УДК 612.822.54:[615.916'49]-099.036.2
https://doi.org: 10.20538/1682-0363-2019-4-161–168

Особенности распределения уровня постоянного потенциала головного мозга у пациентов с хронической ртутной интоксикацией

Шевченко О.И.[1], Баскаков И.С.[2], Лахман О.Л.[1]

[1] *Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований (ВСИМЭИ)*
Россия, 665827, Иркутская область, г. Ангарск, 12 «А» микрорайон, 3

[2] *Институт химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук (РАН)*
Россия, 119991, Москва, ул. Косыгина, 4

РЕЗЮМЕ

Цель исследования – выявить особенности распределения уровня постоянного потенциала головного мозга у пациентов с хронической ртутной интоксикацией.

Материалы и методы. В исследовании приняли участие 33 пациента мужского пола с хронической ртутной интоксикацией и 38 здоровых мужчин (группа сравнения), которые по специфике профессиональной деятельности не подвергались воздействию нейротропных веществ. Использовали электрофизиологический метод – нейроэнергокартирование.

Результаты. В группе пациентов с хронической ртутной интоксикацией преобладали лица с пониженным уровнем постоянного потенциала при сопоставлении с группой сравнения (36 и 11% соответственно). При снижении уровня постоянного потенциала в лобных отделах наблюдалось повышение показателей в центральных отведениях (Fpz–Cz = –1,2 (–6,3–12,6) мВ), а при его повышении – снижение в затылочной (Fpz-Oz = 4,2 (–4,8–21,4) мВ) и правой височной (Fpz-Td = 0,01 (–6,5–16,3) мВ) областях.

Правополушарная височная асимметрия проявилась в увеличении показателя Td-Ts (p = 0,03) при сопоставлении с таковым группы сравнения – (0,66 ± 0,01) и (–4,34 ± 1,12) мВ соответственно. С помощью дискриминантного анализа выявлено пять достоверных диагностических признаков: значения показателей по теменному (Pz), правому теменному (Pd), правому височному (Td), центральному (Cz), затылочному (Oz) отведениям. Наиболее информативным признаком было значение показателя по теменному отведению (Pz, F = 21,1).

Заключение. Отличительным нейрофизиологическим признаком, сопряженным с фактом хронического воздействия паров металлической ртути, является повышение показателей по теменному, правому теменному, правому височному, центральному, затылочному отведениям по сравнению с таковыми, присущими нормальной популяции.

Ключевые слова: профессиональная хроническая ртутная интоксикация, метаболизм мозга, нейроэнергокартирование, уровень постоянного потенциала.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Источник финансирования. Работа проводилась при финансовой поддержке Программы фундаментальных научных исследований президиума РАН «Фундаментальные исследования для биомедицинских технологий».

Соответствие принципам этики. Все участники исследования подписали информированное согласие. Исследование одобрено этическим комитетом ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований» (протокол № 21 от 19.10.2018).

✉ *Шевченко Оксана Ивановна*, e-mail: oich68@list.ru.

Для цитирования: Шевченко О.И., Баскаков И.С., Лахман О.Л. Особенности распределения уровня постоянного потенциала головного мозга у пациентов с хронической ртутной интоксикацией. *Бюллетень сибирской медицины.* 2019; 18 (4): 161–168. https://doi.org: 10.20538/1682-0363-2019-4-161–168.

УДК 612.822.54:[615.916'49]-099.036.2
https://doi.org: 10.20538/1682-0363-2019-4-161–168

Features of the distribution of the level of the constant potential in the brain in patients with chronic mercury intoxication

Shevchenko O.I.[1], Baskakov I.S.[2], Lakhman O.L.[1]

[1] *East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research*
3, "12a mikrorayon", Angarsk, Irkutsk Region, 665827, Russian Federation

[2] *Institute of Chemical Physics of N.N. Semyonov of RAS*
4, Kosygin Str., Moscow, 119991, Russian Federation

ABSTRACT

The aim of the research was to reveal features of distribution of DC-potential level of the brain in patients with chronic mercury intoxication.

