

УДК 613.2: 572.022/.023(546.791+546.841):616-053.6/-071(571.62)]616-07

DOI: 10.36604/1998-5029-2019-74-62-69

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА БИОСУБСТРАТОВ В ОРГАНИЗМЕ ПОДРОСТКОВ РАЗНЫХ ЭТНИЧЕСКИХ ГРУПП, ПРОЖИВАЮЩИХ НА СЕВЕРЕ ХАБАРОВСКОГО КРАЯ

А.О.Нестеренко<sup>1</sup>, Е.Д.Целых<sup>1</sup>, Г.П.Евсеева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный государственный университет путей сообщения», 680021, г. Хабаровск, ул. Серышева, 47

<sup>2</sup>Хабаровский филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания» – Научно-исследовательский институт охраны материнства и детства, 680022, г. Хабаровск, ул. Воронежская 49, корп. 1

**РЕЗЮМЕ. Введение.** Одним из приоритетных направлений региональной политики Хабаровского края является сохранение здоровья коренных малочисленных народов Севера. Полноценное содержание эссенциальных элементов и минимальное, не угрожающее срыву адаптационных механизмов организма, присутствие токсичных и условно-токсичных элементов, составляет один из важнейших компонентов нормального функционирования организма. **Цель.** Выявить особенности элементного состава волос и сыворотки крови в организме подростков разных этнических групп Севера Хабаровского края на фоне повышенного содержания урана и тория. **Материалы и методы.** Проведено обследование подростков (n=121): нивхов, эвенов и русских. Содержание Fe, Cu, Mo, Zn, Co, Se, Th и U в волосах и сыворотке крови проведено методом атомно-эмиссионной спектроскопии. **Результаты.** Элементный дисбаланс выявлен во всех группах: в сыворотке крови нивхов и эвенов – избыток Fe, Cu, Mo, Th, U и дефицит – Co, Se; у русских – дефицит элементов; содержание U избыточно во всех группах. В волосах подростков выявлен избыток Fe, Th, U, дефицит – Cu, Se. Показана зависимость элементного состава биосубстратов от нутриентного состава питания. Определены достоверные корреляционные связи между высоким содержанием Th и U и дисбалансом эссенциальных элементов. Высокая концентрация Th и U в биосубстратах является одним из факторов риска нарушения элементного гомеостаза подростков Хабаровского края. **Заключение.** Определение показателей микроэлементного статуса позволяет выявить группы риска развития дизадаптационных состояний у подростков национальностей нивхи и эвены, поможет определить необходимые адресные меры коррекции.

**Ключевые слова:** подростки, нивхи, эвены, русские, сыворотка крови, волосы, питание, микроэлементы, торий, уран.

## INVESTIGATION OF ELEMENT COMPOSITION IN BIOSUBSTRATES IN ORGANISM OF ADOLESCENTS OF DIFFERENT ETHNIC GROUPS LIVING IN THE NORTH OF Khabarovsk REGION

A.O.Nesterenko<sup>1</sup>, E.D.Tselikh<sup>1</sup>, G.P.Evseeva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Far Eastern State Transport University, 47 Serysheva St., Khabarovsk, 680021, Russian Federation

<sup>2</sup>Khabarovsk Branch of Far Eastern Scientific Center of Physiology and Pathology of Respiration – Research Institute of Maternity and Childhood Protection, 49/1 Voronezhskaya Str., Khabarovsk, 680022, Russian Federation

**SUMMARY. Introduction.** One of the priorities of the regional policy of the Khabarovsk Territory is the preservation of the health of the indigenous peoples of the North. The full content of essential elements and the minimum presence of toxic and radioactive elements is one of the most important components of the normal functioning of the organism. **Aim.**

### Контактная информация

Алена Олековна Нестеренко, аспирант кафедры «Нефтегазовое дело, химия и экология», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный государственный университет путей сообщения», 680021, Россия, г. Хабаровск, ул. Серышева, 47. Тел.: 8-914-183-15-18. E-mail: alenushka\_3@inbox.ru.

### Correspondence should be addressed to

Alena O. Nesterenko, MD, Postgraduate student, Department of Oil and Gas Business, Chemistry and Ecology, Far Eastern State Transport University, 47 Serysheva Str., Khabarovsk, 680021, Russian Federation. Phone: 8-914-183-15-18. E-mail: alenushka\_3@inbox.ru.

