

# Оригинальные исследования / Original research



© ЛИЗАРЕВ А. В., ЯКИМОВА Н. Л., РУСАНОВА Д. В., ПАНКОВ В. А., КУЛЕШОВА М. В.

УДК 613.644:616.8]:612-092.9

DOI: 10.20333/2500136-2019-4-34-40

## ИЗМЕНЕНИЯ НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ У БЕЛЫХ КРЫС В ПОСТКОНТАКТНЫЙ ПЕРИОД ВОЗДЕЙСТВИЯ ШУМА

А. В. Лизарев<sup>1</sup>, Н. Л. Якимова<sup>1</sup>, Д. В. Русанова<sup>1</sup>, В. А. Панков<sup>1,2</sup>, М. В. Кулешова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований, Ангарск 665827, Российская Федерация

<sup>2</sup>Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования – филиал Российской медицинской академии непрерывного профессионального образования, Иркутск 664049, Российская Федерация

**Цель исследования.** Изучение нейрофизиологических изменений у белых крыс в постконтактный период воздействия шума.

**Материал и методы.** Исследования проводили на беспородных крысах-самцах. Воздействие белым шумом интенсивностью 100 дБА осуществляли по 4 часа 5 раз в неделю в течение 1 месяца. Изучение эффектов воздействия шума проводили через 30, 60 и 120 дней после окончания шумового воздействия. Состояние центральной нервной системы и периферических нервов оценивали по данным регистрации электроэнцефалографии (ЭЭГ), слуховых и соматосенсорных вызванных потенциалов (СВП, ССВП), показателей стимуляционной электронейромиографии (ЭНМГ).

**Результаты.** Нарушения в организме крыс, вызванные воздействием шума, характеризуются по результатам ЭНМГ увеличением длительности и латентного ответа нейросенсорной зоны коры головного мозга, удлинением латентного периода коркового ответа ССВП (30,60 дней), снижением амплитуды и нарастанием латентности СВП, а также перераспределением ритмов со сменой медленноволновой активности на доминирование быстроволнового диапазона. Выявлены нарушения двигательной и эмоциональной активности (30, 60, 120 дней). Заключение. Выявленные нарушения свидетельствуют о длительно протекающих стойких дестабилизирующих процессах в центральной и периферической нервной системе с нарушением целостности структуры поведения.

**Ключевые слова:** воздействие шума, нейрофизиологические изменения, электроэнцефалография, электронейромиография, слуховые вызванные потенциалы, соматосенсорные вызванные потенциалы.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Для цитирования:** Лизарев АВ, Якимова НЛ, Русанова ДВ, Панков ВА, Кулешова МВ. Изменения нейрофизиологических показателей у белых крыс в постконтактный период воздействия шума. *Сибирское медицинское обозрение*. 2019;(4):34-40. DOI: 10.20333/2500136-2019-4-34-40

## CHANGES OF NEUROPHYSIOLOGICAL INDICES IN WHITE RATS DURING POST-CONTACT PERIOD OF NOISE INFLUENCE

A. V. Lizarev<sup>1</sup>, N. L. Yakimova<sup>1</sup>, D. V. Rusanova<sup>1</sup>, V. A. Pankov<sup>1,2</sup>, M. V. Kuleshova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>East-Siberian Institution of Medical and Ecological Research, Angarsk 665827, Russian Federation

<sup>2</sup>The Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education of the Ministry of Health of Russia - a branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Additional Professional Education of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education of the Ministry of Health of the Russian Federation, Irkutsk 664049, Russian Federation

**The aim of the research** is to study neurophysiological changes in white rats in post-contact period of noise influence.

**Material and Methods.** Investigations were carried out on outbred male rats. White noise influence with the intensity of 100 dBA was performed for 4 hours 5 times a week during 1 month. The research of the effects of noise influence was carried out in 30, 60 and 120 days after noise influence termination. The condition of central nervous system and peripheral nerves was evaluated according to electroencephalography (EEG), auditory and somatosensory evoked potentials (SEP, SSEP), indices of stimulation electroneuromyography (ENMG).