Materials and methods. The study involved 33 male patients with chronic mercury intoxication and 38 healthy men (comparison group) who, by the specifics of their professional activities, were not exposed to neurotropic substances. We used the electrophysiological method of neuroenergy mapping.

Results. In the group of patients with chronic mercury intoxication, persons with a low level of constant potential prevailed when compared with the comparison group (36 and 11%, respectively). With a decrease in the level of constant potential in the frontal parts, an increase was observed in the central leads (Fpz – Cz = –1,2 (–6,3–12,6) mV), and with an increase in it, a decrease in the occipital (Fpz-Oz = 4,2 (–4,8–21,4) mV) and the right temporal (Fpz-Td = 0,01 (–6,5–16,3) mV) areas.

Right hemisphere temporal asymmetry was manifested in an increase in the Td-Ts index (p = 0,03) when compared with that of the comparison group, (0,66 ± 0,01) and (–4,34 ± 1,12) mV, respectively. Using discriminant analysis, five reliable diagnostic signs were identified: the values of the parameters of the parietal (Pz), right parietal (Pd), right temporal (Td), central (Cz), occipital (Oz) leads. The most informative sign was the value of the index of the parietal lead (Pz, F = 21,1).

Conclusion. A distinctive neurophysiological sign associated with chronic exposure to metallic mercury vapors is an increase in indices of the parietal, right parietal, right temporal, central, occipital leads compared with those inherent in the normal population.

Key words: professional chronic mercury intoxication; metabolism of the brain; neuroenergy mapping; DC-potential level.

Conflict of interest. The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Source of financing. The study was financially supported by the Basic Research Program of the Presidium of the Russian Academy of Sciences "Basic Research for Biomedical Technologies".

Conformity with the principles of ethics. All study participants signed informed consent. The study was approved by the local ethics committee under East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research (Protocol No. 21 of 19.10.2018).

For citation: Shevchenko O.I., Baskakov I.S., Lakhman O.L. Features of the distribution of the level of the constant potential in the brain in patients with chronic mercury intoxication. *Bulletin of Siberian Medicine.* 2019; 18 (4): 161–168. https://doi.org: 10.20538/1682-0363-2019-4-161–168.

ВВЕДЕНИЕ

Профессиональные заболевания, вызванные воздействием химических факторов, стабильно занимают одну из лидирующих позиций, определяя значимое место по численности в структуре хронической профессиональной патологии. Одним из наиболее опасных производственных нейротоксикантов для здоровья человека является ртуть. В настоящее время пристальное внимание исследователей уделяется изучению особенностей нарушений состояния здоровья в постконтактном периоде профессиональной хронической ртутной интоксикации (ХРИ), поскольку ухудшение клинических проявлений токсической энцефалопатии (ТЭ) у пациентов не прекращается даже при отсутствии взаимодействия с нейротоксикантом [1, 2].

По данным наблюдений ФГБНУ ВСИМЭИ в 2013–2017 гг. показано, что ранней электроэнцефалографической особенностью интоксикации ртутью являются вовлечение в патологический процесс подкорковых структур, развитие начальных форм ХРИ – поражение гиппокампа, в отдаленном периоде – мозолистого тела. Кроме того, все стадии ХРИ характеризуются наличием эквивалентных дипольных источников биоэлектрической активности в зонах мозжечка [3]. По данным О.Л. Лахмана и соавт. (2009), нейровизуализационными признаками нейродегенеративных процессов у пациентов в отдаленном периоде ХРИ являются очаги субатрофии или атрофии мозжечка [4].

Мозговая дефицитарность, согласно нейропсихологическим исследованиям, при формировании ТЭ профессионального генеза представлена диффузным характером, проявляющаяся расстройством функционирования лобных, теменных, височных, затылочных, третичных височно-теменно-затылочных областей коры головного мозга (ТРО) [5].

