

УДК 502:613; 504.75.05

**А.О. Нестеренко**

аспирант кафедры «Техносферная безопасность» ФГБОУ ВО  
Дальневосточный государственный университет путей  
сообщения

**Е.Д. Целых**

д-р биол. наук, профессор кафедры «Техносферная  
безопасность» ФГБОУ ВО Дальневосточный  
государственный университет путей сообщения

**Н.К. Христофорова**

д-р биол. наук, профессор кафедры экологии ФГАОУ ВО  
Дальневосточный федеральный университет, ведущий  
научный сотрудник ФБГУН Тихоокеанский институт  
географии Дальневосточного отделения РАН

**Н.В. Бердников**

канд. геол.-минерал. наук, заведующий лабораторией  
физико-химических методов исследования, заместитель  
директора по научной и инновационной работе ФБГУН  
Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина  
Дальневосточного отделения РАН

**A.O. Nesterenko**

Postgraduate student, Technosphere Safety, Far Eastern State  
Transport University

**E.D. Tselykh**

PhD, DSci, Full Prof., Technosphere Safety, Far Eastern State  
Transport University

**N.K. Khristoforova**

PhD, DSci, Full Prof., Ecology, Far Eastern Federal University,  
Lead Researcher, Pacific Institute of Geography, Far Eastern  
Branch of the Russian Academy of Sciences

**N.V. Berdnikov**

PhD, Head of Physical and Chemical Research Methods  
Laboratory, Deputy Director for Science and Innovations  
for the Institute of Tectonics and Geophysics named after  
Yu. Kosygin of the Far Eastern Branch of the Russian Academy  
of Sciences

## **Анализ элементного состава сыворотки крови и волос подростков разных этнических групп Хабаровского края на фоне рациона питания и техногенного загрязнения территории**

**КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ**

**Нестеренко Алена Олександровна**, аспирант кафедры  
«Техносферная безопасность» ФГБОУ ВО  
Дальневосточный государственный университет путей  
сообщения

**Адрес:** 680021, г. Хабаровск, ул. Серышева, д. 47

**Тел.:** +7 (914) 183-15-18

**E-mail:** alenushka\_3@inbox.ru

**Статья поступила в редакцию:** 14.04.2018

**Статья принята к печати:** 04.06.2018

**Аннотация**

Проведено эколого-биологическое обследование под-  
ростков коренных малочисленных народов (КМНС) —  
нивхов ( $n = 25$ ), эвенов ( $n = 54$ ) и пришлого русского  
населения ( $n = 23$ ) Хабаровского края, средний возраст  
которых  $14,57 \pm 0,24$ ,  $14,6 \pm 0,21$  и  $15,00 \pm 0,32$  года со-  
ответственно. Методом атомно-эмиссионной спектро-  
скопии определено содержание Fe, Cu, Mo, Zn, Co, Se,  
Th, U в образцах сыворотки крови (СК) и волос (ВЛ).

## **Analysis of the elemental composition in blood serum and hair of adolescents of different ethnic groups in Khabarovsk krai in connection with nutrition and technogenic contamination of territories**

**CONTACT INFORMATION**

**Alena O. Nesterenko**, Postgraduate student, Technosphere  
Safety, Far Eastern State Transport University

**Address:** 47, Serysheva str., Khabarovsk, 680021, Russia

**Tel.:** +7 (914) 183-15-18

**E-mail:** alenushka\_3@inbox.ru

**Article received on:** April 14, 2018

**Article approved on:** June 4, 2018

**Abstract**

An ecological and biological examination of adoles-  
cents of the following ethnic groups of Khabarovsk Krai  
was conducted: Nivkhs ( $n = 25$ ), Evens ( $n = 54$ ) and newly  
arrived Russians ( $n = 23$ ), whose average age amounted  
to  $14.57 \pm 0.24$ ,  $14.6 \pm 0.2$  and  $15.00 \pm 0.32$ , respectively.  
Fe, Cu, Mo, Zn, Co, Se, Th, U content in samples of blood  
serum and hair was determined by atomic emission spec-  
troscopy with inductively-coupled plasma. The elemental

Анализ содержания элементов в рационе питания проведен на основании обработки анкет с использованием программы Correct Food 6.5, созданной в НИИ питания РАМН на основе справочника «Химический состав пищевых продуктов» (под ред. академика АМН А.А. Покровского). Выявлен элементный дисбаланс исследуемых субстратов. Фактором, усиливающим инверсии элементного баланса, являются высокие концентрации Th и U в сыворотке крови и волосах подростков разных этнических групп.

