

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco104698>

Определение макро- и микроэлементного состава слюны работников ТЭЦ

Е.А. Сарф, Н.А. Макарова, Л.В. Бельская

Омский государственный педагогический университет, г. Омск, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Химический гомеостаз является необходимым компонентом сохранения здоровья, а избыточный или недостаточный уровень содержания макро- и микроэлементов в организме рассматривается в качестве фактора риска развития патологических изменений.

Цель. Определение микро- и макроэлементного состава слюны работников ТЭЦ методом капиллярного электрофореза.

Материал и методы. Были проанализированы образцы слюны сотрудников ТЭЦ г. Омска в возрасте 25–45 лет (основная группа, $n=104$) и здоровых добровольцев в возрасте 23–45 лет, не связанных по роду своей деятельности с ТЭЦ (контрольная группа, $n=195$). Во всех пробах определяли содержание калия, натрия, магния, кальция, лития, стронция, бария и марганца методом капиллярного электрофореза.

Результаты. Установлено, что ионы калия, натрия, магния и кальция присутствуют во всех исследуемых образцах, однако их баланс существенно нарушается в условиях техногенного загрязнения. Показано, что ионы лития, бария, стронция и марганца обнаружены в большем числе проб слюны работников ТЭЦ, по сравнению с группой контроля. Стронций в слюне добровольцев контрольной группы не обнаружен, его появление коррелирует с условиями труда.

Заключение. Предложенный метод позволяет оценить влияние условий труда на организм и выделить группу риска, для которой необходимо подбирать соответствующие профилактические мероприятия и более внимательно относиться к диагностике профзаболеваний в рамках плановой диспансеризации.

Ключевые слова: слюна; капиллярный электрофорез; микро- и макроэлементы; ТЭЦ; металлы.

Как цитировать:

Сарф Е.А., Макарова Н.А., Бельская Л.В. Определение макро- и микроэлементного состава слюны работников ТЭЦ // Экология человека. 2022. Т. 29, №4. С. 285–295. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco104698>

Получена: 11.03.2022

Принята: 31.05.2022

Опубликована: 01.07.2022

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco104698>

Determination of the macro- and microelement composition of the saliva of CHPP workers

Elena A. Sarf, Natal'ya A. Makarova, Ludmila V. Bel'skaya

Omsk State pedagogical university, Omsk, Russian Federation

ABSTRACT

BACKGROUND: Chemical homeostasis is a necessary component for maintaining health, and an excessive or insufficient level of macro and microelements in the body is considered a risk factor for the development of pathological changes.

AIM: To determine the micro and macro-element composition of the saliva of CHPP workers by capillary electrophoresis.

MATERIALS AND METHODS: We used the saliva samples from Omsk CHPP personnel aged 25–45 years (main group; $n=104$) and healthy volunteers aged 23–45 years who were not related to the CHPP company (control group; $n=195$). Capillary electrophoresis was used to evaluate the potassium, sodium, magnesium, calcium, lithium, strontium, barium, and manganese content of all samples.

RESULTS: It has been established that potassium, sodium, magnesium, and calcium ions were present in all the samples investigated; however, their balance is considerably disrupted under conditions of technogenic pollution. It was observed that lithium, barium, strontium, and manganese were identified in a greater number of saliva samples from CHPP workers compared to the control group. Strontium was not identified in the saliva of volunteers in the control group; its appearance correlated with working conditions.

CONCLUSION: The proposed method allows estimating the degree of technogenic load on the body and identifying a risk group for which appropriate preventive measures and greater attention to the diagnosis of occupational diseases as part of a planned medical evaluation are required.

Keywords: saliva; capillary electrophoresis; micro-elements; macro-elements; CHPP; metals.

To cite this article:

Sarf A, Makarova NA, Bel'skaya LV. Determination of the macro and microelement composition of the saliva of CHPP workers. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2022;29(4):285–295. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco104698>

Received: 11.03.2022

Accepted: 31.05.2022

Published: 01.07.2022

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время влияние антропогенных факторов на окружающую среду достигло такого уровня, что рассматривать состояние здоровья населения без учета воздействия условий среды обитания невозможно. Влияние на людей повышенных концентраций загрязняющих веществ приводит к их накоплению в организме. Биомониторинг дает представление о сложившейся санитарно-гигиенической ситуации и устанавливает причинно-следственную связь между состоянием здоровья населения и оценкой тяжести и характера воздействия факторов окружающей среды [1]. Химический гомеостаз является необходимым компонентом сохранения здоровья, а избыточный или недостаточный уровень содержания макро- и микроэлементов в организме рассматривается в качестве фактора риска развития патологических изменений [2]. В качестве маркеров экологического неблагополучия при решении задач биомониторинга, а также для выявления нарушения химического гомеостаза могут выступать биологические жидкости (кровь, моча, слюна и др.), а также волосы и ногти, поскольку они аккумулируют макро- и микроэлементы, поступающие в организм с питьевой водой, пищей, воздухом [2–5].

Наиболее часто изучают содержание тяжелых металлов, таких как свинец, хром, никель, марганец, ванадий, кадмий. Данные микроэлементы в избыточных концентрациях являются токсичными агентами, на фоне которых могут развиваться тяжелые заболевания [6, 7]. Однако изучение содержания в организме щелочных и щелочноземельных металлов не менее важно, ведь давно известна взаимосвязь между элементным составом биологических субстратов и другими параметрами гомеостаза у людей [8]. Обнаружение в организме стронция, бария и лития может свидетельствовать о разнообразных особенностях обмена веществ и биологических ритмов в организме человека, а также о биогеоценозе его обитания [8].

Так, стронций является биологически активным элементом и участвует в процессах свертывания крови и некоторых ферментативных реакциях в качестве ингибитора или активатора [1]. Но основное воздействие стронция оказывает на костно-суставную систему человека. Попадая в организм, элемент включается в обмен веществ, изоморфно замещая кальций в гидроксилapatитовой молекуле костной ткани. Это может привести к изменению структурной организации костно-суставной системы в целом. Избыточное поступление стронция может приводить к развитию первичного остеоартроза [8]. Именно в результате замещения кальция в костной ткани на стронций развивается повышенная ломкость костей [9].

Физиологическое и биохимическое значение бария для организма изучено плохо, однако чрезмерное его поступление опасно для организма. В обмене барий ведет себя подобно кальцию и стронцию. Однако барий всасывается в кровь хуже, а выводится гораздо быстрее.

Попадая в больших количествах в организм, он может замещать ионы кальция в костной ткани. Поэтому ткани, содержащие большие количества кальция, обычно содержат больше бария, а ткани, богатые магнием, содержат мало кальция и бария [9].