Вследствие вышесказанного чрезвычайно важно изучать функциональные изменения церебрального энергетического метаболизма, тесно связанного с активностью подкорковых структур и ретикулярной формации, обеспечивающих оптимальный тонус коры головного мозга для формирования рабочего функционального состояния организма. Возникновение и стойкость этих изменений при отсутствии их патогенетически обоснованной терапии обусловливает формирование морфологической стадии повреждения мозга [6].

В последние годы значительно возрос объем нейрофизиологических исследований в области нервно-психических заболеваний. Особый интерес представляет метод регистрации и анализа так называемого уровня постоянного потенциала (УПП), реализованный на базе программно-аппаратного комплекса «Нейроэнергокартограф» (НЭК). Данный метод является чувствительным способом регистрации функциональных церебральных изменений, а его показатели опосредованно характеризуют интенсивность метаболических реакций мозга, определяющих качество его деятельности и, как следствие, – состояние высших психических функций [7–10]. Важной особенностью метода НЭК является возможность сравнения измеренных показателей УПП со значениями, полученными авторами метода в ходе нормативного шкалирования. Для распределения значений уровня постоянного потенциала существует понятие «эталона», присущего выборке клинически здоровых людей, находящихся в состоянии спокойного бодрствования [11]. Следует отметить отсутствие в литературе данных, характеризующих особенности распределения УПП у работников химических предприятий.

Цель исследования – выявить особенности распределения уровня постоянного потенциала головного мозга у пациентов с хронической ртутной интоксикацией.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В клинических условиях обследованы 33 мужчины (I группа), занятых ранее в производстве каустика методом ртутного электролиза, подвергавшихся более 10 лет хроническому воздействию паров металлической ртути на двух предприятиях Восточной Сибири. Средний возраст пациентов составил (55,41 ± 1,21) года, средний стаж во вредных условиях – (18,25 ± 1,74) года. Группу сравнения (II группа) представляли 38 мужчин репрезентативного возраста и общего трудового стажа (соответственно (51,35 ± 1,69) и (16,24 ± 1,12) года), которые по специфике профессиональной деятельности не подвергались воздействию нейротропных веществ.

Работа соответствует этическим стандартам, разработанным в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2000 г. и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утвержденными Приказом Минздрава РФ от 19.06.2003 г. № 266. От каждого человека было получено информированное согласие на участие в обследовании,

одобренное в установленном порядке Комитетом по биомедицинской этике.

Для выявления особенностей резервного нейрометаболизма у пациентов с ХРИ использовали электрофизиологический метод – НЭК, основанный на измерении уровня постоянного потенциала. Исследования проводили на аппаратно-программном комплексе для топографического картирования электрической активности «Нейроэнергокартограф» (аппарат «Нейро-КМ», г. Москва) с помощью неполяризуемых хлорсеребряных электродов. Активные электроды располагали на голове по схеме 10 × 20, референтный – на запястье правой руки. Регистрацию проводили после элиминации артефактов физической и физиологической природы. Расположение электродов: вдоль сагиттальной линии – нижнелобное (Fz), центральное (Cz), затылочное (Oz) отведения; парасагиттально – височные отведения —T4 (Td), T3 (Ts) [11–13].

В основе аппарата «Нейро-КМ» лежит компьютеризированный усилитель постоянного тока со входным сопротивлением более 10 МОм, программное обеспечение которого имеет функцию измерения межэлектродного сопротивления с последующим вычислением истинных значений измеряемых биопотенциалов по всем отведениям. Регистрация УПП производилась при постоянном контроле электрокожного сопротивления.

По степени выраженности изменений УПП оценивали изменения интенсивности нейрометаболизма. В результате все обследованные были распределены на три подгруппы: 1-я подгруппа включала лиц с пониженным уровнем УПП (до 2 мВ); 2-я – с нормальным (2–16 мВ); 3-я – с повышенным (17 мВ и более).