### Для цитирования:

Нестеренко А.О., Целых Е.Д., Евсеева Г.П. Исследование элементного состава биосубстратов в организме подростков разных этнических групп, проживающих на севере Хабаровского края // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2019. Вып.74. С.62–69. DOI: 10.36604/1998-5029-2019-74-62-69

### For citation:

Nesterenko A.O., Tselikh E.D., Evseeva G.P. Investigation of element composition in biosubstrates in organism of adolescents of different ethnic groups living in the north of Khabarovsk Territory. *Bulleten' fiziologii i patologii dyhaniâ* = *Bulletin Physiology and Pathology of Respiration* 2019; 74:62–69 (in Russian). DOI: 10.36604/1998-5029-2019-74-62-69

To identify the features of the elemental composition of hair and blood serum in the body of adolescents of different ethnic groups of the North of the Khabarovsk region against the background of increased uranium and thorium content. **Materials and methods.** The survey of adolescents ( $n=121$ ) was done: Nivkhs, Evenks and Russians. The content of Fe, Cu, Mo, Zn, Co, Se, Th, and U in hair and blood serum was found by atomic emission spectroscopy. **Results.** An elemental imbalance was found in all groups: an excess of Fe, Cu, Mo, Th, U and a deficiency of Co, Se was detected in the blood serum of Nivkhs and Evens; deficiency of elements was found in the blood serum of Russians; the content of U is excessive in all groups. The concentration of Fe, Th, U was excessive, Cu, Se was deficient in the hair. The dependence between the elemental composition of biosubstrates and the nutritional composition of the diet was identified. Significant correlations between the high content of Th and U and imbalance of essential elements was found out. A high concentration of Th and U in biosubstrates is one of the risk factors for the violation of elemental homeostasis in adolescents in Khabarovsk Territory. **Conclusion.** The determination of features of microelement status allows to identify risk groups for the development of disadaptation states of the Nivkhs and Evens and determine the necessary correction measures.

**Keywords:** adolescents, Nivkhs, Evens, Russians, blood serum, hair, diet, microelements, thorium, uranium.

Уровень здоровья популяции в каждом регионе имеет свою специфику [6]. Приспосабливаясь в течение многих поколений к условиям биогеохимической провинции, организм вырабатывает адаптивные механизмы, компенсирующие дефицит ряда микроэлементов (МЭ) и способствующие выведению их избытка. Окружающая среда Хабаровского края характеризуется повышенным содержанием железа, марганца, недостатком йода и селена. Загрязненность соединениями железа, меди и цинка характерна практически для всех водных объектов [4]. Одним из факторов, повышающих риск нарушения элементного гомеостаза, является поступление радиоактивных элементов, вопросы о биологической роли которых до настоящего времени остаются открытыми [2, 9]. Согласно литературным данным, в Хабаровском крае распространены радиоаномалии с высоким содержанием урана (район мыса Лазарева). По мнению А.А. Коковкина, на территории Охотского района формируется умеренный рудогенез с очагами высокой концентрации тория и урана [8], которые могут оказывать влияние на элементный гомеостаз [1, 5].

Баланс МЭ в организме имеет отличия в зависимости от территории проживания, возраста, этнической принадлежности. Одним из приоритетных направлений региональной политики Хабаровского края является сохранение здоровья коренных малочисленных народов Севера (КМНС). Элементный состав биосубстратов подростков, как основной группы риска, может служить интегральным критерием оценки качества среды [13]. Актуальность работы определяется тем, что одним из важнейших факторов, влияющих на элементный состав биосубстратов, становится загрязнение среды, в том числе радиоактивными элементами.

Цель – выявить особенности элементного состава волос и сыворотки крови в организме подростков разных этнических групп Севера Хабаровского края на фоне повышенного содержания урана и тория.