Литий в организме принимает участие во многих важных процессах: участвует в жировом и углеводном обмене [10], предупреждает возникновение аллергии, поддерживает работу иммунной системы, нейтрализует действие алкоголя, солей тяжелых металлов и радиации [11]. Марганец является одним из элементов, принимающих участие в нормальном функционировании организма. В степенях окисления (+2) или (+3) марганец входит в активный центр одного из типов супероксиддисмутазы и каталазы – ферментов, участвующих в нейтрализации активных форм кислорода. Марганец активизирует целый ряд ферментов, необходимых для синтеза основных белков соединительной ткани (протеогликанов и коллагена), определяющих рост, структуру костной, хрящевой, соединительной тканей [12]. Марганец наиболее опасен для человека при поступлении в организм в степенях окисления (+4, +6, +7), поскольку способствует развитию оксидативного стресса в результате окисления допамина и других катехоламинов [13].

Одним из источников загрязнения металлами окружающей среды являются угольные теплоэлектростанции (теплоэлектроцентрали, ТЭЦ). Продукты сгорания угля и частицы угольной золы представляют собой сложную смесь, состоящую из оксидов углерода, азота и серы, кварца, несгоревшего углерода, металлов (мышьяк, бор, кадмий, хром, медь, свинец, селен, железо, марганец, цинк, кальций, цирконий, барий, стронций и т.д.), радиоактивных элементов (уран, торий, радий, радон) и полициклических ароматических углеводородов [14]. При этом сведения о влиянии вредных веществ на сотрудников ТЭЦ в доступной отечественной и зарубежной литературе крайне ограничены [15]. Рабочие ТЭЦ в высокой степени подвержены воздействию комплекса неблагоприятных факторов: вредных химических веществ, неблагоприятного микроклимата, шума, вибрации, тяжелого физического труда, что негативно отражается на здоровье сотрудников. В настоящей работе проведено сопоставление уровня макро- и микроэлементов (калий, натрий, литий, магний, стронций, барий, марганец, кальций) в слюне сотрудников ТЭЦ и жителей региона, не связанных с ТЭЦ по роду деятельности.

Одновременное определение микро- и макроэлементов в биосубстратах проводят методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой. Также возможно применение метода атомно-абсорбционной спектроскопии с электротермической атомизацией, ионной хроматографии и рентгенофлуоресцентного анализа, однако данное оборудование является дорогостоящим и требующим определенной квалификации персонала. Реализовать возможность определения различных

металлов на уровне терапевтических или референсных концентраций, необходимых для социально-гигиенического мониторинга, позволяет метод капиллярного электрофореза, позволяющий одновременно определять в слюне человека такие металлы как калий, натрий, литий, магний, стронций, барий, марганец, кальций. Использование в качестве биосубстрата слюны человека имеет ряд преимуществ, по сравнению с венозной или капиллярной кровью, а именно неинвазивность сбора и отсутствие риска инфицирования при получении биоматериала [16–18]. При этом слюна адекватно отражает биохимический статус и физиологическое состояние человека [19–21]. Метод капиллярного электрофореза является одним из современных методов определения ионного состава различных объектов [22]. Он динамично развивается и получает все более широкое применение в различных областях аналитической химии [23–25]. Простота и доступность этого метода, а также неоспоримые преимущества, которые он дает при выполнении измерений, позволяют использовать его в повседневной лабораторной практике.

Цель работы — определение микро- и макроэлементного состава слюны работников ТЭЦ методом капиллярного электрофореза.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Мы использовали образцы слюны сотрудников ТЭЦ г. Омска в возрасте 25–45 лет (основная группа, $n=104$) и здоровых добровольцев в возрасте 23–45 лет, не связанных по роду своей деятельности с ТЭЦ (контрольная группа, $n=195$). Медианы возраста составили 34 и 33 года для основной и контрольной группы соответственно. Соотношение мужчин и женщин в обеих группах было одинаково. Статистически значимых различий между группами по полу и возрасту не выявлено. Пробы слюны собирали утром натощак без дополнительной стимуляции после чистки зубов в 9–10 часов утра в соответствии с полученными ранее данными о суточной динамике состава слюны, после чего центрифугировали при 7000 об/мин. в течение 10 минут [26, 27].

Предварительно получено добровольное информированное согласие от всех участников исследования. Наличие хронических, воспалительных и инфекционных заболеваний было исключено при осмотре терапевтом в рамках плановой диспансеризации. Дополнительно проведен осмотр стоматолога, чтобы исключить наличие воспалительных заболеваний полости рта, способных повлиять на результаты анализа слюны.

Анализ проводили с использованием системы капиллярного электрофореза КАПЕЛЬ-105М (Люмэкс, Санкт-Петербург). В качестве источника света в данной системе используется дейтериевая лампа, а в качестве диспергирующего элемента — дифракционный монохроматор со спектральным диапазоном 190–380 нм и шириной спектрального интервала 20 нм, фотометрический детектор.

Высоковольтный блок постоянного напряжения 1–25 кВ с шагом 1 кВ, сменная полярность, ток 0–200 мкА. Капилляр кварцевый (общая длина капилляра 60 см, эффективная длина капилляра 50 см, внутренний диаметр 75 мкм) с жидкостным охлаждением с заданием и контролем температуры теплоносителя (диапазон от –10 до +30 °С в зависимости от температуры окружающей среды). Питание прибора 187–242 В, 50/60 Гц.

Метод измерений основан на фильтровании, разбавлении отобранной пробы, дальнейшем разделении и количественном определении компонентов с косвенным детектированием при определенной длине волны [13]. Нами подобраны условия определения катионного состава слюны: объем аликвоты исследуемого образца 100 мкл, предварительное осаждение белков слюны 10% раствором трихлоруксусной кислоты, разбавление в 20 раз бидистиллированной водой. Пробы разбавляли, чтобы концентрация исследуемой пробы находилась в середине диапазона концентраций градуировочных растворов, экспериментально нами подобрано оптимальное значение — в 20 раз. Затем к пробе добавляли 100 мкл 10% раствора трихлоруксусной кислоты, центрифугировали при 5000 об./мин. в течение 5 минут и фильтровали через целлюлозно-ацетатный фильтр с размером пор 0,2 мкм. Если значение концентраций определяемых компонентов было ниже максимально разбавленного раствора при построении градуировочного графика, мы проводили повторное измерение с меньшим разбавлением пробы (в 10 раз вместо 20). Для определения катионов (аммоний, калий, натрий, литий, магний, стронций, барий, марганец, кальций) в качестве ведущего электролита использована смесь бензимидазола (20 ммоль/л), винной кислоты (5 ммоль/л) и 18-краун-6 (2 ммоль/л). Ион аммония не относится к макро- и микроэлементам в составе слюны, однако он присутствует на электрофореграммах всех образцов, но в рамках данного исследования является неинформативным и не обсуждается по тексту.

