,12	1,22

Примечание. сс – среднесменная концентрация; SD – среднеквадратичное отклонение.

нормальное распределение и обработаны статистически стандартными параметрическими методами с вычислением среднего значения и его ошибки, критерия Стьюдента. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Ретроспективное изучение химического фактора в электролизных цехах указанного производства за длительный период наблюдений показало, что основными аэрополлютантами, загрязняющими воздух рабочей зоны, являются фтористые соединения (гидрофторид, соли фтористоводородной кислоты), смолистые вещества, аэрозоль дезинтеграции, содержащий металлическую и фторсодержащую пыль.

Установлено (табл. 1), что при использовании технологии самообжигающихся анодов среднесменные концентрации гидрофторида в разные годы существенно колебались: в рабочей зоне электролизников – от 0,17 до 0,28 мг/м³ (1,7–2,8 ПДК), в рабочей зоне анодчиков – от 0,17 до 0,34 мг/м³ (1,7–3,4 ПДК), при этом в период 1991–1995 гг. в рабочей зоне этих профессий даже минимальные концентрации превышали ПДК. На рабочих местах крановщиков среднегодовые концентрации гидрофторида в разные годы колебались от 0,20 до 0,49 мг/м³ (2,0–4,9 ПДК), наибольшие уровни (до 0,82–0,9 мг/м³) регистрировались в первые годы наблюдений и в период с 2006 по 2010 гг.

Среднегодовые среднесменные концентрации фторидов за изучаемый период составляли: в рабочей зоне электролизников – от 0,40 до 0,62 мг/м³ (0,8–1,24 ПДК), в рабочей зоне анодчиков – от 0,16 до 0,67 мг/м³ (0,32–1,34 ПДК) с тенденцией к заметному снижению уровней загрязнения с 2011 г. На рабочих местах крановщиков среднегодовые среднесменные концентрации фторидов колебались от 0,33 до 0,85 мг/м³ (0,66–1,7 ПДК), при этом с 2011 г. их уровни не превышали гигиенический норматив.

Среднегодовые среднесменные концентрации смолистых соединений в разные годы колебались в широких пределах: наиболее высокими они были в рабочей зоне анодчиков, особенно в первые годы наблюдений – от 0,11 до 0,63 мг/м³ (0,55–6,7 ПДК), в меньшей степени – в рабочей зоне электролизников

(от 0,06 до 0,60 мг/м³ (0,3–3,0 ПДК)) и крановщиков (от 0,11 до 0,29 мг/м³ (0,55–1,45 ПДК)).

Среднегодовые концентрации аэрозолей дезинтеграции за изучаемый период изменялись незначительно и, как правило, не превышали гигиенический норматив: в рабочей зоне электролизников они составляли от 2,55 до 4,44 мг/м³ (0,42–0,74 ПДК), в рабочей зоне анодчиков – от 3,63 до 7,28 мг/м³ (0,6–1,21 ПДК), в рабочей зоне крановщиков – от 2,89 до 6,12 мг/м³ (0,48–1,02 ПДК). Однако в отдельные периоды наблюдений (1981–1985 гг. и 2001–2006 гг. – в рабочей зоне электролизников и анодчиков; 2006–2011 гг. – в рабочей зоне крановщиков) имело место превышение максимальных концентраций аэрозоля до 2–2,5 ПДК.

Как свидетельствуют данные таблицы 2, в электролизных цехах, где в производство внедрены электролизёры с предварительно обожжёнными анодами, среднесменные концентрации вредных химических соединений на основных рабочих местах были статистически значимо ниже, чем при эксплуатации электролизёров с самообжигающимися анодами, за исключением гидрофторида, содержание которого в воздухе рабочей зоны не зависело от типа применяемых анодов ($p > 0,05$), при этом на рабочих местах электролизников и машинистов крана его концентрации по-прежнему более чем в 2 раза превышали гигиенический норматив.