При 12-канальном измерении рассчитывали градиенты: Fpz-Cz, Fpz-Oz, Fpz-Td, Fpz-Ts, Cz-Oz, Cz-Td, Cz-Ts, Oz-Td, Oz-Ts [11]. При статистической обработке данных, осуществленной посредством пакета прикладных программ Statistica.6, исключали показатели УПП лиц с выраженной симптоматикой, свидетельствующей о наличии соматической, инфекционной патологии, черепно-мозговых травм, других возможных факторов риска развития мозговой дисфункции. Проверку нормальности распределения количественных показателей выполняли с использованием критерия Шапиро – Уилка. Межгрупповое сравнение количественных показателей осуществляли с использованием непараметрического метода U-критерия Манна – Уитни. Результаты исследований представлены в виде медианы и интерквартильного размаха Me (Q_{25}–Q_{75}). Статистическую значимость различий показателей, выраженных в процентах, вычисляли по методу углового преобразования Фишера. Для выявления статистически значимых отличительных нейрометаболических признаков использовали дискриминантный анализ. Информативность анализируемых показателей оценивалась шаговыми процедурами, граничным значением F включения выбрана величина $F \geq 3{,}5$; критерием классификации служила мера D^2 Махаланобиса. Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез $p < 0{,}05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

При оценке в зависимости от уровня интенсивности нейрометаболизма выявлено, что в группе пациентов с ХРИ доля лиц с пониженным уровнем УПП была статистически значимо выше при сопоставлении с группой сравнения (36,4 и 10,5% соответственно, $p = 0{,}02$).

Кроме того, установлено, что в I группе количество лиц с измененным паттерном распределения УПП достоверно преобладало при сопоставлении с группой сравнения (66,7 и 28,9% соответственно). В подгруппу с нормальным УПП головного мозга вошли 33,3% лиц I группы и 71,1% лиц группы сравнения (рис. 1).

Рис. 1. Распределение обследованных лиц (ось OY, %) в зависимости от степени выраженности уровня постоянного потенциала: * статистически значимое преобладание ($p < 0{,}05$) нормального уровня; + статистически значимое преобладание пониженного уровня постоянного потенциала в группе пациентов в отдаленном периоде хронической ртутной интоксикации относительно группы сравнения

Fig. 1. Distribution of the examined persons (OY axis,%) depending on the severity of the constant potential level: * statistically significant predominance (p <0,05) of the normal level; + statistically significant predominance of a lowered level of constant potential in the group of patients in the long-term period of chronic mercury intoxication relative to the comparison group

Особенности состояния церебральных энергетических процессов у пациентов с ХРИ выявлены при анализе распределения УПП по отделам мозга (рис. 2). Из представленных данных на рис. 2 видно, что максимальные значения УПП у пациентов с ХРИ статистически значимо выше во всех лобных (Fpz, Fd, Fs), центральном (Cz), теменном (Pz) и правом височном (Td) отведениях при сопоставлении с таковыми группы сравнения. Возможно, что смещение УПП в лобную и правую височную области у пациентов с ХРИ связано с нарастанием функциональной активности неспецифических ретикуло-лимбико-кортикальных нейронных связей.

Рис. 2. Профиль распределения уровня постоянного потенциала в исследуемых группах: * различия статистически значимы Fpz, Fd, Fs, Cz, Pz, Td, Td-Ts (p = 0,04; 0,03; 0,02; 0,02; 0,03; 0,01; 0,03, соответственно)

Fig. 2. The distribution profile of the level of constant potential in the studied groups: * differences are statistically significant Fpz, Fd, Fs, Cz, Pz, Td, Td-Ts (p = 0,04; 0,03; 0,02; 0,02; 0,03; 0,01; 0,03, respectively)

Особое внимание при изучении церебральных энергетических процессов уделяется изучению градиентов УПП – разности между монополярно зарегистрированными его значениями. Исследования В.Ф. Фокина (2003) показали, что эти разности численно равны значениям потенциалов в биполярных отведениях между соответствующими областями [11].