#### Материалы и методы исследования

Проведено обследование подростков ( $n=121$ ), проживающих на севере Хабаровского края: нивхов ( $n=25$ ) и этнических русских ( $n=24$ ) Николаевского района, средний возраст  $14,60 \pm 0,21$  и  $15,20 \pm 0,72$  лет, соответ-

ственно; эвенов ( $n=54$ ) и русских ( $n=18$ ) Охотского района, средний возраст –  $14,57 \pm 0,54$  и  $15,30 \pm 0,53$  лет, соответственно. Разрешение Этического комитета Хабаровского филиала ДНЦ ФПД – НИИ ОМиД получено на основании «информированного согласия» родителей обследованных детей. Забор крови и взятие образцов волос у подростков проводилось на базе центральной районной больницы (ЦРБ) п. Лазарев Николаевского района, ЦРБ п. Арка и фельдшерского пункта п. Новая Иня Охотского района.

На базе Института тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН проведено определение содержания Fe, Cu, Mo, Zn, Co, Se, Th и U в сыворотке крови и волосах методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой на приборе масс-спектрометр ICP-MS Elan 9000 (Канада). Анализ нутриентного состава получен по результатам анкетирования (методика «Вчерашнего дня») [10] с последующей обработкой с помощью программы «Correct Food 6.5», созданной в НИИ питания РАМН на основе справочника «Химический состав пищевых продуктов» (под ред. академика АМН А.А. Покровского, 1976) [12]. В среднесуточном рационе питания рассчитано содержание Fe, Cu, Mo, Zn, Co, Se.

Статистический анализ проводился с использованием стандартных методов вариационной статистики: определение достоверности полученных данных в условиях стандартного нормального распределения для независимых выборок, с использованием коэффициента Стьюдента, с учетом «ошибки средней» –  $M \pm m$ ; корреляционный анализ – по коэффициенту парной корреляции [7]. Для математических расчетов использовались статистический пакет Statistica 10.0 и офисный пакет Microsoft Office Excel 2013.

#### Результаты исследования и их обсуждение

По результатам исследования в рационах питания подростков Охотского района выявлен избыток поступления железа ( $105,7-328,1\%$  от гигиенического норматива), в среднесуточном рационе подростков Николаевского района поступление железа соответствовало верхней границе нормы. Содержание молибдена в рационе соответствовало нижней границе норматива во всех этнических группах. Потребление других ис-

следуемых МЭ: меди, кобальта, цинка, селена – было дефицитно в 35-76,7% случаев.

Анализ элементного состава сыворотки крови и волос подростков представлен на рисунках 1 и 2. В сыворотке крови подростков КМНС определена избыточная концентрация Fe – 143,4-154,8% ( $p \leq 0,001$ ). В группах подростков русской национальности выявлен дефицит Fe в жидком биосубстрате, составивший 43,4% от нижней границы физиологического норматива ( $p \leq 0,001$ ). Этнические различия достоверны ( $p \leq 0,001$ ). Избыточное поступление железа с пищей и водой приводит к его накоплению в твердом биосубстрате, что отмечено у подростков КМНС и русских Николаевского района ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) (рис. 2). Выявлены средние по силе корреляционные взаимосвязи избытка железа в сыворотке крови с высоким содержанием элемента в среднесуточном рационе эвенков ( $r=0,303$ ) и в волосах в группе нивхов ( $r=0,409$ ) (рис. 3).

В условиях Севера в организме представителей

КМНС в процессе адаптации повышается интенсивность потребления железа, а при его недостатке развиваются железодефицитные состояния. Для пришлого населения Севера характерно широкое распространение скрытого дефицита железа без развития анемии [7]. В организме человека отсутствуют механизмы выведения железа, поэтому избыточное всасывание приводит к перегрузке элементом печень, железы внутренней секреции и сердце [11].

Анализ сыворотки крови выявил высокий уровень меди в группах коренных народов (112-269%), у русских подростков определялся дефицит его содержания (62,3-68,0%). Этнические различия достоверны ( $p \leq 0,001$ ). В волосах определен избыток Cu во всех группах ( $p \leq 0,001$ ) кроме эвенков, у которых содержание элемента соответствовало нормативу. Избыток меди способствует функциональным расстройствам нервной системы, ослаблению функции печени и почек [11]. Нарушение регуляции обмена Cu может быть связано с присутствием тория, урана [15].