**Ключевые слова:** подростки, химические элементы Fe, Cu, Mo, Zn, Co, Se, Th, U, волосы, сыворотка крови, металло-лигандный гомеостаз.

analysis of the diet was performed by means of questionnaires, and with the help of «Correct Food 6.5» software based on the reference book «Chemical composition of foods» (edited by Academician of the Academy of Medical Sciences A.A. Pokrovsky). Analysis of biosubstrates revealed elemental imbalance in all ethnic groups. The high concentrations of Th and U in the blood serum and hair of adolescents was an additional factor of inversion of elemental homeostasis.

**Keywords:** adolescents, chemical elements Fe, Cu, Mo, Zn, Co, Se, Th, U, hair, blood serum, metal-ligand homeostasis.

## ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях масштабы негативно-техногенного воздействия на окружающую среду вызывают нарастающую тревогу в связи с последствиями для природных экосистем и здоровья населения. В настоящее время здоровье населения может служить интегральным критерием оценки качества окружающей среды [1].

Среди многих факторов, влияющих на здоровье, большую роль играет специфика биогеохимической провинции, в том числе характер питания, социально-гигиенические условия быта, образа жизни [2]. Химический состав компонентов окружающей среды имеет прямое воздействие на металло-лигандный гомеостаз организма [3]. Детский организм наименее устойчив к действию экологических факторов, и любые негативные изменения в среде сказываются на состоянии здоровья.

Организм человека — это сложная структура, в которой существуют свои законы распространения и распределения макро- и микроэлементов. Многие химические элементы, такие как Fe, Cu, Zn, Se и др., входят в состав ферментов, гормонов, витаминов, участвуют в различных реакциях, происходящих в организме, но в отличие от большинства органических веществ не синтезируются в организме, а поступают извне. Своеобразием территории Хабаровского края, непосредственно влияющим на микроэлементный статус населения, является недостаток Se, Co, I, но избыток Fe в окружающей среде [4]. Важнейшей особенностью обмена химических элементов в организме является их взаимодействие друг с другом, которое проявляется в виде синергетических или антагонистических эффектов. Одним из дестабилизирующих факторов обмена эссенциальных элементов в организме является поступление радиоактивных элементов [5].

До настоящего времени остаются открытыми вопросы биологической роли природных радионуклидов (Th, U). Обладая высокой химической активностью и способностью образовывать комплексы соединений, Th и U включаются в метаболические процессы, изменяя нормальное функционирование органов и систем. При длительном поступлении в организм возрастает вклад радиационной составляющей, и в острых случаях доминирующими являются их химические свойства [6].

Поэтому изучение элементного баланса биосубстратов детей приобретает большую эколого-социальную значимость в связи с техногенным загрязнением территории Дальнего Востока.

**Цель исследования** — определение элементного баланса биологических субстратов подростков разных этнических групп, проживающих в Хабаровском крае, на фоне особенностей нутриентного состава рациона питания и техногенного загрязнения территории региона.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведено обследование детей пубертатного периода ( $n = 102$ ) Хабаровского края национальности нивхи ( $n_{\text{♂}} = 17$ ;  $n_{\text{♀}} = 8$ ), средний возраст которых составил  $14,57 \pm 0,24$  года, эвены ( $n_{\text{♂}} = 36$ ;  $n_{\text{♀}} = 18$ ),  $14,60 \pm 0,21$  года, и пришлого населения — этнические русские ( $n_{\text{♂}} = 6$ ;  $n_{\text{♀}} = 17$ ),  $15,00 \pm 0,32$  года. На основании информированного согласия родителей обследованных детей получено разрешение этического комитета Хабаровского филиала ДНЦ ФПД — НИИ Омид.

На базе ИТИГ ДВО РАН проведено определение содержания элементов в СК и ВЛ: Fe, Cu, Mo, Zn, Co, Se, Th и U — методом атомно-эмиссионной спектроскопии (ICP-MS ELAN DRC II PerkinElmer, США).

В среднесуточном рационе питания, полученном в результате анкетирования (методика «вчера-не-дня») [7], таблиц-клише, программы Correct Food 6.5, созданной на основе справочника «Химический состав пищевых продуктов» (под ред. академика АМН А.А. Покровского), одобренной Министерством здравоохранения и социального развития РФ, определено содержание микроэлементов (Fe, Cu, Mo, Zn, Co, Se).

Статистический анализ проводился с использованием стандартных методов вариационной статистики: определение статистически значимых различий величин анализируемых показателей с использованием критерия Стьюдента, с учетом ошибки среднего ( $M \pm m$ ); корреляционный анализ ( $r$ ) — по коэффициенту парной корреляции [8].