Известно, что адаптивное поведение здорового человека определяется доминированием активности в левом полушарии [8, 14]. Как видно из рис. 2, межполушарная височная асимметрия энергетического обмена в I группе изменена с преобладанием в правом полушарии. Данный факт проявляется в статистически значимом (p = 0,03) увеличении показателя межполушарных отношений Td-Ts.

В настоящей работе с целью изучения интенсивности энергетического обмена в различных областях головного мозга вычисляли для каждого пациента биполярные потенциалы Fpz-Cz, Fpz-Oz, Fpz-Td, Fpz-Ts, Cz-Oz, Cz-Td, Cz-Ts, Oz-Td, Oz-Ts, характеризующие различия в метаболической активности.

Из представленных данных на рис. 3 видно статистически значимое снижение в I группе градиентов УПП: Fpz-Cz, Fpz-Oz, Fpz-Td по сравнению со II группой, что определяет наличие лобной дисфункции у пациентов с ХРИ. Установлено, что снижение активности лобной коры у пациентов в отдаленном периоде ХРИ компенсируется усилением энергетических процессов в центральных отделах: разность лобного градиента Fpz-Cz в группе сравнения составила 3,96 (–1,15–14,47) мВ, в I группе – –1,18 (–6,36–12,6) мВ.

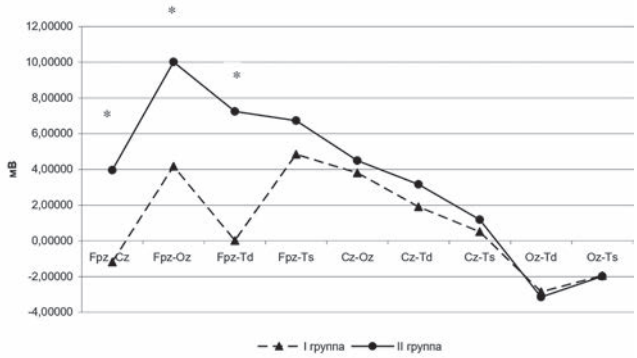

Рис. 3. Распределение градиентов УПП в исследуемых группах: * различия статистически значимы Fpz-Cz, Fpz-Oz, Fpz-Td (p = 0,01; 0,008; 0,003, соответственно)

Fig. 3. Gradient distribution of the level of constant potential in the studied groups: * distinctions are statistically significant Fpz-Cz, Fpz-Oz, Fpz-Td (p = 0,01; 0,008; 0,003 respectively)

Для выявления статистически значимых отличительных нейрометаболических признаков, сопряженных с фактом хронического воздействия паров металлической ртути, проведен дискриминантный анализ. В результате анализа в группе пациентов с ХРИ и группе сравнения было выявлено пять нейрометаболических признаков: значения показателей по теменному (Pz), правому теменному (Pd), правому височному (Td), центральному (Cz), затылочному (Oz) отведениям. Информативными являлись параметры с уровнями значимости от 0,000020 до 0,005. Наиболее информативным признаком было значение показателя по теменному отведению (Pz, F = 21,1).

ОБСУЖДЕНИЕ

Таким образом, полученные в работе данные отражают особенности распределения уровней

постоянного потенциала головного мозга у пациентов с ХРИ. Превалирующее по числу случаев в основной группе снижение функциональной активности головного мозга по данным НЭК, которое характеризует смещение кислотно-щелочного равновесия на границе гематоэнцефалического барьера в сторону алкалоза, свидетельствует о переходе из первой (активизация механизмов адаптации) в третью (угенетение адаптационных механизмов) стадию стресса (Г. Селье, 1960) на фоне нарастания патологии, усугубления оксидативного стресса [12, 15]. Поскольку известно, что отклонения нейрометаболизма мозга от эталона являются последовательными стадиями одного процесса, очевидно, что более быстрый переход от стадии активизации адаптационных процессов к стадии истощения ведет к укорочению пути «здоровье – болезнь – смерть». Патологическая программа апоптоза у пациентов в отдаленном периоде ХРИ работает быстрее, чем в группе сравнения [6, 12]. Выявленное правополушарное доминирование в I группе свидетельствует об усилении активности резервного метаболизма (катаболизма кетоновых тел, аминокислот, анаэробного катаболизма глюкозы), указывая на его напряженность в диэнцефальных отделах головного мозга [16]. Из литературы известно, что правополушарное доминирование УПП может быть связано с превышением адаптационного резерва [8].