Следует отметить, что работники, непосредственно занятые в электролизных цехах, подвергаются воздействию ряда физических факторов. Оборудование и операции по обслуживанию процесса электролиза (пробивка корки электролита, засыпка глинозёма с использованием машин, движение мостовых кранов, работа пылеборочных машин и др.) являются источниками шума, локальной и общей вибрации. Как показали исследования, в цехах с использованием самообжигающихся анодов значения шумового фактора выше гигиенических нормативов на 5–13 дБА, локальной вибрации – на 5–8 дВ, теплового излучения – на 15 Вт/м². Тяжесть трудового процесса в цехах с самообжигающимися анодами соответствует классам вредности 3.2–3.3, а в цехах с предварительно обожжёнными анодами – 3.1. Микроклимат электролизных цехов существенно зависит от температуры наружно-

Таблица 2

Сравнительная оценка содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны электролизных цехов при использовании различных технологий

Профессии, (рабочая зона)	Среднесменные концентрации (сс), мг/м ³			
	Гидрофторид, ПДК _{сс} 0,1 мг/м ³	Соли фтористоводородной кислоты, ПДК _{сс} 0,5 мг/м ³	Возгоны смол, ПДК _{сс} 0,2 мг/м ³	Аэрозоль дезинтеграции (по диалюминий триоксиду), ПДК _{сс} 6,0 мг/м ³
Электролизник	<u>0,18 ± 0,01</u> 0,27 ± 0,06	0,54 ± 0,05** 0,19 ± 0,01	0,23 ± 0,03*** 0,065 ± 0,01	3,42 ± 0,2** 1,62 ± 0,2
Анодчик*	0,24 ± 0,95 –	0,39 ± 0,04 –	0,23 ± 0,03 –	4,34 ± 0,3 –
Машинист крана	0,36 ± 0,04** 0,22 ± 0,01	0,12 ± 0,03** 0,09 ± 0,01	0,35 ± 0,04** 0,20 ± 0,03	7,36 ± 0,5*** 2,91 ± 0,2

Примечание. Над чертой – концентрации химических соединений при использовании самообжигающихся анодов по технологии Содерберга; под чертой – концентрации химических соединений при внедрении предварительно обожжённых анодов; * – профессия анодчика при внедрении предварительно обожжённых анодов не предусмотрена; ** – различия статистически значимы при $p < 0,01$; *** – различия статистически значимы при $p < 0,001$.

го воздуха и в сравниваемых цехах характеризуется значительными перепадами температур в рабочих зонах (от -15 до $+15$ °C в холодный период года и от $+10$ до $+35$ °C – в теплый). С учетом комбинированного и сочетанного действия вредных и опасных факторов производственной среды и факторов трудового процесса условия труда электролизников, анодчиков и крановщиков, работающих в цехах, оборудованных электролизёрами с самообжигающимися анодами, соответствуют классам вредности 3.3–3.4, а в цехах, где внедрена технология предварительно обожжённых анодов, – классам вредности 3.2–3.3.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ретроспективная оценка химического фактора в электролизных цехах алюминиевого производства за длительный период наблюдений показала, что основными аэрополлютантами, загрязняющими воздух рабочей зоны цехов электролиза, являются соединения фтора, смолистые вещества, аэрозоль дезинтеграции. Наиболее приоритетными из них по частоте обнаружения и превышению гигиенических нормативов являются гидрофторид и возгоны смол. Наибольшие концентрации их наблюдались в цехах с самообжигающимися анодами в рабочей зоне электролизников и анодчиков, где за весь многолетний период наблюдений их средние уровни превышали гигиенический норматив в 2–3 раза, а максимальные среднегодовые концентрации в первые годы наблюдений достигали 4,5–20 ПДК. Установлено, что в цехах, оборудованных электролизёрами по технологии предварительно обожжённых анодов, уровни загрязнения воздуха рабочей зоны вредными веществами (за исключением гидрофторида) в настоящее время существенно ниже, по сравнению с цехами, где функционируют электролизёры с самообжигающимися анодами. Таким образом, совершенно очевидно, что с экономической и гигиенической точек зрения для улучшения условий эксплуатации электролизёров и оптимизации условий труда в электролизных цехах алюминиевого производства необходима планомерная модернизация оборудования, в том числе и с переходом на технологию предварительно обожжённых анодов, отличающуюся высокими технологическими и экологическими стандартами.