Непосредственно перед проведением анализа капилляр промывали 3 минуты дистиллированной водой, 5 минут 0,5 М раствором гидроксида натрия, 5 минут дистиллированной водой и 10 минут раствором ведущего электролита. Ввод пробы в капилляр пневматический (30 мбар, 5 с). Постоянное напряжение 25 кВ. Длина волны фотометрического детектора 267 нм, температура 20 °С, время анализа 6–7 минут.

Предварительно проведена градуировка прибора с использованием градуировочной смеси, содержащей 50 мг/л ионов аммония, 50 мг/л ионов калия, 50 мг/л ионов натрия, 2 мг/л ионов лития, 2,5 мг/л ионов магния, 2,5 мг/л ионов стронция, 1 мг/л ионов бария, 0,2 мг/л ионов марганца и 50 мг/л ионов кальция. Из полученных растворов последовательным разбавлением в 2, 10, 50 и 100 раз получали градуировочные смеси для построения графиков. Перед градуировкой в выбранных условиях проанализирована холостая проба, в качестве которой

служит бидистиллированная вода, используемая в дальнейшем для приготовления растворов и градуировочной смеси. Проверка правильности определения содержания аналитов проведена методом «введено-найдено», погрешность определения не превышает 10% во всем диапазоне концентраций.

При статистической обработке экспериментальных данных проведена проверка характера распределения, подтверждено нормальное распределение, поэтому рассчитаны доверительные интервалы по критерию Стьюдента, в табл. 1 приведены значения p -value для уровня значимости 0,95.

РЕЗУЛЬТАТЫ

На рис. 1 приведены примеры электрофореграмм слюны основной и контрольной группы. Для добровольцев основной и контрольной группы во всех пробах слюны идентифицировано пять компонентов: ионы аммония, калия, натрия, магния и кальция. Дополнительно идентифицированы ионы лития, стронция, бария и марганца, однако они обнаружены не во всех образцах и чаще встречались у добровольцев основной группы. Различий по содержанию определяемых компонентов среди мужчин и женщин, а также по возрасту в исследуемых группах не выявлено.

Показано, что не только перечень определяемых элементов, но и их количественное содержание отличается между исследуемыми группами (табл. 1). Так, в слюне добровольцев основной группы статистически значимо выше содержание калия и магния. Для ионов аммония, натрия и кальция значимых отличий не выявлено.

В содержании микроэлементов (катионы лития, стронция, бария и марганца) наблюдаются различия по группам. Так, стронций обнаружен только в слюне основной группы — у 14 человек (13,5%). Литий чаще встречается в основной группе (23 человека, 22,1%), чем в группе

сравнения (5 человек, 2,6%). Барий обнаружен у 8 (4,1%) и 32 (30,8%) человек в контрольной и основной группе соответственно. Следует отметить, что литий и барий только у 5 человек из контрольной группы и 10 человек из основной группы встречаются совместно, в остальных случаях в образцах идентифицирован либо литий, либо барий. Для стронция и бария одновременное содержание установлено только у 2 человек из основной группы. Марганец обнаружен у 15 человек (7,7%) в контрольной группе и у 68 человек (65,4%) в основной. При этом в контрольной группе барий и марганец одновременно обнаружены у 8 человек, литий и марганец — у 5 человек, тогда как в основной группе барий и марганец одновременно обнаружены у 30 человек, литий и марганец — у 22 человек, стронций и марганец — у 13 человек. Полученный результат подтверждается рассчитанными коэффициентами корреляции между содержанием бария и марганца ($r=0,8366$), стронция и лития ($r=0,5000$), бария и лития ($r=0,3697$), а также лития и марганца ($r=0,2682$). Между содержанием бария и стронция в слюне корреляций не выявлено (табл. 2).

ОБСУЖДЕНИЕ

Показано, что макроэлементы (натрий, калий, магний и кальций) встречаются во всех исследуемых пробах независимо от принадлежности к основной или контрольной группе, тогда как микроэлементы (литий, стронций, барий и марганец) распределены по группам неравномерно. Анализ полученных данных осложняется тем фактом, что не установлены нормальные (референсные) уровни содержания данных элементов в слюне, поэтому мы условно принимаем за нормальные значения результаты контрольной группы [28].

В табл. 1 видно, что наблюдается увеличение содержания калия в основной группе, тогда как содержание натрия, напротив, незначительно уменьшается. Основная часть

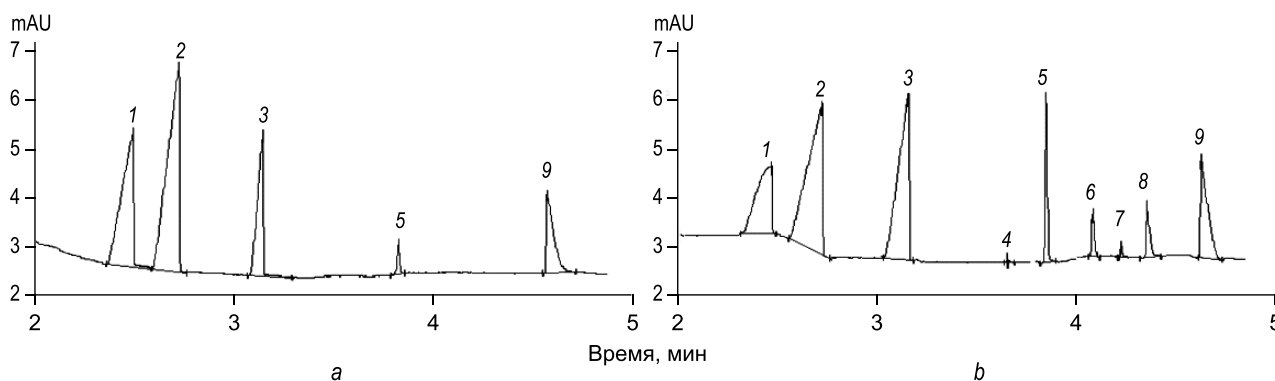


Рис. 1. Примеры электрофореграмм слюны контрольной группы (а) и основной группы (б): 1 — аммоний, 2 — калий, 3 — натрий, 4 — литий, 5 — магний, 6 — стронций, 7 — барий, 8 — марганец, 9 — кальций. mAU — milliAdsorbent Unit — оптическая плотность.