На основании полученных особенностей можно говорить о поражении правого полушария, которое чаще проявляется совокупностью клинических синдромов, характерных для дисфункции диэнцефальных отделов мозга (первый структурно-функциональный блок по А.Р. Лурия). Вероятно, правая теменно-височная область в большей степени связана со скоростью эмоционального ответа, аффективным восприятием и реактивностью вегетативной нервной системы, что приводит к нарушению адаптивного поведения, а также к рассогласованности влияния на кору со стороны ретикулярной формации мозга [16]. Изменения нейрометаболизма в теменных, височных и затылочных структурах (второй функциональный блок по А.Р. Лурия) клинически проявляются нарушениями речи, гнозиса, праксиса, письма, чтения и других высших корковых функций [16].

Усиление резервного метаболизма в лобных отделах (третий структурно-функциональный блок по А.Р. Лурия) сопровождается дезорганизацией сознательной, целенаправленной психической активности, включающей в свою структуру мотив, цель, программу действий, направленную на достижение целей, отбор средств, контроль над выполнением действий, коррекцию итогового результата. Особенности выявленных изменений энергетического обеспечения мозга согласуются с данными нейропсихологического обследования лиц, подвергшихся хроническому воздействию паров металлической ртути, представленных нами ранее в работах [2, 5].

При обсуждении значимости полученных результатов возник ряд вопросов, требующих дальнейшего изучения. К ним относятся: выявление особенностей нейрометаболизма в зависимости от его выраженности (пониженного, нормального, повышенного); детальное исследование роли межполушарной асимметрии в патогенезе когнитивных нарушений, при рассмотрении взаимосвязей параметров УПП с нейропсихологическими показателями, характеризующими состояние когнитивной сферы, расстройство которой приоритетно в структуре психопатологических изменений при ХРИ.

В целом выявленные нейрофизиологические особенности по данным НЭК могут быть полезны при разработке комплекса лечебно-профилактических мероприятий, направленных на терапию психоневрологических расстройств у пациентов с ХРИ.

ВЫВОДЫ

1. Функциональный метаболизм головного мозга у пациентов с хронической ртутной интоксикацией изменен в 67% случаев.

2. Отличительным нейрофизиологическим признаком, сопряженным с фактом хронического воздействия паров металлической ртути, является повышение показателей УПП по теменному, правому теменному, правому височному, центральному, затылочному отведениям.

3. Нарушение функциональных систем, обеспечивающих произвольную регуляцию, у пациентов с ХРИ сопровождается снижением активности лобной коры, проявляющееся в виде отрицательного значения лобного градиента Fpz-Cz.

4. Метод НЭК является перспективным, простым и информативным инструментом для оценки степени нарушений нейрометаболизма, связанных с ХРИ.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Лахман О.Л., Рукавишников В.С., Шаяхметов С.Ф., Соседова Л.М., Катаманова Е.В., Бодиенкова Г.М. и др. Профессиональные нейроинтоксикации: клинико-экспериментальные исследования. *Медицина тру-*

да и промышленная экология. 2015; 9: 82–83. [Lakhman O.L., Rukavishnikov V.S., Shayahmetov S.F., Sosedova L.M., Katamanova E.V., Bodienkova G.M. et al. Professional neurointoxication: clinical and experimental studies. *Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology*. 2015; 9: 82–83 (in Russ.)].