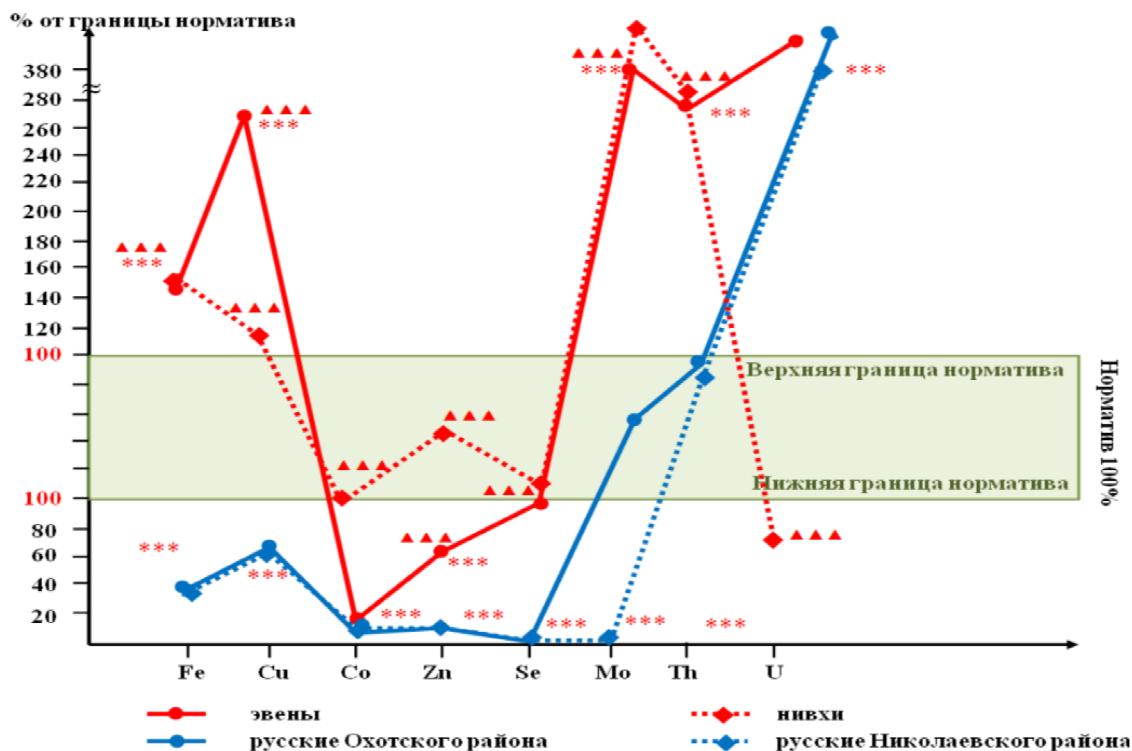


Рис. 1. Концентрация микроэлементов в сыворотке крови подростков разных этнических групп Хабаровского края в сравнении с физиологическим нормативом (в % от верхнего или нижнего предела норматива).

Примечание: здесь и далее: показатели, отмеченные в пределах зеленой границы, соответствуют физиологическому нормативу (100%); линии ниже нижней границы норматива – дефицитное содержание элемента; выше верхней границы норматива – избыточное содержание элемента; \* – достоверное различие с границей физиологической нормы при уровне значимости  $p \leq 0,05$ ; \*\* – при  $p \leq 0,01$ ; \*\*\* – при  $p \leq 0,001$ ; ▲ – достоверные различия характеристик подростков КМНС и пришлого (русские) населения при уровне значимости  $p \leq 0,05$ ; ▲▲ – при  $p \leq 0,01$ ; ▲▲▲ – при  $p \leq 0,001$ .

В группе эвенков и русских подростков концентрация кобальта в сыворотке крови низкая ( $p \leq 0,001$ ), нивхов – соответствует нижней границе. Анализ твердого биосубстрата выявил дефицит кобальта в группе рус-

ских Охотского района. В волосах подростков, проживающих южнее (Николаевский район), концентрация кобальта выше: нивхи – 190,9%; русские – в пределах норматива.