**Results.** Disorders in rats body, caused by noise influence, are characterized according to ENMG by increasing in duration and latency response of sensorineural cortex, by extension of latent period of cortical response SSEP (30, 60 days), by amplitude decrease and by the increase of SEP latency as well as by rhythms redistribution with change from slow-wave activity to quick-wave range dominance. Violations in motor and emotional activity (30, 60, 120 days) are revealed.

**Conclusion.** The revealed disorders indicate long proceeding persistent destabilizing processes in central and peripheral nervous system structures with violation of behavior integrity.

**Key words:** noise influence, neurophysiological changes, electroencephalography, electroneuromyography, auditory evoked potentials, somatosensory evoked potentials.

**Conflict of interest.** The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest associated with the publication of this article.

**Citation:** Lizarev AV, Yakimova NL, Rusanova DV, Pankov VA, Kuleshova MV. Changes of neurophysiological indices in white rats during post-contact period of noise influence. *Siberian Medical Review*. 2019;(4):34-40. DOI: 10.20333/2500136-2019-4-34-40

## Введение

В течение всей профессиональной деятельности человек подвергается воздействию различных физических факторов, наиболее распространенным из которых является шум. С точки зрения нейрофизиологии, шум – раздражитель, участвующий в формировании синдрома общей адаптации к постоянно действующему стрессу, в котором можно различить разные фазы – от стадии компенсированной до стадии некомпенсированной адаптации [1]. Воздействие шума на организм может проявляться как в виде функциональных церебральных нарушений регуляции, так и в виде дегенеративных процессов морфологически различной патологии, степень которой зависит от различных факторов [2]. В формировании шумовой патологии ведущая роль отводится центральной и периферической нервной системе [3].

В эксперименте на животных установлено, что под влиянием шума активизируется ретикулярная формация ствола мозга и диэнцефальная область, при раздражении подкорковых образований появляются глубокие биохимические сдвиги в клетках рецепторного аппарата, происходит перенапряжение тормозных процессов в коре и подкорковых слуховых центрах, что приводит к последующим нарушениям в других звеньях слухового анализатора, истощению и перерождению клеток звуковоспринимающего аппарата, что морфологически определяется в виде дистрофических и атрофических изменений [4, 5, 6]. Разработанные ранее экспериментальные исследования касались, прежде всего, вопросов гигиенического нормирования физических факторов, что не позволяло в полной мере подойти к раскрытию механизмов патогенеза профессиональных заболеваний, вызванных воздействием физических факторов. За последние годы экспериментальных исследований по данной проблеме практически не проводилось, за исключением единичных исследований [7, 8, 9, 10, 11].

Целью исследования явилось изучение нейрофизиологических изменений у белых крыс в постконтактный период воздействия шума.

## Материал и методы

Исследования проводили на половозрелых беспородных крысах-самцах в количестве 168 особей массой 180-260 г. Опытные животные были распределены на 3 группы (по 24 особи в каждой группе). Лабораторных животных помещали на 4 часа в экспериментальную камеру и воздействовали широкополосным шумом интенсивностью 100 дБА 5 раз в неделю в течение 30 дней. Для изучения эффектов воздействия шума в постконтактном периоде исследование систем организма животных проводили через 30, 60 и 120 дней после окончания шумового воздействия. Группа сравнения была представлена животными, обследованными сразу после окончания 30-дневной экспозиции шумом. В качестве контроля использовали интактных крыс для каждой опытной группы.

Ориентировочно-исследовательскую активность, эмоциональное состояние оценивали по методу «Открытое поле» [12]. Идентификацию отдельных поведенческих паттернов (актов) проводили на основании вероятности появления того или иного акта [13, 14, 15]. Оценку состояния центральной нервной системы (ЦНС) и периферических нервов осуществляли по данным регистрации электроэнцефалографии (ЭЭГ), слуховых вызванных потенциалов (СВП), соматосенсорных вызванных потенциалов (ССВП), показателей стимуляционной электронейромиографии (ЭНМГ). Для проведения нейрофизиологических исследований экспериментальным животным в кору головного мозга вживляли электроды. Регистрацию ЭЭГ и СВП осуществляли на электроэнцефалографе «Нейрон-Спектр», ССВП и ЭНМГ – на электронейромиографе «ЭМГ-Микро».