Fig. 1. Examples of saliva electropherograms in the control group (a) and the main group (b): 1 — ammonium, 2 — potassium, 3 — sodium, 4 — lithium, 5 — magnesium, 6 — strontium, 7 — barium, 8 — manganese, 9 — calcium. mAU — milliAdsorbent Unit — optical density.

Таблица 1. Сравнение микро- и макроэлементного состава слюны в основной и контрольной группах**Table 1.** Comparison of micro and macro-elemental composition of saliva in the main and in the control groups

Показатель Indicator	Градуировочное уравнение, коэффициент корреляции Calibration equation, correlation coefficient	Предел обнаружения, мг/л Detection threshold (mg/l)	Основная группа, n=104, мг/л Main group, n=104 (mg/l)	Контрольная группа, n=195, мг/л Control group, n=195 (mg/l)	p-value*
NH ₄ ⁺	y=0,2228x, R ² =0,9953	0,50	239,1±24,5** n=104***	213,2±19,4 n=195	0,7578
K ⁺	y=0,2491x, R ² =0,9999	0,50	729,1±36,9 n=104	574,0±33,6 n=195	0,0024
Na ⁺	y=0,1446x, R ² =0,9995	0,50	132,7±80,6 n=104	178,1±17,3 n=195	0,2789
Li ⁺	y=0,0333x, R ² =0,9999	0,015	0,30±0,09 n=23	0,56±0,32 n=5	0,0741
Mg ²⁺	y=0,631x, R ² =0,9999	0,25	12,35±0,87 n=104	4,73±0,37 n=195	0,0063
Sr ²⁺	y=0,2184x, R ² =0,9998	0,025	2,87±0,63 n=14	—	—
Ba ²⁺	y=0,3040x, R ² =0,9987	0,010	0,58±0,16 n=32	0,60±0,14 n=8	0,4670
Mn ²⁺	y=0,1270x, R ² =0,9999	0,010	0,38±0,08 n=68	0,40±0,02 n=15	0,8742
Ca ²⁺	y=0,0769x, R ² =0,9713	0,50	63,7±4,7 n=104	65,5±5,5 n=195	0,9841

* различия между основной и контрольной группой по критерию Стьюдента, статистически значимые различия при $p < 0,05$;

** приведены значения доверительных интервалов; *** n — число проб, в которых определен соответствующий показатель, во всех остальных пробах содержание анализа меньше предела обнаружения метода.

калия сосредоточена во внутриклеточном пространстве, только 2% во внеклеточной жидкости. Такое распределение поддерживается за счет активности натрий-калиевого насоса клеточной мембраны. Неравновесное распределение ионов калия и натрия по обе стороны мембраны

определяет формирование мембранного потенциала (потенциала покоя), который в свою очередь является одним из ключевых факторов в регуляции функции потенциал-зависимых ионных каналов клеточной мембраны и уровня возбудимости мышечной клетки, что в дальнейшем может

Таблица 2. Коэффициенты корреляции Спирмена по содержанию микро- и макроэлементов в слюне (контрольная + основная группы)**Table 2.** Spearman's correlation coefficients for the content of micro and macro-elements in saliva (control + main group)

	NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	Li ⁺	Mg ²⁺	Sr ²⁺	Ba ²⁺	Mn ²⁺	Ca ²⁺
NH ₄ ⁺	1,0000	0,7002*	0,2662*	-0,2964	0,4981*	-0,2659	-0,1471	0,0582	0,1938
K ⁺	0,7002*	1,0000	0,1664	-0,0446	0,4815*	0,2044	-0,1453	-0,0273	0,2502*
Na ⁺	0,2662*	0,1664	1,0000	0,2852	0,4636*	0,3143	-0,2847	0,0176	0,1453
Li ⁺	-0,2964	-0,0446	0,2852	1,0000	0,0401	0,5000*	0,3697*	0,2682*	0,0013
Mg ²⁺	0,4981*	0,4815*	0,4636*	0,0401	1,0000	0,3407	-0,4124	-0,0665	0,3646*
Sr ²⁺	-0,2659	0,2044	0,3143	0,5000*	0,3407	1,0000	—	0,0604	0,2220
Ba ²⁺	-0,1471	-0,1453	-0,2847	0,3697*	-0,4124*	—	1,0000	0,8366*	-0,4392*
Mn ²⁺	0,0582	-0,0273	0,0176	0,2682*	-0,0665	0,0604	0,8366*	1,0000	-0,0898
Ca ²⁺	0,1938	0,2502*	0,1453	0,0013	0,3646*	0,2220	-0,4392*	-0,0898	1,0000

* коэффициент корреляции статистически значим, $p < 0,05$.

* correlation coefficient is statistically significant, $p < 0,05$

приводить к негативным последствиям [29]. Баланс натрия и калия в слюне можно описывать молярным соотношением Na/K [26]. По нашим данным, в слюне контрольной группы соотношение Na/K составило $(0,594 \pm 0,099)$ у.е., что в целом соотносится с литературными данными, тогда как в основной группе это соотношение снижается в 2 раза и составляет $(0,321 \pm 0,039)$ у.е. ($p=0,0018$). Такое значительное уменьшение соотношения Na/K может свидетельствовать о нарушении баланса данных элементов в организме, что вероятно связано с нарушением трансмембранного потенциала покоя и состоянием проводимости нервных импульсов, что, в свою очередь, может быть связано с особенностями условий труда.

У основной группы наблюдается увеличение содержания калия одновременно с увеличением количества проб, в которых концентрация бария выше предела обнаружения метода. Это может быть связано с тем, что ионы бария, имея одинаковый радиус с ионами калия, конкурируют с ним в биохимических процессах [9]. Можно предположить, что барий, заменяя калий, переходит в связанное состояние. В результате такой взаимозамещаемости может возникать избыток ионов калия. Концентрация натрия при этом снижается, тогда как содержание магния в основной группе статистически значимо выше, чем в группе сравнения. Это может объясняться тем, что данный элемент входит в состав основных золотобразующих макроэлементов, так доли Si, Al, Fe, O, Ca, Ti, Mg, S, K, Na составляют до 98–99% золотшлаковых отходов [30]. Концентрация кальция в обеих группах статистически не отличается. Молярное соотношение Ca/Mg в слюне основной группы составило $(3,09 \pm 0,33)$ у.е., группы сравнения — $(9,71 \pm 0,73)$ у.е., что в основном обусловлено возрастанием концентрации магния в слюне добровольцев основной группы. Поскольку ионы кальция и магния в процессе нервно-мышечной проводимости выступают в качестве естественных антагонистов, дисбаланс этих микроэлементов является одной из причин вероятного запуска патологических процессов в организме человека. Следует отметить, что по содержанию ионов марганца и лития группы не различаются, но количество проб, в которых обнаружены эти ионы, в основной группе практически в 10 раз выше, чем в контрольной. Стронций обнаружен только в основной группе, что также может быть связано с условиями труда. В целом, по нашим данным, содержание микроэлементов в слюне отличается от литературных данных. Так, содержание марганца на порядок выше приведенного в литературе [31], что может быть связано с особенностями региона, поскольку марганец относится к одному из устойчивых загрязняющих веществ в водоемах региона. В 2020 г. на территории Омской области были зарегистрированы случаи высокого загрязнения соединениями марганца (превышение в 5 раз) [32].