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

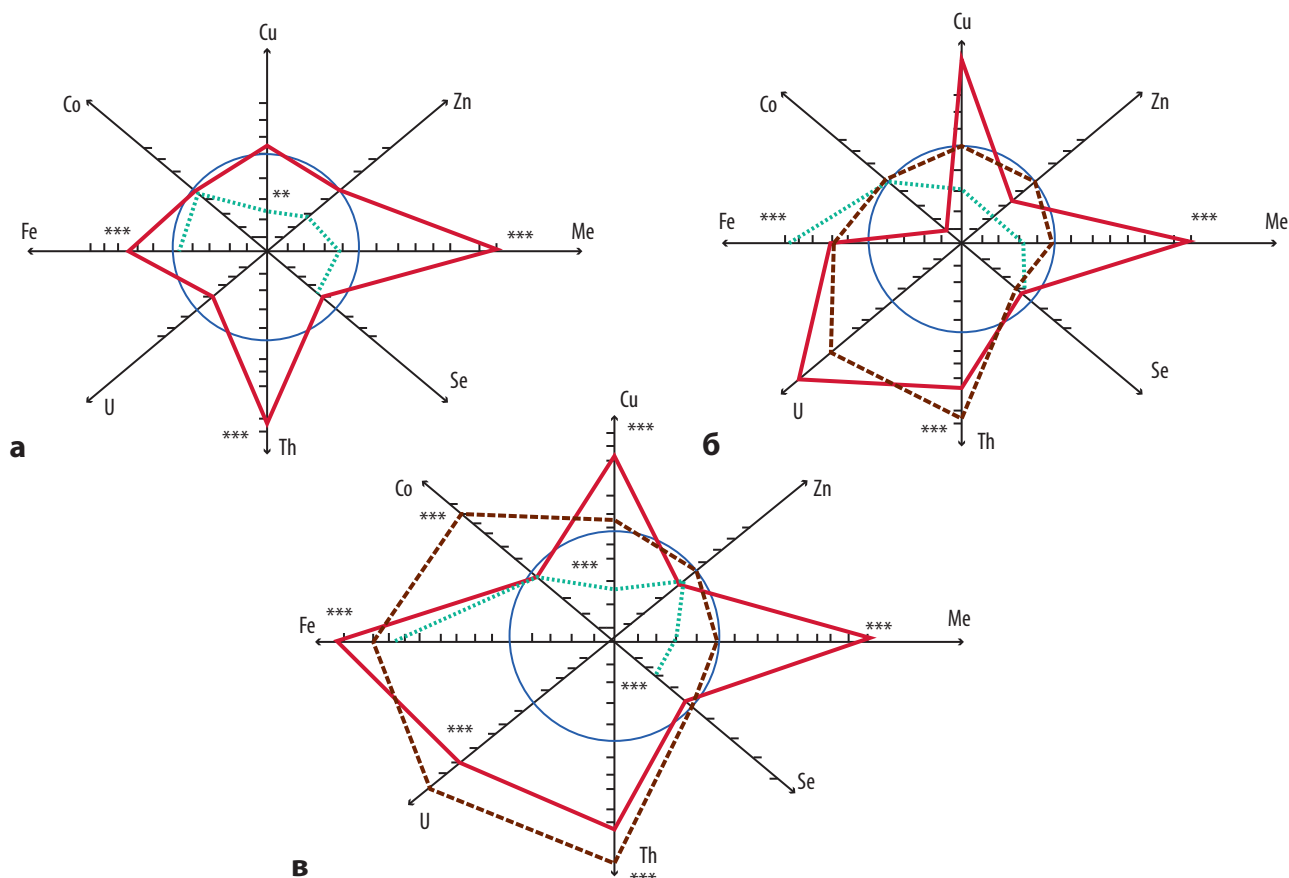
Анализ элементного состава СК и ВЛ на фоне нуриентных характеристик питания детей пубертат-

ного периода, проживающих в Хабаровском крае, выявил элементный дисбаланс.

На рис. 1 представлены парциальные элементные характеристики СК, ВЛ и среднесуточного рациона питания (подростки-нивхи, подростки-эвены, подростки-русские, проживающие в г. Хабаровске).

Определено, что концентрация Fe в СК подростков всех обследованных групп достоверно выше физиологической нормы в 1,43–3,83 раза ( $p \leq 0,001$ ) (см. рис. 1).

Исследование концентрации элементов в ВЛ проведено в двух этнических группах: подростков эвенской национальности и в группе русских (рис. 1, б, в). Избыточное поступление Fe приводит к его аккумуляции в организме. Несмотря на то что в ВЛ эвенов Fe в 2,2 раза меньше, чем у пришлого населения, в группе эвенов наблюдается красный оттенок волос (преобладающим в популяции является черный цвет), что свидетельствует об активном исключении Fe из обменных процессов у подростков КМНС.