Экспериментальных животных содержали в стандартных условиях вивария при естественном освещении в соответствии с правилами, принятыми Европейской конвенцией по защите позвоночных животных, применяемых для экспериментальных и других целей (Страсбург, 1986).

Статистическая обработка результатов исследования проводилась с использованием

программ «Statistica for Windows 6.1 (правообладатель ФГБНУ ВСИМЭИ), использовали параметрический критерий t-Стьюдента при нормальном распределении изучаемых признаков (данные представлены в виде  $X \pm m$ ) и непараметрических методов с применением критерия Манна-Уитни (данные представлены в виде  $Me(Q_{25} - Q_{75})$ ). Проверку нормальности распределения выполняли с использованием критерия Шапиро-Уилка. Достигнутым уровнем значимости различия признаков считали  $p < 0,05$ .

### Результаты и обсуждение

По данным анализа ЭНМГ-показателей, у экспериментальных животных были зарегистрированы статистически значимые различия с данными контрольной группы через 30 дней

после действия шума. В опытной группе было отмечено увеличение длительности и латентного периода М-ответа (табл. 1). Через 60, 120 дней после воздействия шума у экспериментальных животных сохранялось возрастание латентного периода М-ответа при сравнении с данными контроля.

По данным регистрации ССВП, установлены статистически значимые различия показателей с данными контрольной группы, заключающиеся в увеличении латентного периода коркового ответа у группы экспериментальных животных в 30-дневном постконтактном периоде, которое не было зафиксировано в группе экспериментальных животных, обследованных через 60 дней (табл. 2).

Таблица 1

Данные ЭНМГ у животных в постконтактном периоде воздействия шума,  $X \pm m$

Table 1

*Electroneuromyographic data in animals during post-contact period of noise influence,  $X \pm m$*

Сроки обследования	Группы животных	Электронеуромиографические показатели		
		Длительность М-ответа (мс)	Амплитуда М-ответа (мВ)	Латентный период (мс)
30 дней	Группа сравнения	3,11±0,40	2,50±0,40	2,45±0,45
30 дней	Опытная	7,63±0,99*	2,25±0,24	3,35±0,48*
	Контрольная	7,11±0,29	3,91±0,57	1,36±0,11
60 дней	Опытная	5,98±0,89	2,65±0,65	2,27±0,25*
	Контрольная	7,11±0,29	3,91±0,57	1,36±0,11
120 дней	Опытная	5,30±0,53	3,16±0,70	2,26±0,30
	Контрольная	7,47±0,55	3,84±0,45	1,98±0,13

Примечание: \* – различия статистически значимы по сравнению с контрольной группой белых крыс при  $p < 0,05$ , количество животных в каждой группе равно 8.

Note: \* – difference of statistical significance to comparison group at  $p < 0,05$ ; number of animals in each group is 8.

Таблица 2

Данные регистрации ССВП животных в постконтактном периоде воздействия шума,  $X \pm m$

Table 2

*SSEP registration data in animals during post-contact period of noise influence,  $X \pm m$*

Показатель	Группы животных и сроки обследования						
	Группа сравнения	30 дней		60 дней		120 дней	
		Опытная	Контрольная	Опытная	Контрольная	Опытная	Контрольная
Латентность пика (мс)	15,92±0,92	18,9 ±1,23* $p < 0,04$	13,36 ±1,33	13,15 ±0,63	13,48 ±0,69	15,02 ±0,62	14,96 ±0,68

Примечание: \* – различия статистически значимы по сравнению с контрольной группой белых крыс при  $p < 0,05$ , количество животных в каждой группе равно 8.

Note: \* – difference of statistical significance to comparison group at  $p < 0,05$ ; number of animals in each group is 8.