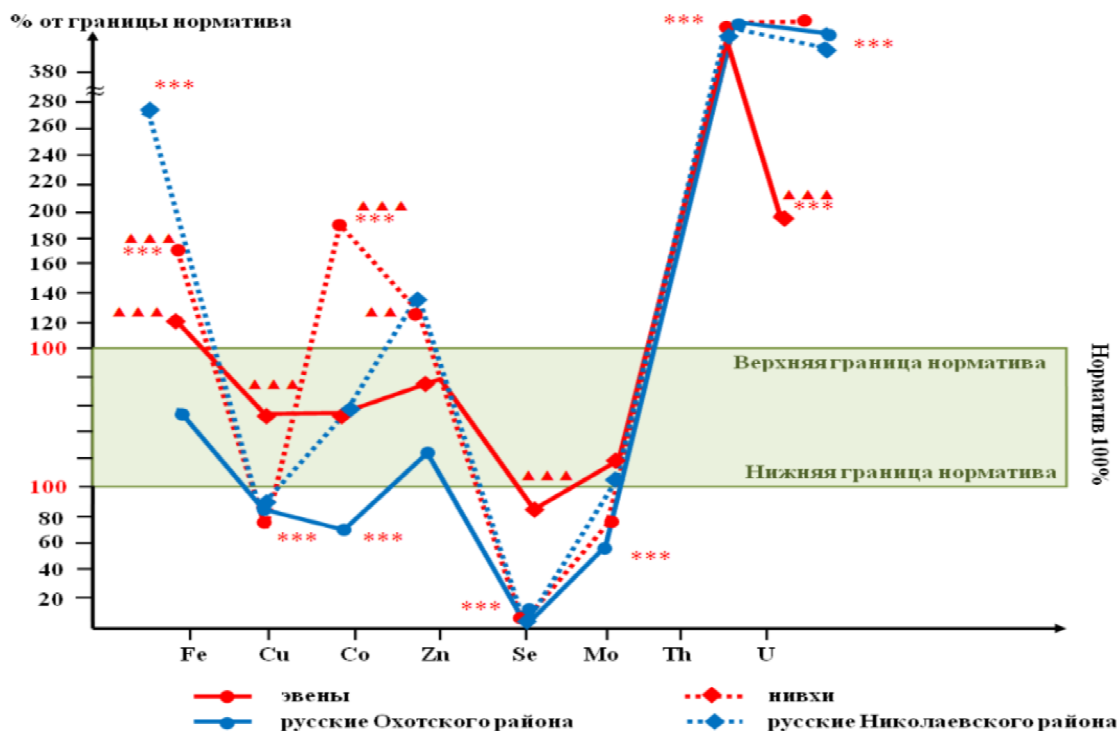


Рис. 2. Концентрация микроэлементов в волосах подростков разных этнических групп Хабаровского края

В группе эвенов и русских подростков концентрация кобальта в сыворотке крови низкая ( $p \leq 0,001$ ), нивхов – соответствует нижней границе. Анализ твердого биосубстрата выявил дефицит кобальта в группе русских Охотского района. В волосах подростков, проживающих южнее (Николаевский район), концентрация кобальта выше: нивхи – 190,9%; русские – в пределах норматива.

Высокое содержание железа препятствует участию кобальта в метаболизме и способствует инверсионному переводу в твердый биосубстрат [13]. В сыворотке крови подростков КМНС установлены средние по силе связи дефицита кобальта с избытком железа (нивхи:  $r_{Co/Fe}=0,327$ ; эвены:  $r_{Co/Fe}=0,450$ ). В волосах русских Охотского района определена сильная связь ( $r_{Co/Fe}=0,706$ ). Дефицит кобальта в жидком биосубстрате может являться предиктором деструктивного развития клеток щитовидной железы [17].

Концентрация цинка в сыворотке крови нивхов соответствует пределам норматива, у эвенов выявлено снижение цинка (69,9% от нижней границы норматива). Дизадаптивно низкая концентрация Zn установлена в сыворотке крови русских подростков – 10,9-11,1% ( $p \leq 0,001$ ). Нарушение элементного гомеостаза цинка может быть обусловлено присутствием антагонистов – железа и меди [11]. В сыворотке крови, волосах и рационе питания эвенов выявлены корреляционные зависимости избытка Fe с дефицитом Zn ( $r_{Fe/Zn}=-0,355$ ,  $r_{Fe/Zn}=-0,485$  и  $r_{Fe/Zn}=-0,484$ , соответственно); волосы/рацион: эвены –  $r_{Zn/Cu}=-0,584$ ; русские п. Лазарев –  $r_{Zn/Cu}=-0,787$ . В группе нивхов – сильные связи дефицита цинка в питании с дефицитом

в сыворотке крови ( $r=0,679$ ). Повышенная концентрация Zn в твердом биосубстрате обычно свидетельствует о нарушении обмена веществ, которое может приводить к развитию дефицита и перераспределению Zn в организме [11]. Цинк – компонент более 200 ферментов в организме человека, ответственных за широкий спектр биохимических реакций в организме (регуляция деления и созревания клеток, синтез инсулина, подавление воспалительных процессов и т.д.) [14, 16].