**РИС. 1.** Парциальные характеристики средней концентрации микроэлементов сыворотки крови ( $M \pm m$ ), волос и среднесуточного рациона питания подростков, определенные методом векторных многоугольников:

а — нивхов ( $n = 25$ ); б — эвенов ( $n = 54$ ); в — русских, проживающих в г. Хабаровске ( $n = 23$ )

Круг — совпадение с возрастной физиологической нормой (100 %); красная линия — показатель в сыворотке крови; зеленая пунктирная линия — показатель в среднесуточном рационе питания; черная пунктирная линия — показатель в волосах.

Различие с границей физиологического норматива достоверно: \* при  $p \leq 0,05$ ; \*\*  $p \leq 0,01$ ; \*\*\*  $p \leq 0,001$ .

Таблица 1

Среднее содержание ( $M \pm m$ ) элементов в среднесуточном рационе фактического питания детей подросткового возраста разной этнической принадлежности, проживающих в Хабаровском крае ( $n = 102$ )

Группы	Элемент, норматив					
	Fe 15 000–18 000 мкг/сут	Co 20–50 мкг/сут	Cu 2000–3000 мкг/сут	Zn 10 000–15 000 мкг/сут	Mo 75–250 мкг/сут	Se 50–200 мкг/сут
Нивхи ( $n = 25$ )	17 870,00 $\pm 1517,00$ ▲▲▲	26,60 $\pm 0,95$	1132,75 $\pm 102,43$ ▲▲▲	5799,40 $\pm 413,10$ ▲▲▲	56,82 $\pm 4,62$ ▲▲	43,75 $\pm 1,80$ ▲▲▲
Эвены ( $n = 54$ )	58 589,23 $\pm 6054,17$ ▲▲▲	35,03 $\pm 4,96$	1222,47 $\pm 197,08$ ▲▲▲	5305,62 $\pm 664,17$ ▲▲▲	53,84 $\pm 6,01$ ▲▲▲	49,17 $\pm 5,16$
Русские ( $n = 23$ )	40 430,27 $\pm 1061,88$ ▲▲▲	21,87 $\pm 4,01$	1008,61 $\pm 214,87$ ▲▲▲	7528,00 $\pm 1886,70$ ▲▲▲	43,59 $\pm 8,78$ ▲▲▲	26,45 $\pm 1,96$ ▲▲▲

Fe — по И.М. Скурухину, А.П. Нечаеву (1991); Zn — по А.В. Скальному, И.А. Рудакову (2004); Mo — по В.Г. Реброву, О.А. Громовой (2008); Cu, Se, Co — по В.И. Смоляр (1991), Н.Ф. Кошелевой, В.А. Доценко (1993).

Достоверное различие с границей физиологического норматива: при  $p \leq 0,05$  (▲);  $p \leq 0,01$  (▲▲);  $p \leq 0,001$  (▲▲▲).

При анализе среднесуточных рационов питания было определено, что поступление Fe с пищей в группе подростков-нивхов находится на верхней границе гигиенической нормы. Выявлены средние по силе корреляционные связи избыточной концентрации Fe в СК с высоким содержанием элемента в рационе питания ( $r = 0,303$ ). В рационе эвенов и пришлого населения содержание Fe достоверно выше гигиенической нормы ( $p \leq 0,001$ ), (см. рис. 1; табл. 1).

Анализ литературных данных показал, что причиной избыточной концентрации элемента в СК и ВЛ нивхов, эвенов и русских является также высокое содержание Fe в питьевой воде. Согласно литературным данным средние за год концентрации общего Fe в реках бассейна Охотского моря достигают 3 ПДК, максимальные — 7 ПДК [9]. В питьевой воде г. Хабаровска концентрация элемента находится на верхней границе норматива [10].

Избыток Fe в организме может привести к повреждению органов. Fe депонируется в клетках ретикулоэндотелиальной системы, прежде всего в печени, селезенке, железах внутренней секреции и сердце. При значительной перегрузке железом может развиваться вторичный посттрансфузионный гемохроматоз с поражением паренхимы внутренних органов [11].

Концентрация Co в СК эвенов ниже нормы в 6,72 раза, однако в группе нивхов и пришлого населения она находится на нижней границе нормы ( $p \leq 0,001$ ) (см. рис. 1).

Анализ твердого биосубстрата (ВЛ) показал, что в группе эвенов содержание Co соответствует физиологической норме, но в группе сравнения

находится в избытке. Клиренс Co (ВЛCo/СКCo) более значим у подростков-эвенов в сравнении с русскими — в 3 раза выше, что означает большее исключение Co из метаболических процессов в организме детей КМНС. Таким образом, у подростков-эвенов накопление Co в твердом биосубстрате идет более интенсивно, чем у пришлого русского населения.

В среднесуточном рационе питания подростков-эвенов содержание Co соответствует физиологической норме, в группах подростков национальности нивхи и русские — нижней границе (см. табл. 1).