В постконтактном периоде воздействия шума отмечены выраженные изменения в ЦНС в виде перераспределения основных ритмов ЭЭГ в сторону депрессии доли медленноволновой тета- и дельта-активности и доминирования быстроволновых бета 1- и бета 2-ритмов (табл. 3). Регистрация СВП позволила выявить тенденцию к увеличению латентности пика Р1 на протяжении всего постконтактного периода и статистически значимое удлинение латентности пика Р2 спустя 30 и сохранение данной направленности через 60 дней периода восстановления.

Амплитуда пика Р1 СВП значительно снизилась на 30-ый и 60-ый дни постконтактного периода, а к 120 дню наблюдения достигла значений полученных показателей в группе животных, обследованной сразу после окончания воздействия шумом. Амплитудные значения пика Р2 характеризовались достоверным уменьшением через 60 дней до 120-дневного восстановительного периода. Сохранение изменений ЭЭГ у белых крыс опытных групп в динамике постконтактного периода свидетельствуют о стойком дестабилизирующем эффекте шумового воздействия на ЦНС белых крыс.

Таблица 3

**Показатели биоэлектрической активности головного мозга белых крыс после воздействия шумом, Me(Q25 – Q75)**

Table 3

**Indicators of cerebral bioelectric activity in white rats after noise influence, Me (Q25 – Q75)**

Показатели	Контрольная группа	Группа сравнения	Постконтактный период воздействия шумом		
			30 дней	60 дней	120 дней
Распределение ритмов ЭЭГ					
альфа, %	4,00 (3,00-4,50)	11,50 (10,50-14,00)	7,00 (7,00-10,00)*	6,00 (3,00-10,00)*	8,50 (6,50-10,50)*♦
бета -1,%	2,50 (1,50-3,50)	3,00 (2,50-8,00)	8,00 (7,00-8,00)*	6,00 (2,00-17,00)*	14,00 (11,00-16,00)*
бета - 2,%	2,00 (1,50-2,50)	2,50 (1,50-5,00)	12,50 (10,00-14,00)*	9,00 (2,00-33,00)*	27,50 (20,50-29,00)*
тетта,%	15,50 (13,00-22,50)	12,20 (7,50-13,80)	12,50 (11,00-18,00)	9,50 (6,50-11,00)*●	11,50 (10,50-13,00)*♦
дельта,%	76,00(69,00-80,50)	72,00(65,50-75,00)	59,00(51,00-69,00)*	67,50(30,00-86,50)*	37,00(33,00-51,50)*
СВП					
Амплитуда Р1	6,34 (6,02-9,28)	3,97 (3,91-15,89)	1,44 (0,47-1,58)*	1,41 (0,82-5,98)*	3,8 (1,92-5,78)
Латентность Р1	100,00 (96,00-113,00)	112,50 (84,00-125,00)	108,50 (100,00-150,00)	119,00 (97,00-140,00)	127,00 (95,00-142,00)
Амплитуда Р2	7,52 (3,09-8,64)	5,20 (3,25-8,78)	4,66 (3,79-4,71)	2,06 (1,23-6,39)*	2,39 (1,27-4,73)
ЛатентностьР2	212,00 (210,00-230,00)	222,00 (170,00-254,00)	263,00 (238,00-278,00)*	245,00 (205,00-291,00)	217,00 (204,00-289,00)

Примечание: \* – по сравнению с группой сравнения при  $p < 0,05$ ; ● – между сроком 30 и 60 дней при  $p < 0,05$ ; ♦ – между сроком 60 и 120 дней при  $p < 0,05$ ; количество животных в каждой группе равно 8.

Note: \* – as against to comparison group at  $p < 0,05$ ; ● – between period of 30 and 60 days at  $p < 0,05$ ; ♦ – between period of 60 and 120 days at  $p < 0,05$ ; number of animals in each group is 8.

При обследовании в тесте «Открытого поля» до проведения эксперимента различий в поведении животных опытных и контрольных групп не выявлено. Сравнительный анализ поведенческой активности животных опытных и контрольных групп показывает, что в 120-дневном постконтактном периоде воздействия шума у крыс опытной группы наблюдается снижение спонтанной двигательной активности («локомоция»), исследовательской активности («обнюхивание»), увеличение паттернов поведения, характеризующих негативно-эмоциональное поведение животных («движение на месте», «груминг», «стойки», «сидит»). Таким образом, у животных в постконтактном периоде воздействия шума отмечены нарушения ориентировочно-исследовательского поведения, включая двигательную активность и эмоциональность животных (табл. 4).