Концентрация молибдена в жидком биосубстрате КМНС превышает норматив в 3,82-5,49 раза ( $p \leq 0,001$ ), в группе русских Охотского района соответствует нормативу, а в Николаевском районе – дефицитному состоянию ( $p \leq 0,001$ ). Анализ твердого биосубстрата выявил дефицит молибдена ( $p \leq 0,01$ ) у подростков Хабаровского края, кроме эвенов и русских Николаевского района: в пределах норматива. Согласно литературным данным, большая часть МЭ депонируется в печени, а избыток выводится из организма в течение 8 дней [11].

В сыворотке крови и волосах пришлого населения концентрация селена составила менее 10% от физиологического норматива ( $p \leq 0,001$ ). Также низкое содержание Se выявлено в волосах подростков-нивхов (менее 10%,  $p \leq 0,001$ ). Недостаточное поступление селена в организм подростков обусловлено дефицитом МЭ в биогеохимической провинции Хабаровского края [5]. Селен обладает антиоксидантным действием, способствует снижению риска развития опухолей, Se-связывающий белок выполняет роль супрессора при различных типах рака [18].



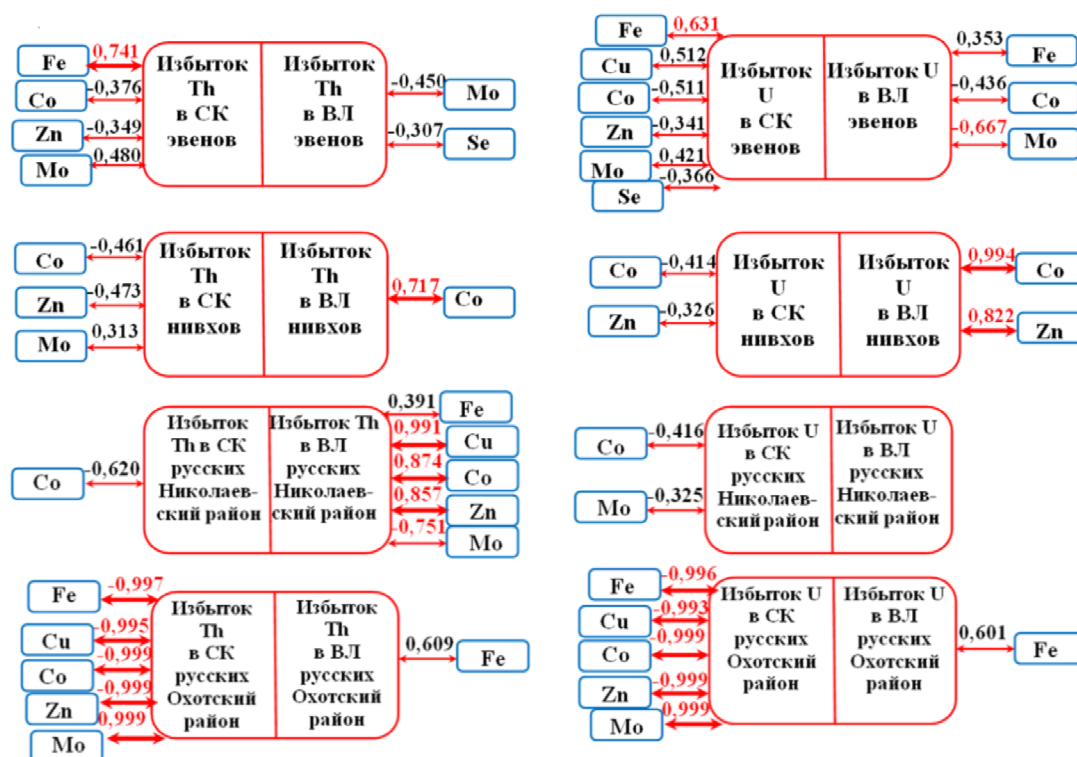


Рис. 3. Корреляционные взаимосвязи эссенциальных и радиоактивных микроэлементов в сыворотке крови и волосах подростков северных территорий Хабаровского края