2. Шевченко О.И., Катаманова Е.В., Лахман О.Л. Особенности психопатологических изменений у больных с хронической ртутной интоксикацией. *Доктор.ру*. 2015; 109 (8): 59–64. [Shevchenko O.I., Katamanova E.V., Lakhman O.L. Features of psychopathological changes in patients with chronic mercury intoxication. *Doktor.ru*. 2015; 109 (8): 59–64 (in Russ.)].
3. Катаманова Е.В, Шевченко О.И., Лахман О.Л., Ещина И.М., Русанова Д.В. Нейрофизиологические методы диагностики некоторых форм профессиональных нейроинтоксикаций. *Нейрокомпьютеры: разработка, применение*. 2015; 1: 35–42. [Katamanova E.V, Shevchenko O.I., Lakhman O.L., Eshchina I.M., Rusanova D.V. Neurophysiological methods for the diagnosis of some forms of professional neurointoxication. *Journal Neurocomputers*. 2015; 1: 35–42 (in Russ.)].
4. Лахман О.Л., Катаманова Е.В., Константинова Т.Н., Шевченко О.И., Мещерягин В.А., Андреева О.К. и др. Современные подходы к классификации профессиональной интоксикации ртутью. *Экология человека*. 2009; 12: 22–27. [Lakhman O.L., Katamanova E.V., Konstantinova T.N., Shevchenko O.I., Meshcheryagin V.A., Andreeva O.K. et al. Modern approaches to the classification of occupational mercury intoxication. *Human Ecology Journal*. 2009; 12: 22–27 (in Russ.)].
5. Шевченко О.И., Катаманова Е.В, Лахман О.Л. Некоторые итоги изучения нейропсихологических особенностей лиц, подвергавшихся хроническому воздействию ртути в условиях химического производства. *Медицина труда и промышленная экология*. 2010; 1: 19–23. [Shevchenko O.I., Katamanova E.V, Lakhman O.L. Some results of the study of the neuropsychological features of persons exposed to chronic exposure to mercury in chemical production. *Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology*. 2010; 1: 19–23 (in Russ.)].
6. Соколова Л.П. Предполагаемые стадии диффузных изменений головного мозга при формировании когнитивного снижения. *Успехи современного естествознания*. 2011; 10: 44–45. [Sokolova L.P. Estimated stages of diffuse changes in the brain during the formation of cognitive decline. *Advances in current natural sciences*. 2011; 10: 44–45 (in Russ.)].
7. Соколова Л.П., Князева И.В., Сухарева Е.А. Расстройства умственной работоспособности в условиях стресса и их коррекция. *Терапия*. 2016; 4: 122–126. [Sokolova L.P., Knyazeva I.V., Suhareva E.A. Disorders of mental performance under stress and their correction. *Therapy*. 2016; 4: 122–126 (in Russ.)].
8. Хаснулин В.И. Дезадаптация, патология и асимметрия мозга. *Архив психиатрии*. 1997; 12–13: 23–26. [Hasnulin V.I. Disadaptation, pathology and brain asymmetry. *Archive of Psychiatry*. 1997; 12–13: 23–26 (in Russ.)].
9. Шмырев В.И., Бояринцев В.В., Ардашев В.Н., Соколова Л.П., Князева И.В. Когнитивные нарушения на фоне психовегетативного синдрома. Клинические, нейропсихологические и нейрофункциональные аспекты. *Кремлевская медицина. Клинический вестник*. 2013; 3: 57–62. [Shmyrev V.I., Boyarincev V.V., Ardashev V.N., Sokolova L.P., Knyazeva I.V. Cognitive impairment on the background of psycho-vegetative syndrome. Clinical, neuropsychological and neuro functional aspects. *Kremlin Medicine Journal*. 2013; 3: 57–62 (in Russ.)].
10. Zanetti O., Galluzzi S., Sheu C-F. et al. Clinical features of pre-mild and mild cognitive disorders with sub cortical cerebrovascular disease. *Dement. Geriatr. Cogn. Disord*. 2011; 29: 216–233.
11. Фокин В.Ф., Пономарёва Н.В., Кунцевич Г.И. Электрофизиологические корреляты скорости движения крови по средней мозговой артерии здорового человека. *Вестник РАН*. 2013; 10: 57–60. [Fokin V.F., Ponomareva N.V., Kuntsevich G.I. Electrophysiological correlates of blood velocity along the middle cerebral artery of a healthy person. *Herald of the RAS*. 2013; 10: 57–60 (in Russ.)].
12. Шмырев В.И., Витько Н.К., Миронов Н.П., Соколова Л.П., Борисова Ю.В., Фокин В.Ф. и др. Нейроэнергокартирование – высокоинформативный метод оценки функционального состояния мозга. Данные нейроэнергокартирования при когнитивных нарушениях и снижении умственной работоспособности. Методические рекомендации. М., 2010: 21. [Shmyrev V.I., Vit'ko N.K., Mironov N.P., Sokolova L.P., Borisova YU.V., Fokin V.F. et al. Neuroenergy mapping is a highly informative method for assessing the functional state of the brain. Neuroenergy mapping data for cognitive impairment and mental retardation. Guidelines. Moscow, 2010: 21 (in Russ.)].
13. Депутат И.С., Грибанов А.В., Большевидцева И.Л. Особенности энергетического обмена головного мозга у жительниц Европейского Севера России в пожилом возрасте (на примере Архангельской области). *Вестник САФУ. Сер.: «Медико-биологические науки»*. 2016; 4: 5–12. [Deputat I.S., Gribanov A.V., Bolshevidceva I.L. Features of energy metabolism of the brain in women of the European North of Russia in old age [on the example of the Arkhangelsk region]. *Journal of Medical and Biological Research of Northern (Arctic) Federal University. Series "Medical and Biological Sciences"*. 2016; 4: 5–12 (in Russ.)].
14. Русинов В.С. Биопотенциалы мозга человека. Математический анализ. М.: Медицина, 1987: 256. [Rusinov V.S. Biopotentials of the human brain. Mathematical analysis. Moscow: Medicina Publ., 1987: 256 (in Russ.)].