Повышенное содержание Fe в пище замедляет процесс усвоения Co в желудочно-кишечном тракте [12]. Во всех этнических группах установлены средние по силе корреляционные связи дефицита Co с избытком Fe в СК (нивхи:  $r$  Co/Fe = 0,327; эвены:  $r$  Co/Fe = 0,450; русские:  $r$  Co/Fe = 0,310). Дополнительным источником поступления Fe в организм является питьевая вода, что также может препятствовать усвоению Co.

По результатам анализа СК выявлена высокая концентрация Cu во всех этнических группах: нивхов — 112 %, эвенов — 269 %, пришлого населения — 360 % от физиологической нормы. Достоверные различия определены для подростков-эвенов и русских ( $p \leq 0,001$ ) (см. рис. 1).

Концентрация Cu в ВЛ в группе КМНС соответствует норме, в группе пришлого населения — превышает верхнюю границу ( $p \leq 0,01$ ).

Анализ среднесуточного рациона питания показал дефицитное поступление Cu во всех обследованных группах (различия с границей нормы достоверны;  $p \leq 0,01$ ) (см. табл. 1).

Одной из причин высокой концентрации  $Cu$  в СК, очевидно, является избыточное поступление с питьевой водой. Среднегодовое содержание элемента в реках бассейна Охотского моря достигает 22 ПДК [9]. Нарушение регуляции обмена  $Cu$ , вероятно, связано также с присутствием радиоактивных элементов ( $Th$ ,  $U$ ), которые способствуют возникновению инверсий металло-лигандного гомеостаза. Уровень  $Cu$  в СК повышается при различных воспалительных процессах, инфарктах миокарда, заболеваниях печени и др. Полагают, что данные состояния могут маскировать дефицит  $Cu$  в организме и затруднять ее диагностику [13].

Концентрация  $Zn$  в СК подростков-нивхов соответствует физиологической норме (см. рис. 1, а). У подростков-эвенгов выявлено снижение концентрации  $Zn$  в СК в 1,43 раза ( $p \leq 0,01$ ), у русских — в 1,19 раза (см. рис. 1, б, в).

Концентрация  $Zn$  в ВЛ находится в соответствии с физиологической возрастной нормой в обеих этнических группах.

В среднесуточном рационе питания содержание  $Zn$  достоверно ниже гигиенической нормы ( $p \leq 0,001$ ). Достоверных различий между этническими группами не выявлено.

Нарушение металло-лигандного гомеостаза обусловлено избыточным поступлением некоторых микроэлементов, что препятствует усвоению других элементов, наблюдается их дефицит [14]. Например,  $Fe$  является антагонистом  $Zn$  и препятствует усвоению его в организме. В СК, ВЛ и рационе питания эвенгов выявлены парные корреляции избытка  $Fe$  с дефицитом  $Zn$  ( $r Fe/Zn = 0,355$ ;  $r Fe/Zn = 0,485$  и  $r Fe/Zn = 0,484$  соответственно).  $Cu$  также препятствует реабсорбции  $Zn$  [13], о чем свидетельствуют выявленные достоверные корреляционные взаимосвязи в твердом биосубстрате (эвенгов:  $r Zn/Cu = 0,584$ ; русские:  $r Zn/Cu = 0,710$ ).

Концентрация  $Mo$  в СК достоверно превышает физиологическую норму: в 5,49 — в группе нивхов, в 3,82 раза — в группе эвенгов, в 3,56 раза — в группе русских ( $p \leq 0,001$ ) (см. рис. 1).

Анализ ВЛ показал, что концентрация  $Mo$  подростков Хабаровского края находится на нижней границе нормы. Содержание  $Mo$  в рационе питания в группе нивхов составляет 75,8 % от гигиенической нормы, эвенгов — 71,8 % и русских — 58,1 % ( $p \leq 0,001$ ). Высокая концентрация  $Mo$  в СК связана с недостатком  $Cu$  в рационе питания (см. табл. 1) [12].

Средняя концентрация  $Se$  в СК подростков-эвенгов не соответствует физиологической норме, является дезадаптивно низким показателем, у подростков-нивхов и подростков-русских — на нижней границе нормы.

Анализ элементного состава ВЛ также выявил дефицит  $Se$  в обследованных группах: 82 % от нормы в группе подростков эвенговской национальности

и 56,2 % — в группе подростков русской национальности (см. рис. 1).

Основной причиной низкой концентрации  $Se$  в биосубстратах детей, проживающих на территории Хабаровского края, служит малое поступление элемента с рационом (см. табл. 1), обусловленное дефицитом  $Se$  в биогеохимической провинции, а также, вероятно, состоянием здоровья [15].

Селенит натрия и токоферол, особенно в сочетании, являются главной антиоксидантной системой организма, в том числе защищающей при ионизирующем излучении. Защитная функция  $Se$  проявляется в антиканцерогенном действии [16].