### Заключение

Таким образом, нарушения в организме лабораторных животных в постконтактный период воздействия шума характеризуются по результатам ЭНМГ увеличением длительности

и латентного периода М-ответа в постконтактном периоде (30, 60 и 120 дней); возрастанием латентного периода ответа соматосенсорной зоны коры головного мозга, сохраняющегося по 30 и 60-дневный период восстановления. Изменение латентного периода сохраняется через 30 и 60 дней восстановительного периода. Были выявлены нарушения в виде снижения амплитуды и нарастания латентности СВП, а также перераспределение ритмов со сменой медленноволновой активности на доминирование быстроволнового диапазона у белых крыс в динамике постконтактного периода воздействия шума. Выявленные нарушения свидетельствуют о длительно протекающих стойких дестабилизирующих процессах в центральной нервной системе и периферических нервах животных, подвергающихся воздействию шума. Изменения поведенческой активности у белых крыс опытной группы в виде снижения количества показателей исследовательского поведения подтверждают нарушение целостности структуры поведения животных и сохраняются вплоть до 120-дневного постконтактного периода воздействия шума.

Таблица 4

**Поведенческие акты животных в постконтактном периоде воздействия шума (120 дней), усл. ед.,  $X \pm m$**

Table 4

**Animals' behavioral acts during post-contact period of noise influence (120 days), standard unit,  $X \pm m$**

Акты	Группы животных		
	Группа сравнения	Опыт	Контроль
Локомоция	6,73±0,82 <sup>^</sup>	2,93±0,59 <sup>*^</sup>	4,12±1,21
Обнюхивание	18,27±1,21 <sup>^</sup>	12,39±1,49 <sup>*^</sup>	16,13±1,73
Движение на месте	1,43±0,26	0,93±0,09	16,13±1,73
Груминг	1,76±0,25 <sup>^</sup>	0,79±0,19 <sup>*^</sup>	0,62±0,32
Стойки	1,14±0,33	2,56±0,31 <sup>*</sup>	3,18±0,61
Сидит	5,69±0,65 <sup>^</sup>	7,86±0,40 <sup>*^</sup>	6,87±0,71

Примечание: \* – различия статистически значимы по сравнению с контрольной группой белых крыс при  $p < 0,05$ ; ^ – различия статистически значимы между показателями опытной группы и группы сравнения при  $p < 0,05$ , количество животных в каждой группе равно 24.

Note: \* – statistically significant differences compared with the check group of white rats at  $p < 0,05$ ; ^ – statistically significant differences between indicators of experimental and check groups at  $p < 0,05$ , number of animals in each group is 24.