Общепризнанно, что обязательным условием нормальной жизнедеятельности человека является стабильность химического состава его организма [4]. При этом

для нормального функционирования всех органов и систем человека крайне необходимо не только регулярное поступление в организм макро- и микроэлементов, но и правильное их соотношение. Дисбаланс отношения таких элементов как натрий-калий, кальций-магний, барий-стронций явно отражается на физиологическом состоянии человека и снижает сопротивляемость организма, а, следовательно, отражается на способности человека к адаптации [33]. По полученным данным, в основной группе происходит снижение более чем в 2 раза соотношения Na/K и в 3 раза соотношения Ca/Mg. Соотношение Ba/Sr оценить в исследуемых группах сложно, поскольку в слюне добровольцев группы сравнения его содержание ниже предела обнаружения метода капиллярного электрофореза.

Известно, что увеличение электрической и тепловой мощности ТЭЦ при отсутствии модернизации оборудования приводит к увеличению риска для здоровья населения [34]. Изменение топливного баланса в сторону увеличения доли твердого топлива ведет к увеличению объема выбросов не только химических соединений, но и твердых частиц, что способствует повышению уровня канцерогенной и неканцерогенной опасности для населения, особенно для сотрудников данных предприятий [34]. Известно, что элементный статус организма человека, в том числе и слюны, в первую очередь, зависит от его генетических особенностей и формируется под влиянием ряда факторов (характера питания, места проживания, профессионального воздействия), а также отражает суммарное поступление загрязняющих веществ из атмосферного воздуха, воды и продуктов питания [28]. Наряду с другими металлами, образующимися при сжигании кокса, в составе золы определяются как барий, так и стронций. Этим может быть объяснено их повышенное содержание в слюне сотрудников ТЭЦ.

Для планирования мероприятий по снижению риска для здоровья населения в системе социально-гигиенического мониторинга необходимо учитывать негативное влияние микроэлементов (литий, барий, стронций и марганец) на организм сотрудников ТЭЦ. Основу комплексных мероприятий по экологической безопасности населения в районах размещения многотопливных городских ТЭЦ составляют современные инженерно-технические разработки, обеспечивающие гигиеническую и экологическую рационализацию производства электрической и тепловой энергии [35].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Апробирован метод капиллярного электрофореза для одновременного определения содержания микро- и макроэлементов в слюне. Установлено, что ионы калия, натрия, магния и кальция присутствуют во всех исследуемых образцах, однако их баланс существенно изменяется у работников ТЭЦ. Показано, что ионы лития, бария, стронция и марганца выявлены в большем количестве

проб слюны работников ТЭЦ, по сравнению с группой контроля. Стронций в слюне добровольцев контрольной группы не обнаружен, по-видимому, его появление коррелирует с условиями труда. Предложенный метод позволяет оценить влияние условий труда на организм человека и выделить группу риска, для которой необходимо подбирать соответствующие профилактические мероприятия и более внимательно относиться к диагностике профзаболеваний в рамках плановой диспансеризации.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ / ADDITIONAL INFORMATION

Финансирование. Исследование не имело финансовой поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов. Наибольший вклад распределён следующим образом: Л.В. Бельская — организация и дизайн исследования,

подготовка, редакция и утверждение окончательного варианта статьи; Е.А. Сарф, Н.А. Макарова — сбор и анализ данных; Н.А. Макарова — подготовка первого варианта статьи. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Funding source. The study did not have financial support.

Competing interests. The authors declare that there is no conflict of interest.