ЛИТЕРАТУРА REFERENCES

1. Бодиенкова Г.М., Тимофеева С.С., Мещак ова Н.М., Боклаженко Е.В. Условия труда и профессиональные риски нарушений здоровья у работников алюминиевой промышленности. – Иркутск: Изд. ИРНИТУ, 2015. – 144 с.
2. Bodienskova GM, Timofeeva SS, Meshchakova NM, Boklazhenko EV (2015). Working conditions and occupational health risks in aluminum industry workers [Usloviya truda i professional'nye riski narusheniy zdorov'ya u rabotnikov alyuminiyevoy promyshlennosti], 144.
3. Головкина Н.П., Чеботарев А.Г., Лескина Л.М., Хелковский-Сергеев Н.А., Ершов В.П., Котова Н.И., Королева Е.П., Макеева Л.Г., Пасеков А.Н. Отраслевая медицина труда как основа сохранения здоровья

работающих // Медицина труда и промышленная экология. – 2013. – № 6. – С. 25–29.

Golovkova NP, Chebotarev AG, Leskina LM, Khelkovskiy-Sergeev NA, Ershov VP, Kotova NI, Koroleva EP, Makeeva LG, Pasekov AN (2013). Industrial occupational medicine as the basis for workers' health preservation [Otraslevaya meditsina truda kak osnova sokhraneniya zdorov'ya rabotayushchikh]. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, (6), 25–29.

3. Калинина О.Л., Лахман О.Л., Зобнин Ю.В. Оценка условий труда рабочих основных профессий современного алюминиевого производства // Сибирский медицинский журнал. – 2012. – № 6. – С. 122–126.

Kalinina OL, Lakhman OL, Zobnin YuV (2012). Evaluation of the working conditions of the main occupations in modern aluminum industry [Otsenka usloviy truda rabochikh osnovnykh professiy sovremennogo alyuminiyevogo proizvodstva]. *Sibirskiy meditsinskiy zhurnal*, (6), 122–126.

4. Костюков А.А., Киль И.Г., Никифоров В.П., Баймаков Ю.В., Конторович Я.Е. Справочник металлурга по цветным металлам. Производство алюминия. – М.: Металлургия, 1971. – 560 с.

Kostyukov AA, Kil' IG, Nikiforov VP, Baymakov YuV, Kontorovich YaE (1971). Metallurgist's handbook on nonferrous metals. Aluminium production [Spravochnik metallurga po tsvetnym metallam. Proizvodstvo alyuminiya], 560.

5. МУ 2247-80. Методические указания на фотометрическое определение растворимых и нерастворимых в воде солей фтористоводородной кислоты в воздухе // Методические указания на определение вредных веществ в воздухе. – М., 1980. – Вып. 16. – С. 169–176.

MG 2247-80. Methodical guidelines on photometric detection of water-soluble and -insoluble fluorides in the air [MU 2247-80. Metodicheskie ukazaniya na fotometricheskoe opredelenie rastvorimyykh i nerastvorimyykh v vode soley ftoristovodorodnoy kisloty v vozdukh] (1980). *Metodicheskie ukazaniya na opredeleniye vrednykh veshchestv v vozdukh*, (16), 169–176.

6. МУК 4.1.1342-03. Измерение массовой концентрации гидрофторида (фтористого водорода) в воздухе рабочей зоны фотометрическим методом // МУК 4.1.1341-4.1.1351-03. Измерение концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Сборник методических указаний. – М., 2006. – С. 12–22.

MG 4.1.1342-03. Measurement of hydrogen fluoride (HF) mass concentration in the workplace area using photometric method [MUK 4.1.1342-03 Izmerenie massovoy kontsentratsii gidroftorida (ftoristogo vodoroda) v vozdukh] (2006). *MUK 4.1.1341-4.1.1351-03. Izmerenie kontsentratsiy vrednykh veshchestv v vozdukh rabochey zony. Sbornik metodicheskikh ukazaniy*, 12–22.

7. МУК 4.1.2468-09. Измерение массовых концентраций пыли в воздухе рабочей зоны предприятий горнорудной и нерудной промышленности. – М., 2009. – 24 с.

MG 4.1.2468-09. Measurement of dust mass concentrations in the air of the workplace area of ore and non-metal mining plants [MUK 4.1.2468-09. Izmerenie massovykh kontsentratsiy pyli v vozdukh rabochey zony]

predpriyatiy gornorudnoy i nerudnoy promyshlennosti] (2009), 24.