Результаты исследования свидетельствуют о нарушении элементного баланса в биосубстратах детей пубертатного периода, связанного с дисбалансным содержанием микроэлементов в пище и вероятным негативным воздействием окружающей среды.

Дополнительным фактором, влияющим на формирование сдвигов металло-лигандного гомеостаза, является загрязнение окружающей среды радиоактивными элементами ( $Th$ ,  $U$ ).

Концентрация  $Th$  и  $U$  в СК и ВЛ составляет 280,0–319,5 % от физиологической нормы в разных этнических группах и является аномально высокой ( $p \leq 0,001$ ) (табл. 2).

Как показано в табл. 2, наибольшее сходство концентрации элемента в СК подростков всех обследованных групп наблюдается для  $Th$ . У подростков нивховской, эвенговской и русской национальности концентрация  $Th$  в СК превышает физиологическую норму в 3,18 : 3,26 : 3,2 раза. Согласно литературным данным концентрация  $Th$  в СК не должна превышать 0,5–2 мкг/л [17].

$Th$  — один из элементов, определяющих естественный радиационный фон облучения организма, который может способствовать нарушению баланса эссенциальных микроэлементов, формирующегося в пубертатном периоде [18].

$Th$  и  $U$  активно выводятся в течение первой недели из организма, затем элементы аккумулируются в биологических субстратах [19]. Радиоактивные вещества образуют комплексы с лигандами (ионы, молекулы). Согласно литературным данным радиоактивные элементы ( $Th$ ,  $U$ ) в составе комплексных соединений влияют на металло-лигандный гомеостаз в зависимости от биохимических особенностей биологических сред организма [18].

На состояние здоровья населения Хабаровского края в целом оказывает значительное влияние экологическое состояние близлежащих территорий: трансграничное загрязнение реки Амур, развитие атомной энергетики в Китае; катастрофа на АЭС «Фукусима-1» в Японии; задымленность на всей территории Дальнего Востока в результате пожаров.

Избыток  $Th$  и  $U$  также может быть обусловлен поступлением элементов с рационом питания (мо-



Таблица 2

Средняя концентрация (M ± m) тория и урана в сыворотке крови детей подросткового возраста разной этнической принадлежности, проживающих в Хабаровском крае (n = 102)

Группы	Элемент, норматив	
	Th 0,5–2 мкг/л	U 0,5 мкг/л
Нивхи, пос. Лазарев Николаевского райо- на (n = 25)	6,35 ± 0,30 ▲▲▲	0,34 ± 0,07
Эвены, пос. Арка, Новая Иня Охотского района (n = 54)	6,52 ± 3,19 ▲▲▲	11,656 ± 5,45 ▲▲▲)
Группа сравнения (русские), г. Хабаровск (n = 23)	6,39 ± 0,48 ▲▲▲	8,44 ± 0,41 ▲▲▲

Нормативы содержания U в сыворотке крови приведены по Дж. Эмсли (1993); Th — по В.В. Иванову (1997). Достоверное различие с границей физиологического норматива: при  $p \leq 0,05$  (▲);  $p \leq 0,01$  (▲▲);  $p \leq 0,001$  (▲▲▲).

репродукты) и питьевой водой. Вероятно, U и Th в биосубстратах всех обследованных групп Хабаровского края имеют техногенное происхождение («фокусимского периода») [20], что может являться одной из причин, способствующих возникновению нарушения металло-лигандного гомеостаза.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Микроэлементы обеспечивают выполнение важнейших физиологических функций и адаптацию организма к факторам экологического неблагополучия. Поэтому нарушение соотношения элементов в компонентах среды (дефицитное содержание эссенциальных элементов и избыточное — токсичных и радиоактивных) может нарушать элементный баланс в организме [21].

Результаты исследования свидетельствуют о нарушении элементного баланса в биосубстратах детей пубертатного периода, обусловленном поступлением микроэлементов с пищей и воздействием окружающей среды. Фактором, способствующим нарушению металло-лигандного гомеостаза, являются избыточные концентрации радиоактивных веществ (Th, U) в биосубстратах подростков Хабаровского края.

В группе подростков КМНС (нивхи, эвены) выявлены корреляционные связи избыточной концентрации токсичных (Fe, Cu), дефицитной — эссенциальных элементов (Zn, Se, Co, Mo), связанных с дефицитным содержанием элементов в среднесуточном рационе питания, что является подтверж-

дением более весомых сдвигов металло-лигандного гомеостаза и «этнического адаптивного типа реагирования».

Аккумуляция эссенциальных элементов (Fe, Co, Zn) в твердом биосубстрате достоверно выражена в группе эвенов и подразумевает исключение из общего метаболизма; низкая концентрация токсичных элементов в ВЛ и высокая в СК подтверждает их активное участие в метаболических процессах и антагонистическое отношение к некоторым эссенциальным элементам.