## Литература/ References

1. Чубаров ИВ, Зинкин ВН, Ахмедзянов ИМ, Сергеев СН, Яник ДИ. Психологический статус у рабочих, подвергающихся воздействию шума. *Гигиена и санитария*. 1999;(2):16–19. [Chubarov IV, Zinkin VN, Achmedzyanov IM, Sergeev SN, Yanik DI. Psychological status of workers exposed to noise. *Hygiene and Sanitation*. 1999;(2):16–19. (In Russian)]
2. Суворов ГА, Пальцев ЮП, Прокопенко ЛВ, Походзей ЛВ, Рубцов НБ, Тихонов ГИ. Физические факторы и стресс. *Медицина труда и промышленная экология*. 2002;(8):1–4. [Suvorov GA, Palcev YuP, Prokopenko LV, Pokhodzej LV, Rubcov NB, Tikhonov GI. Physical factors and stress. *Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology*. 2002;(8):1–4. (In Russian)]
3. Крылов ЮВ. К патогенезу шумовой болезни. *Гигиена труда и профессиональные заболевания*. 1974;(12):13–16. [Krylov YuV. To the pathogenesis of noise disease. *Gigiena Truda i Professionalnye Zabolovaniya*. 1974;(12):13–16. (In Russian)]
4. Андреева-Галанина ЕЦ, Алексеев СВ, Кадыскин АВ, Суворов ГА. Шум и шумовая болезнь. Под ред. ЕЦ Андреевой-Галаниной. Ленинград : Медицина;1972. 302 с. [Andreeva-Galanina EC, Alekseev SV, Kadyskin AV, Suvorov GA. Noise and noise disease. Pod red. EC Andreevoj-Galaninoj. Leningrad : Medicine; 1972. 302 p. (In Russian)]
5. Титов ЕА, Новиков МА, Панков ВА, Руквишников ВС. Альтерация ткани головного мозга белых крыс при воздействии шума в динамике эксперимента. Сборник статей победителей III международной научно-практической конференции. Пенза; 2016:231–233. [Titov EA, Novikov MA, Pankov VA, Rukavishnikov VS. Brain tissue alteration of albino rats upon exposure of noise in dynamic experiment. Sbornik statej pobeditelej III mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Penza; 2016:231–233. (In Russian)]
6. Панков ВА, Катаманова ЕВ, Кулешова МВ, Титов ЕА, Картапольцева НВ, Лизарев АВ, Якимова НЛ. Динамика формирования изменений в центральной нервной системе при воздействии шума в эксперименте. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2014;11(3):464–468. [Pankov VA, Katamanova EV, Kuleshova MV, Titov EA, Kartapolceva NV, Lizarev AV, Yakimova NL. Dynamics of changes in the central nervous system under the influence of noise in the experiment. *International Journal of Applied and Fundamental Research*. 2014;11(3):464–468. (In Russian)]
7. Абдулкина НГ, Зайцев КВ, Жукова ОБ, Гостюхина АА, Воробьев ВА, Зайцев АА. Ориентировочно – исследовательское поведение у крыс при вибрационно – шумовом воздействии. *Медицина и образование в Сибири*. 2015;(6):52. [Abdulkina NG, Zajcev KV, Zhukova OB, Gostyukhina AA, Vorobev VA, Zajcev AA. Approximate and research behaviour at rats at vibratory and noise impact. *Journal of Siberian Medical Sciences*. 2015;(6):52. (In Russian)]
8. Власов ВН, Самыкина ЛН, Шумилина АВ. Постановка экспериментальных исследований по оценке сочетанного действия химических веществ, общей вибрации и шума на сердечно-сосудистую систему. Пособие для врачей. Самара-Тольятти; 2006.32с. [Vlasov VN, Samykina LN, Shumilina AV. The setting of experimental studies on the evaluation of the combined effect of chemicals, general vibration and noise on the cardiovascular system. Posobie dlya vrachej. Samara-Tolyatti; 2006.32p. (In Russian)]
9. Черток АГ, Беспалова ЕВ, Немков ЮК. Влияние шумовибрационного воздействия на микроциркуляторное русло матки в эксперименте. *Тихоокеанский медицинский журнал*. 2006;(3):70–72. [Chertok AG, Bepalova EV, Nemkov YuK. Influence of noise-vibrating on microcirculation in the uterus in experiment. *Pacific Medical Journal*. 2006;(3):70–72. (In Russian)]

10. Унанян ЛС, Соцкий ОП, Хачатрян ЛГ, Ширинян ЭА, Мелконян ММ. Окислительная модификация белков сыворотки крови белых крыс под влиянием шума и  $\alpha 2$  – адреноблокаторов. *Биологический журнал Армении*. 2010;62(1):79–83. [Unanyan LS, Sockij OP, Khachatryan LG, Shirinyan EA, Melkonyan MM. Oxidative modification of the proteins of blood serum of albino rats under the influence of noise and  $\alpha 2$  – adrenoblockers. *Biological Journal of Armenia*. 2010;62(1):79–83. (In Russian)]

### Сведения об авторах

Лизарев Александр Викторович, к.м.н., младший научный сотрудник, Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований; адрес: Российская Федерация, 665827, г. Ангарск, 12а микрорайон, дом 3; тел.: +7(950)1347205; e-mail: [lizarev1952@mail.ru](mailto:lizarev1952@mail.ru), <http://orcid.org/0000-0001-8238-7189>