15. Селье Г.М. Очерки об адаптационном синдроме. М.: Медгиз, 1960: 253. [Selye G.M. *Essays on the adaptation syndrome*. Moscow: Medgiz Publ., 1960: 253 (in Russ.)].
16. Штульман Д.Р., Левин О.С. Неврология. Справочник практического врача. М.: Медпресс-информ, 2007: 1024. [Shtulman D.R., Levin O.S. Neurology. *Reference practitioner*. Moscow: Medpress-inform Publ., 2007: 1024 (in Russ.)].

Сведения об авторах

Шевченко Оксана Ивановна, канд. биол. наук, ст. науч. сотрудник, лаборатория профессиональной и экологически обусловленной патологии, Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований, Иркутская область, г. Ангарск. ORCID iD 0000-0003-4842-6791.

Баскаков Иван Святославович, инженер-исследователь, Институт проблем химической физики РАН, г. Москва. ORCID iD 0000-0002-8574-9701.

Лахман Олег Леонидович, д-р мед. наук, профессор РАН, директор Восточно-Сибирского института медико-экологических исследований, Иркутская область, г. Ангарск. ORCID iD 0000-0002-0013-8013.

(✉) **Шевченко Оксана Ивановна**, e-mail: oich68@list.ru.

Поступила в редакцию 17.12.2018
Подписана в печать 12.09.2019

Authors information

Shevchenko Oksana I., PhD, Senior Researcher, Laboratory of the Professional and Ecologically Caused pathology, East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, Angarsk, Russian Federation. ORCID iD 0000-0003-4842-6791.

Baskakov Ivan S., Engineer-Researcher, Institute of Chemical Physics of N.N. Semyonov of RAS, Moscow, Russian Federation. ORCID iD 0000-0002-8574-9701.

Lakhman Oleg L., DM, Professor, Director of East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, Angarsk, Russian Federation. ORCID iD 0000-0002-0013-8013.

(✉) **Shevchenko Oksana I.**, e-mail: oich68@list.ru.

Received 17.12.2018
Accepted 12.09.2019