Определение характеристик пищевого статуса позволяет выявить уровень донозологического состояния здоровья детей пубертатного периода и составить необходимые меры коррекции. Нутрициологические рекомендации на основе коррекции рациона питания КМНС, вероятно, могут привести к снижению отрицательного воздействия антропогенной нагрузки за счет повышения резистентности организма, снижения уровня заболеваемости, в том числе онкологической.

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

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. *Ватлина Т.В.* Медико-географическая оценка заболеваемости детей болезнями органов дыхания. Смоленский медицинский альманах. 2016; 1: 49–52.  
[*Vatlina T.V.* Medical and geographical assessment of respiratory morbidity among children. Smolensk Medical Almanac. 2016; 1: 49–52 (in Russian).]
2. *Онищенко Г.Г.* О санитарно-эпидемиологическом состоянии окружающей среды. Гигиена и санитария. 2013; 2: 4.  
[*Onishchenko G.G.* On sanitary and epidemiological state of the environment. Gigiena i sanitariia. 2013; 2: 4 (in Russian).]
3. *Агаджанян Н.А., Велданова М.В., Скальный А.В.* Экологический портрет человека и роль микроэлементов. М.: РУДН. 2001: 236.  
[*Agadzhanyan N.A., Veldanova M.V., Skalny A.V.* Human ecological portrait and the role of microelements. Moscow: RUDN. 2001: 236 (in Russian).]
4. *Супрун С.В., Козлов В.К., Лебедько О.А., Целых Е.Д.* Обеспеченность витаминами организма подростков с соматической патологией. Современные вопросы педиатрии. Сборник научных трудов III Съезда педиатров ДВФО, II Съезда детских врачей Республики Саха (Якутия), 3–4 апреля 2014 г. Якутск: Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Амосова, 2014: 382–392.  
[*Suprun S.V., Kozlov V.K., Lebedko O.A., Tselykh E.D.* Vitamin supply in adolescents with somatic pathology. Contemporary Issues of Pediatrics. Collection of proceedings of the III Congress of Pediatricians of the Far Eastern Federal District, II Congress of Children's Physicians of the Republic of Sakha (Yakutia), April 3–4, 2014. Yakutsk: North-Eastern Federal University named after M.K. Amosova, 2014: 382–392 (in Russian).]
5. *Туманова А.Л., Канунова Р.А.* Анализ элементного состава волос пациентов, медицинские консультации по его результатам, индивидуальный подбор препаратов. Успехи современного естествознания. 2007; 6: 109–110.