Authors contribution. The greatest contribution is distributed as follows: L.V. Bel'skaya — preparation, organization and design of the study, revision and approval of the final version of the article; E.A. Sarf, N.A. Makarova — data collection and analysis; N.A. Makarova — preparation of the first version of the article. All authors confirm that their authorship meets the international ICMJE criteria (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, research and preparation of the article, read and approved the final version before publication).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гилева О.В., Уланова Т.С., Вейхман Г.А., Недошитова А.В., Стенно Е.В. Методическое обеспечение определения токсичных и эссенциальных элементов в биологических средах человека для задач социально-гигиенического мониторинга и биомедицинских исследований // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95, № 1. С. 116–121. doi: 10.18821/0016-9900-2016-95-1-116-121.el
2. Губарева Л.И., Соловьев А.Г., Бичева Г.В., Ермолова Л.С. Сочетанное влияние гипо- и гипермикроэлементозов на функционирование сердечно-сосудистой, эндокринной систем и уровень тревожности подростков // Экология человека. 2017. Т. 24, № 8. С. 29–36. doi: 10.33396/1728-0869-2017-8-29-36
3. Воронкова И.П., Михайлова И.В., Боев В.М., Чеснокова Л.А., Кузьмичева Н.А. Особенности содержания токсичных микроэлементов в волосах и крови детей, проживающих в различных районах Оренбургской области // МНИЖ. 2021. Т. 107, № 5-2. С. 12–16. doi: 10.23670/IRJ.2021.107.5.036
4. Никанов А.Н., Гудков А.Б., Попова О.Н., Смолина В.С., Чашин В.П. Минеральный состав крови жителей арктического района с низкой минерализацией воды в системах централизованного водоснабжения // Экология человека. 2021. № 3. С. 42–47. doi: 10.33396/1728-0869-2021-3-42-47
5. Храмов А.В., Контрош Л.В., Панкратова М.Ю., Веженкова И.В. Влияние химического состава питьевой воды на уровень накопления токсичных металлов в организме человека // Экология человека. 2019. № 6. С. 11–16. doi: 10.33396/1728-0869-2019-6-11-16
6. Зайцев И.В., Зурнаджянц В.А., Кутуков В.В., Кутуков В.Е. Кумуляция микроэлементов в крови при некоторой патологии мочевого выделительной системы // Астраханский медицинский журнал. 2015. Т. 10, № 2. С. 47–51.
7. Землянова М.А., Тарантин А.В. Нарушения белкового профиля человека в условиях воздействия тяжелых металлов // Экология человека. 2012. № 7. С. 7–14. doi: 10.17816/humeco17439.
8. Чашин В.П., Иванова О.М., Иванова М.А. Медико-экологические аспекты связи расстройств функциональных систем человека с содержанием микроэлементов бария и стронция в организме. Обзор литературы // Экология человека. 2019. № 4. С. 39–47. doi: 10.33396/1728-0869-2019-4-39-47
9. Стопницкий А.А., Акалаев Р.Н., Хаджибаев А.М. Особенности клинического течения, диагностики и интенсивной терапии острых отравлений барием (случаи из практики) // Журнал им. Н.В. Склифосовского. Неотложная медицинская помощь. 2021. Т. 10, № 4. С. 818–823. doi: 10.23934/2223-9022-2021-10-4-818-823
10. Praharaj S.K. Metformin for lithium-induced weight gain: a case report // Clin. Psychopharmacol. Neurosci. 2016. Vol. 14, N 1. P. 101–103. doi: 10.9758/cpn.2016.14.1.101
11. Робинсон М.В., Котлярова А.А., Шурлыгина А.В., Рачковская Л.Н., Летягин А.Ю. Механизмы действия соединений лития // Сибирский научный медицинский журнал. 2019. Т. 39, № 5. С. 19–28. doi: 10.15372/SSMJ20190503
12. Захарова И.Н., Творогова Т.М., Соловьева Е.А., Степурина Л.Л., Воробьева А.С. Дисплазия соединительной ткани: фактор риска остеопении у детей и подростков // Медицинский совет. 2020. № 1. С. 30–40. doi: 10.21518/2079-701X-2020-1-30-40
13. Комарова Н.В., Каменцев Я.С. Практическое руководство по использованию систем капиллярного электрофореза «КАПЕЛЬ». СПб.: Веда, 2006. 212 с.
14. Минина В.И., Нелюбова Ю.А., Савченко Я.А., Тимофеева А.А., Астафьева Е.А., Баканова М.Л., Мейер А.В., Глушков А.Н. Оценка повреждений хромосом у рабочих угольной те-

- плотностростанции // Мед. труда и пром. экол. 2019. № 3. С. 149–154. doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-3-149-154
15. Панков В.А., Кулешова М.В. Оценка условий труда, состояния здоровья и профессионального риска работников предприятий теплоэнергетики // Гигиена и санитария. 2019. № 98 (7). С. 766–770. doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-7-766-770
16. Malathi N., Mythili S., Vasanthi H.R. Salivary Diagnostics: A Brief Review // ISRN Dentistry. 2014:158786. doi: 10.1155/2014/158786
17. Miller C.S., Foley J.D., Bailey A.L., Campell C.L., Humphries R.L., Christodoulides N., Floriano P.N. Current developments in salivary diagnostics // Biomark Med. 2010. N 4(1). P. 171–189.
18. Nunes L.A., Mussavira S., Bindhu O.S. Clinical and diagnostic utility of saliva as a non-invasive diagnostic fluid: a systematic review // Biochem Med (Zagreb). 2015. Vol. 25, N 2. P. 177–192. doi: 10.11613/BM.2015.018
19. Arunkumar S., Arunkumar J.S., Krishna N.B., Shakunthala G.K. Developments in diagnostic applications of saliva in oral and systemic diseases — A comprehensive review // Journal of Scientific and Innovative Research. 2014. N 3(3). P. 372–387.
20. Liu J., Duan Y. Saliva: A potential media for disease diagnostics and monitoring // Oral Oncology. 2012. Vol. 48, N 7. P. 569–577. doi: 10.1016/j.oraloncology.2012.01.021
21. Shipper R.G., Silletti E., Vingerhoeds M.H. Saliva as research material: Biochemical, physicochemical and practical aspects // Archives of oral biology. 2007. Vol. 52, N 12. P. 1114–1135. doi: 10.1016/j.archoralbio.2007.06.009.
22. Сурсякова В.В., Рубайло А.И. Изучение мешающего влияния органических кислот на определение фторид-ионов методом капиллярного электрофореза с применением хроматного фонового электролита // Журнал Сибирского федерального университета. 2017. № 4. С. 573–579. doi: 10.17516/1998-2836-0049
23. Guo L., Wang Y., Zheng Y., Huang Z., Cheng Y., Ye J., Chu Q., Huang D. Study on the potential application of salivary inorganic anions in clinical diagnosis by capillary electrophoresis coupled with contactless conductivity detection // J Chromatogr B Analyt Technol Biomed Life Sci. 2016. Vol. 1014. P. 70–74. doi: 10.1016/j.jchromb.2016.01.052
24. Mori M., Ishikawara F., Tomoda T., Yamada S., Okamoto M., Itabashi H., Seki Y., Matsumoto R., Shoho Y., Martha L., Sumino H., Murakami M. Use of capillary electrophoresis with dual-opposite end injection for simultaneous analysis of small ions in saliva samples from wrestlers undergoing a weight training program // J Chromatogr B Analyt Technol Biomed Life Sci. 2016. Vol. 1012–1013. P. 178–185. doi: 10.1016/j.jchromb.2016.01.037
25. Vitali L., Favere V.T., Micke G.A. A new method to determine biological sample volume by short and multiple injection capillary electrophoresis: Application in determination of nitrate and thiocyanate in human saliva // Journal of Chromatography A. 2011. Vol. 1218. P. 2327–2333. doi: 10.1016/j.chroma.2011.02.035
26. Бельская Л.В., Сарф Е.А., Косенок В.К., Массард Ж. Хронофизиологические особенности электролитного состава слюны человека в норме // Экология человека. 2018. Т. 25, № 5. С. 28–32. doi: 10.33396/1728-0869-2018-5-28-32
27. Bel'skaya L.V., Kosenok V.K., Sarf E.A. Chronophysiological features of the normal mineral composition of human saliva // Archives of Oral Biology. 2017. Vol. 82. P. 286–292. doi: 10.1016/j.archoralbio.2017.06.024
28. Трофимчук А.А., Кабирова М.Ф., Гуляева О.А., Ларионова Т.К., Каримова Л.К., Салыхова Г.А. Уровень эссенциальных и токсичных элементов в биосредах полости рта у работников горно-обогатительного комбината, занятых добычей и переработкой медно-цинковых руд // Проблемы стоматологии. 2018. Т. 14, № 1. С. 33–36. doi: 10.24411/2077-7566-2018-10006
29. Осадчий О.Е. Гипокалиемия – клиническое значение и роль в механизмах аритмогенеза сердца // Кубанский научный медицинский вестник. 2019. Т. 26, № 4. С. 94–106. doi: 10.25207/1608-6228-2019-26-4-94-106
30. Ермагамбет Б.Т., Нурғалиев Н.У., Абылгазина Л.Д., Касенова Ж.М., Казанкапова М.К., Маслов Н.А. Исследование химического состава золы углей // Наука, техника и образование. 2018. Т. 49, № 8. С. 10–14.
31. Sheibaninia A. The effect of social stress on salivary trace elements // Biological Trace Element Research. 2014. Vol. 162. P. 58–63. doi: 10.1007/s12011-014-0119-0
32. Министерство природных ресурсов и экологии Омской области. Доклад об экологической ситуации в Омской области за 2020 г. Омск: Омскбланкиздат, 2021. 300 с.
33. Горбачев А.Л. Некоторые проблемы биогеохимии северных территорий России // Микроэлементы в медицине. 2018. Т. 19, № 4. С. 3–9. doi: 10.19112/2413-6174-2018-19-4-3-9
34. Петров С.Б., Петров Б.А. Оценка риска здоровью населения при воздействии твердых частиц в составе атмосферных выбросов многотопливных теплоэлектроцентралей // Экология человека. 2019. Т. 26, № 6. С. 4–10. doi: 10.33396/1728-0869-2019-6-4-10
35. Петров С.Б. Эколого-эпидемиологическая оценка заболеваемости населения болезнями системы кровообращения и органов дыхания в зоне влияния атмосферных выбросов многотопливной теплоэлектроцентрали // Экология человека. 2018. Т. 25, № 6. С. 18–24. doi: 10.33396/1728-0869-2018-6-18-24