Якимова Наталья Леонидовна, к.б.н., старший научный сотрудник, Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований; адрес: Российская Федерация, 665827, г. Ангарск, 12а микрорайон, дом 3; тел.: +7(904)1180752; e-mail: [ynl-77@list.ru](mailto:ynl-77@list.ru), <http://orcid.org/0000-0002-9686-3841>

Русанова Дина Владимировна, к.б.н., старший научный сотрудник, Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований; адрес: Российская Федерация, 665827, г. Ангарск, 12а микрорайон, дом 3; тел.: +7(964)3530541; e-mail: [dina.rusanova@yandex.ru](mailto:dina.rusanova@yandex.ru), <http://orcid.org/0000-0003-1355-3723>

Панков Владимир Анатольевич, д.м.н., ведущий научный сотрудник, Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований; адрес: Российская Федерация, 665827, г. Ангарск, 12а микрорайон, дом 3; Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования – филиал Российской медицинской академии непрерывного профессионального образования; адрес: Российская Федерация, 664049, г. Иркутск, микрорайон Юбилейный, д. 100; тел.: +7(3955)554090; e-mail: [lmt\\_angarsk@mail.ru](mailto:lmt_angarsk@mail.ru), <http://orcid.org/0000-0002-3849-5630>

Кулешова Марина Владимировна, к.б.н., старший научный сотрудник, Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований; адрес: Российская Федерация, 665827, г. Ангарск, 12а микрорайон, дом 3; тел.: +7(3955)554090; e-mail: [mvk789@yandex.ru](mailto:mvk789@yandex.ru), <http://orcid.org/0000-0001-9253-2028>

### Author information

Aleksander V. Lizarev, Cand.Med.Sci., Junior researcher, Eastern-Siberian Institute of Medical and Ecological Research; Address: 3, district 12<sup>a</sup>, Angarsk, Russian Federation 665827; Phone: +7(950)134-72-05; e-mail: [lizarev1952@mail.ru](mailto:lizarev1952@mail.ru), <http://orcid.org/0000-0001-8238-7189>

Natalya L. Yakimova, Cand.Biol.Sci., Senior researcher Eastern-Siberian Institute of Medical and Ecological Research; Address: 3, district 12<sup>a</sup>, Angarsk, Russian Federation 665827; Phone: +7(904)1180752; e-mail: [ynl-77@list.ru](mailto:ynl-77@list.ru), <http://orcid.org/0000-0002-9686-3841>

Dina V. Rusanova, Cand.Biol.Sci., Senior researcher Eastern-Siberian Institute of Medical and Ecological Research; Address: 3, district 12<sup>a</sup>, Angarsk, Russian Federation 665827; Phone: +7(964)3530541; e-mail: [dina.rusanova@yandex.ru](mailto:dina.rusanova@yandex.ru), <http://orcid.org/0000-0003-1355-3723>

Vladimir A. Pankov, Dr.Med.Sci., Leading researcher Eastern-Siberian Institute of Medical and Ecological Research; Address: 3, district 12<sup>a</sup>, Angarsk, Russian Federation 665827; Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education - a branch of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education; Address: 100, Yubileiny microdistrict, Irkutsk, Russian Federation 664049; Phone: +7(3955)554090; e-mail: [lmt\\_angarsk@mail.ru](mailto:lmt_angarsk@mail.ru), <http://orcid.org/0000-0002-3849-5630>

Marina V. Kuleshova, Cand.Biol.Sci., senior researcher Eastern-Siberian Institute of Medical and Ecological Research; Address: 3, district 12<sup>a</sup>, Angarsk, Russian Federation 665827; Phone: +7(3955)554090; e-mail: [mvk789@yandex.ru](mailto:mvk789@yandex.ru), <http://orcid.org/0000-0001-9253-2028>

Поступила 23.03.2018 г.

Принята к печати 09.04.2019 г.

Received 23 March 2018

Accepted for publication 09 April 2019