8. Рослый О.Ф., Лихачева Е.И., Вагина Е.Р., Громов А.С., Газимова В.Г., Жовтяк Е.П., Лебедева А.Н., Назукин А.С., Одинокая В.А., Оранский И.Е., Плотко Э.Г., Рослая Н.А., Рябко Е.В., Самохвалова Г.Н., Семеникова Т.К., Слышкина Т.В., Федоров А.А., Федорук А.А., Хасанова Г.Н., Щербаков С.В., Чудинова О.А. Медицина труда при электролитическом получении алюминия. – Екатеринбург: Екатеринбургский медицинский научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий, 2011. – 160 с.

Rosliy OF, Likhachev EI, Vagina ER, Gromov AS, Gazimova VG, Zhovtyak EP, Lebedeva AN, Nazukin AS, Odiнокaya VA, Oranskiy IE, Plotko EG, Roslaya NA, Ryabko EV, Samokhvalova GN, Semenikova TK, Slyshkina TV,

Fedorov AA, Fedoruk AA, Khasanova GN, Shcherbakov SV, Chudinova OA (2011). Occupational medicine in the electrolytic aluminum production [Meditsina truda pri elektroliticheskom poluchenii alyuminiya], 160.

9. 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. – С. 13–17.

Fedoruk AA, Rosliy OF, Slyshkina TV, Plotko EG, Lemyasev MF (2012). Topical issues of occupational medicine in operation of high power electrolytic cells for aluminium production [Aktual'nye voprosy gigieny truda pri ekspluatatsii sverkhmoshchnykh elektrolizerov dlya polucheniya alyuminiya]. Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya, (11), 13–17.

Сведения об авторах

Information about the authors

Мещаклова Нина Михайловна – доктор медицинских наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории эколого-гигиенических исследований ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований» (665827, Иркутская область, г. Ангарск, 12а мкр., 3, а/я 1170; тел.: 8 (3955) 55-90-70, факс: 8 (3955) 55-40-77; e-mail: imt@irmail.ru)

Meshchakova Nina Mikhailovna – Doctor of Medical Sciences, Docent, Senior Research Officer of the Laboratory of Ecological and Hygienic Research of the East Siberian Institute of Medical and Ecological Research (665827, Irkutsk Region, Angarsk, mikrorayon 12A, 3, POB 1170; tel.: +7 (3955) 55-90-70, fax: +7 (3955) 55-40-77; e-mail: imt@irmail.ru)

Шаяхметов Салим Файзыевич – доктор медицинских наук, профессор, заместитель директора по научной работе ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», профессор кафедры гигиены и профпатологии ГБОУ ДПО «Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования» Минздрава России

Shayakhmetov Salim Fayzyevich – Doctor of Medical Sciences, Professor, Deputy Director for Science of East Siberian Institute of Medical and Ecological Research, Professor of the Department of Hygiene and Occupational Pathology of Irkutsk State Medical Academy of Continuing Education

Лисецкая Людмила Гавриловна – кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории аналитической экотоксикологии и биомониторинга ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований» (e-mail: marik914@rambler.ru)

Lisetskaya Lyudmila Gavrilovna – Candidate of Biological Sciences, Research Officer of the Laboratory of Analytical Ecotoxicology and Biomonitoring of East Siberian Institute of Medical and Ecological Research (e-mail: marik914@rambler.ru)

Меринов Алексей Владимирович – младший научный сотрудник лаборатории аналитической экотоксикологии и биомониторинга ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований» (e-mail: alek-merinov@mail.ru)

Merinov Aleksey Vladimirovich – Junior Research Officer of the Laboratory of Analytical Ecotoxicology and Biomonitoring of East Siberian Institute of Medical and Ecological Research (e-mail: alek-merinov@mail.ru)

Калинина Оксана Леонидовна – кандидат медицинских наук, ассистент кафедры внутренних болезней с курсами профессиональной патологии и военно-полевой терапии ГБОУ ВПО «Иркутский государственный медицинский университет» Минздрава России (e-mail: OK303@mail.ru)

Kalinina Oksana Leonidovna – Candidate of Medical Sciences, Teaching Assistant of the Department of Internal Diseases with the Courses of Occupational Pathology and Military Field Therapy of Irkutsk State Medical University (e-mail: OK303@mail.ru)