REFERENCES

1. Gileva OV, Ulanova TS, Veykhman GA, Nedoshitova AV, Stenno YeV. Methodological support for the determination of toxic and essential elements in human biological environments for tasks of social and hygienic monitoring and biomedical research. *Gigiyena i sanitariya*. 2016;95(1):116–121. (In Russ). doi: 10.18821/0016-9900-2016-95-1-116-121
2. Gubareva LI, Solov'yev AG, Bicheva GV, Yermolova LS. The combined effect of hypo- and hypermicroelementoses on the functioning of the cardiovascular, endocrine systems and the level of anxiety in adolescents. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2017;24(8):29–36. (In Russ). doi: 10.33396/1728-0869-2017-8-29-36
3. Voronkova IP, Mikhaylova IV, Boyev VM, Chesnokova LA, Kuz'micheva NA. Features of the content of toxic trace elements in the hair and blood of children living in various regions of the Orenburg region. *MNIZH*. 2021;107(5-2):12–16. (In Russ). doi: 10.23670/IRJ.2021.107.5.036

4. Nikanov AN, Gudkov AB, Popova ON, Smolina VS, Chashchin VP. Mineral blood composition of inhabitants of the Arctic region with low water salinity in centralized water supply systems. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2021;3:42–47. (In Russ). doi: 10.33396/1728-0869-2021-3-42-47
5. Khramov AV, Kontrosh LV, Pankratova MYu, Vezhenkova IV. Influence of the chemical composition of drinking water on the level of accumulation of toxic metals in the human body. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2019;6:11–16. (In Russ). doi: 10.33396/1728-0869-2019-6-11-16
6. Zaytsev IV, Zurnadzh'yants VA, Kutukov VV, Kutukov VYe. Accumulation of trace elements in the blood with some pathology of the urinary system. *Astrakhanskiy meditsinskiy zhurnal*. 2015;10(2):47–51. (In Russ).
7. Zemlyanova MA, Tarantin AV. Violations of the human protein profile under the influence of heavy metals. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2012;7:7–14. (In Russ). doi: 10.17816/humeco17439
8. Chashchin VP, Ivanova OM, Ivanova M A. Medico-ecological aspects of the relationship between disorders of human functional systems and the content of barium and strontium trace elements in the body. Literature review. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2019;4:39–47. (In Russ). doi: 10.33396/1728-0869-2019-4-39-47
9. Stopnitskiy AA, Akalayev RN, Khadzhibayev AM. Features of the clinical course, diagnosis and intensive care of acute barium poisoning (case reports). *Zhurnal im. N.V. Sklifosovskogo Neotlozhnaya meditsinskaya pomoshch'*. 2021;10(4):818–823. (In Russ). doi: 0.23934/2223- 9022-2021-10-4-818-823
10. Praharaj SK. Metformin for lithium-induced weight gain: a case report. *Clin. Psychopharmacol. Neurosci.* 2016;14(1):101–103. doi: 10.9758/cpn. 2016.14.1.101
11. Robinson MV, Kotlyarova AA, Shurlygina AV, Rachkovskaya LN, Letyagin AYU. Mechanisms of action of lithium compounds. *Sibirskiy nauchnyy meditsinskiy zhurnal*. 2019;39(5):19–28. (In Russ). doi: 10.15372/ SSMJ20190503
12. Zakharova IN, Tvorogova TM, Solov'yeva YeA, Stepurina LL, Vorob'yeva AS. Connective tissue dysplasia: a risk factor for osteopenia in children and adolescents. *Meditsinskiy sovet*. 2020;1:30–40. (In Russ). doi: 10.21518/2079-701X-2020-1-30-40
13. Komarova NV, Kamentsev YaS. *Prakticheskoye rukovodstvo po ispol'zovaniyu sistem kapillyarnogo elektroforeza «KAPEL'»* [Practical guide to the use of systems of capillary electrophoresis "DROPS"]. Saint Petersburg: Veda; 2006. 212 p. (In Russ).
14. Minina VI, Nelyubova YuA, Savchenko YaA, Timofeeva AA, Astafieva EA, Bakanova ML, Meyer AV, Glushkov AN. Evaluation of chromosome damage in workers at a coal-fired thermal power plant. *Med. truda i prom. ekol.* 2019;59(3):149–154. (In Russ). doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-3-149-154
15. Pankov VA, Kuleshova MV. Evaluation of working conditions, health status and occupational risk of employees of thermal power plants. *Gigiyena i sanitariya*. 2019;98(7):766–770. (In Russ). doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-7-766-770
16. Malathi N, Mythili S, Vasanthi HR. Salivary Diagnostics: A Brief Review. *ISRN Dentistry*. 2014; 2014:158786. doi: 10.1155/2014/158786
17. Miller CS, Foley JD, Bailey AL, Campell CL, Humphries RL, Christodoulides N, Floriano PN. Current developments in salivary diagnostics. *Biomark Med*. 2010;4(1):171–89.
18. Nunes LA, Mussavira S, Bindhu OS. Clinical and diagnostic utility of saliva as a non-invasive diagnostic fluid: a systematic review. *Biochem Med (Zagreb)*. 2015;25(2):177–192. doi: 10.11613/BM.2015.018
19. Arunkumar S, Arunkumar JS, Krishna NB, Shakunthala GK. Developments in diagnostic applications of saliva in oral and systemic diseases — A comprehensive review. *Journal of Scientific and Innovative Research*. 2014;3(3):372–387.
20. Liu J, Duan Y. Saliva: A potential media for disease diagnostics and monitoring. *Oral Oncology*. 2012;48(7):569–577. doi: 10.1016/j.oraloncology.2012.01.021
21. Shipper RG, Silletti E, Vingerhoeds MH. Saliva as research material: Biochemical, physicochemical and practical aspects. *Archives of oral biology*. 2007;52(12):1114–1135. doi: 10.1016/j.archoralbio.2007.06.009.
22. Sursyakova VV, Rubaylo AI. Study of the interfering effect of organic acids on the determination of fluoride ions by capillary electrophoresis using a chromate background electrolyte. *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta*. 2017;4:573–579. (In Russ). doi: 10.17516/1998-2836-0049
23. Guo L, Wang Y, Zheng Y, Huang Z, Cheng Y, Ye J, Chu Q, Huang D. Study on the potential application of salivary inorganic anions in clinical diagnosis by capillary electrophoresis coupled with contactless conductivity detection. *J Chromatogr B Analyt Technol Biomed Life Sci*. 2016;1014:70–74. doi: 10.1016/j.jchromb.2016.01.052
24. Mori M, Ishikawara F, Tomoda T, Yamada S, Okamoto M, Itabashi H, Seki Y, Matsumoto R, Shoho Y, Martha L, Sumino H, Murakami M. Use of capillary electrophoresis with dual-opposite end injection for simultaneous analysis of small ions in saliva samples from wrestlers undergoing a weight training program. *J Chromatogr B Analyt Technol Biomed Life Sci*. 2016;1012–1013:178–185. doi: 10.1016/j.jchromb.2016.01.037
25. Vitali L, Fávère VT, Micke GA. A new method to determine biological sample volume by short and multiple injection capillary electrophoresis: Application in determination of nitrate and thiocyanate in human saliva. *Journal of Chromatography A*. 2011;1218:2327–2333. doi: 10.1016/j.chroma.2011.02.035
26. Belskaya LV, Sarf EA, Kosenok VK, Massard J. Chronophysiological features of the electrolyte composition of human saliva in normal conditions. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2018;5:28–32. (In Russ). doi: 10.33396/1728-0869-2018-5-28-32
27. Bel'skaya LV, Kosenok VK, Sarf EA. Chronophysiological features of the normal mineral composition of human saliva. *Archives of Oral Biology*. 2017;82:286–292. doi: 10.1016/j.archoralbio.2017.06.024
28. Trofimchuk AA, Kabirova MF, Gulyayeva OA, Larionova TK, Kari-mova LK, Salyakhova GA. The level of essential and toxic elements in the biomedica of the oral cavity in employees of a mining and processing plant engaged in the extraction and processing of copper-zinc ores. *Problemy stomatologii*. 2018;14(1):33–36. (In Russ). doi: 10.24411/2077-7566-2018-10006