- [*Tumanova A.L., Kanunova R.A.* Analysis of the elemental composition of the patients' hair, medical consultations on its results, individual selection of medicines. The successes of modern natural science. 2007; 6: 109–110 (in Russian).]
6. *Маленченко А.Ф., Ермакова О.В., Раскоша О.В.* Биологическое действие природного урана на щитовидную железу. Астраханский медицинский журнал. Издательство: Астраханский государственный медицинский университет (Астрахань), 2012: 174–176.  
[*Malenchenko A.F., Ermakova O.V., Raskosha O.V.* Biological effect of natural uranium on the thyroid gland. Astrakhan Medical Journal. Publisher: Astrakhan State Medical University Astrakhan, 2012: 174–176 (in Russian).]
  7. *Сабати Дж.* Оценка диеты, сопоставление методов. Клиническая медицина. 1993; 15(100): 591–596.  
[*Sabati J.* Assessment of diet, comparison of methods. Klinicheskaya Meditsina. 1993; 15(100): 591–596 (in Russian).]
  8. *Ермолаев О.Ю.* Математическая статистика для психологов. М.: Московский психол.-соц. ин-т; Флинт, 2003: 19–72.  
[*Ermolaev O.Yu.* Mathematical statistics for psychologists. M.: Moscow Psychological and Social Institute: Publisher Flint. 2003: 19–72 (in Russian).]
  9. Доклад об экологической ситуации в Магаданской области в 2014 году. Министерство природных ресурсов и экологии Магаданской области. Магадан, 2015: 19.  
[Report on the environmental situation in the Magadan Region in 2014. Ministry of Natural Resources and Ecology of the Magadan Region. Magadan: 2015: 19 (in Russian).]
  10. *Дахова Е.В.* Влияние элементного состава питьевой воды на состояние организма человека. Современные научные исследования и разработки. Астрахань: Научный центр «Олимп», 2017; 2: 1(9): 320–321.  
[*Dakhova E.V.* Influence of the elemental composition of drinking water on the state of the human health. Modern scientific research and development. Publisher: Scientific Center «Olympus» (Astrakhan), 2017; 2: 1(9): 320–321 (in Russian).]
  11. *Конопляник О.В., Жандаров М.Ю., Мартемьянова Л.А.* Вторичный гемохроматоз у пациента с миелодиспластическим синдромом (случай из клинической практики). Проблемы здоровья и экологии. Гомельский государственный медицинский университет. 2013: 151–154.  
[*Konoplyanik O.V., Zhandarov M.Yu., Martemyanova L.A.* Secondary hemochromatosis in a patient with myelodysplastic syndrome (Case from clinical practice). Problems of health and ecology. Gomel State Medical University. 2013: 151–154 (in Russian).]
  12. *Скальный А.В., Рудаков И.А.* Биоэлементы в медицине. М.: Издательский дом «Оникс 21 век»; Мир, 2004: 92–106.  
[*Skalny A.V., Rudakov I.A.* Bioelements in medicine. Moscow: «Onyx 21 Century» Publishing House: The World. 2004: 92–106 (in Russian).]
  13. *Парахонский А.П.* Роль меди в организме и значение ее дисбаланса. Естественно-гуманитарные исследования (Краснодар). 2015; 10(4): 72–83.  
[*Parakhonsky A.P.* The role of copper in the body and significance of its imbalance. Research in Natural Sciences and Arts (Krasnodar). 2015; 10(4): 72–83 (in Russian).]
  14. *Козлов В.К., Целых Е.Д., Евсеева Г.П. и др.* Фактическое питание, микроэлементозы и дефицитные состояния у детей и подростков. Владивосток: Дальнаука, 2010.  
[*Kozlov V.K., Tselykh E.D., Evseev G.P., et al.* Actual nutrition, microelementosis and deficient conditions in children and adolescents. Vladivostok: Dalnauka, 2010 (in Russian).]
  15. *Супрун С.В., Козлов В.К., Целых Е.Д. и др.* Оценка фактического питания беременных женщин Приамурья. Матлы Международного конгресса «Питание и здоровье». Междунар. конф. детских диетологов и гастроэнтерологов 13–15 декабря 2013 г. Москва. 2013: 96–97.  
[*Suprun S.V., Kozlov V.K., Tselykh E.D., et al.* Assessment of the actual nutrition of pregnant women in the Amur region. Materials of the International Congress «Nutrition and Health». International Conference of Children's Dietitians and Gastroenterologists December 13–15, 2013. Moscow. 2013: 96–97 (in Russian).]
  16. *Буй Т. М. Т.* Фармакологическая характеристика селенсодержащих соединений (обзор). Разработка, исследование и маркетинг новой фармацевтической продукции: сб. науч. тр. Вып. 62. Пятигорск: ПГФА, 2007: 448–450.  
[*Bui Thi Minh Thu.* Pharmacological characteristics of selenium-containing compounds (review). Development, research and marketing of new pharmaceutical products: collection of scientific papers. Vol. 62. Pyatigorsk: PFU, 2007: 448–450 (in Russian).]
  17. *Иванов В.В.* Экологическая геохимия элементов: Справочник. Кн. 6. Редкие f-элементы. Под ред. Э.К. Буренкова. М.: Экология, 1997.  
[*Ivanov V.V.* Ecological Geochemistry of elements. Reference book. Rare f-elements. Book 6. Ed. by E.K. Burenkov. Moscow: Ecology, 1997 (in Russian).]
  18. *Барановская Н.В., Игнатова Т.Н., Рихванов Л.П.* Уран и торий в органах и тканях человека. Вестник Томского государственного университета. 2010: 182–188.  
[*Baranovskaya N.V., Ignatova T.N., Rikhvanov L.P.* Uranium and thorium in human organs and tissues. Vestnik Tomskogo Gosudarstvennogo Universiteta. 2010: 182–188 (in Russian).]
  19. Вредные химические вещества. Радиоактивные вещества. Справочник. Под ред. Л.А. Ильина, В.А. Филатова. Л.: Химия, 1990.  
[Harmful chemicals. Radioactive substances. Directory. Ed. by L.A. Ilyin, V.A. Filatov. L.: Chemistry, 1990 (in Russian).]
  20. *Вениаминов Н.Н.* Масс-спектрометрия вторичных ионов как инструмент контроля ядерной деятельности. Диагностика аварии на АЭС «Фукусима-1». Перспективные материалы. 2013. Спец. вып. 14: 123–127.  
[*Veniaminov N.N.* Mass spectrometry of secondary ions as a tool for controlling nuclear activity. Diagnosis of the accident at the nuclear power plant «Fukushima-1». Perspektivnyye materialy. 2013; 14: 123–127 (in Russian).]
  21. *Авцын А.П., Жаворонков А.А., Пуш М.А. и др.* Микроэлементозы человека. М.: Медицина, 1991.  
[*Avtsyn A.P., Zhavoronkov A.A., Rish M.A., et al.* Human microelementosis. Moscow: Medicine, 1991 (in Russian).]