29. Osadchiy OYe. Hypokalemia — clinical significance and role in the mechanisms of cardiac arrhythmogenesis. *Kubanskiy nauchnyy meditsinskiy vestnik*. 2019;26(4):94–106. (In Russ). doi: 10.25207/1608-6228-2019-26-4-94-106
30. Yermagambet BT, Nurgaliyev NU, Abylgazina LD, Kasenova ZhM, Kazankapova MK, Maslov NA. Study of the chemical composition of coal ash. *Nauka, tekhnika i obrazovaniye*. 2018;49(8):10–14. (In Russ).
31. Sheibaninia A. The effect of social stress on salivary trace elements. *Biological Trace Element Research*. 2014;162:58–63. doi: 10.1007/s12011-014-0119-0
32. Ministry of Natural Resources and Ecology of the Omsk Region. *Report on the environmental situation in the Omsk region for 2020*. Omsk: Omskblankizdat; 2021. 302 p. (In Russ).
33. Gorbachev AL. Some problems of biogeochemistry of the northern territories of Russia. *Mikroelementy v meditsine*. 2018;19(4):3–9. (In Russ). doi: 10.19112/2413-6174-2018-19-4-3-9
34. Petrov SB, Petrov BA. Assessment of the risk to public health under the influence of particulate matter as part of atmospheric emissions from multi-fuel combined heat and power plants. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2019;26(6):4–10. (In Russ). doi: 10.33396/1728-0869-2019-6-4-10.
35. Petrov SB. Ecological and epidemiological assessment of the morbidity of the population with diseases of the circulatory system and respiratory organs in the zone of influence of atmospheric emissions from a multi-fuel combined heat and power plant. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2018;25(6):18–24. (In Russ). doi: 10.33396/1728-0869-2018-6-18-24

ОБ АВТОРАХ

***Бельская Людмила Владимировна**, канд. хим. наук;
адрес: 644099, г. Омск, ул. Набережная Тухачевского, д. 14,
каб. 126; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6147-4854>;
eLibrary SPIN: 4189-7899;
e-mail: LudaB2005@mail.ru

Сарф Елена Александровна;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4918-6937>;
eLibrary SPIN: 9161-0264;
e-mail: nemcha@mail.ru

Макарова Наталья Анатольевна;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0573-388X>;
eLibrary SPIN: 4505-9380;
e-mail: makar_na@mail.ru

AUTHORS INFO

***Ludmila V. Bel'skaya**, Cand. Sci. (Chem);
address: 644099, Omsk, st. Tukhachevsky embankment, 14, room
126; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6147-4854>;
eLibrary SPIN: 4189-7899;
e-mail: LudaB2005@mail.ru

Elena A. Sarf;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4918-6937>;
eLibrary SPIN: 9161-0264;
e-mail: nemcha@mail.ru

Natal'ya A. Makarova;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0573-388X>;
eLibrary SPIN: 4505-9380;
e-mail: makar_na@mail.ru

*Автор, ответственный за переписку / Corresponding author