Современный человек постоянно находится в полях радиационного излучения разного происхождения. Радиоактивные элементы постоянно в течение всей жизни поступают в организм растений, животных и человека с водой, пищей и воздухом. Это так называемый фон естественной радиации, к которому организм не только привык, приспособился, но который является для него жизненно необходимым [2]. В окружающей нас природной среде существуют источники естественных и техногенных радиоактивных элементов тория и урана. Во всех природных объектах существует закономерность соотношения Th к U, которая является для каждого относительно постоянной. Для крови человека характерно отношение  $Th/U=0,3$  [3]. В сыворотке крови нивхов наблюдается «сверхконцентрирование» Th ( $Th/U=18,68$ ). Для эвенов и русских Николаевского района такое соотношение также превышает фоновое – 0,56 и 0,94, соответственно. В сыворотке крови русских Охотского района – 0,27. Избыточные Th и U аккумулируются в твердом биосубстрате, что может способствовать нарушению баланса микроэлементов (рис. 2).

Выявлены этнические различия по содержанию Th и U в волосах между эвеном и русскими, проживающими в Охотском районе ( $p \leq 0,001$ ). Для волос человека характерно соотношение  $Th/U$  0,3-0,4 [3]:  $Th/U$  в волосах подростков превышает показатель (0,52-1,00). Наиболее высокие показатели соотношения  $Th/U$  наблюдаются в твердом биосубстрате КМНС. На рисунке 3 показаны «средние» и «сильные» корреляционные

связи избытка Th и U с дисбалансом МЭ в биосубстратах. Наибольшее количество связей выявлено в группах Охотского района. Выявленный избыток Th и U в сыворотке крови и волосах подростков может влиять на дисбаланс микроэлементов ( $p \leq 0,001$ ) (рис. 1, 2).

Результаты исследования элементного баланса в биосубстратах и среднесуточном рационе детей подросткового периода свидетельствуют о нарушениях, связанных, в основном, с дисбалансным содержанием МЭ в пище. Воздействие дисбаланса микроэлементов на организм многопланово: например, дефицитное поступление Zn приводит к замедлению процессов созревания всех систем детского организма [14]; снижение иммунной системы связано с недостатком Zn и Se [16, 18], а избыток элементов (Fe, Th, U) приводит к аккумуляции их не только в волосах, но в тканях и органах, нарушая их деятельность [11]. В результате выявленного дисбаланса микроэлементов формируется преморбидное состояние организма, которое может в дальнейшем провоцировать развитие экологически обусловленных заболеваний [11].

Вопрос об индикаторных показателях соотношений радиоактивных элементов требует дальнейших исследований, однако очевидно, что отдельные организмы, ткани, среды, обладают устойчивой реакцией на концентрирование радионуклидов и характеризуются постоянством их отношений в определенных обстановках, что можно использовать в качестве индикатора для мониторинга и районирования территорий [3]. Определение характеристик пищевого статуса поз-

воляет выявить группы риска развития дизадаптационных состояний у подростков. Выявление этнических особенностей адаптивных реакций нивхов и эвенов позволит выявить роль дисбаланса микроэлементов в формировании «этнического адаптивного типа реагирования» и поможет определить необходимые адресные меры коррекции.

### Выводы

1. В среднесуточном рационе питания подростков всех этнических групп выявлено дефицитное содержание Cu, Mo, Zn, Co, Se; избыток – Fe в группе КМНС.

В результате исследования выявлен дисбаланс микроэлементов во всех этнических группах: в сыворотке крови нивхов и эвенов выявлен дефицит – Co, Zn, Se, избыток – Fe, Cu, Mo, а также Th и U; в группе подростков-русских Охотского и Николаевского районов дефицит – Co, Zn, Se, Fe, Cu, Mo, избыток – Th, U. В волосах всех этнических групп наблюдается дефицит – Cu, Mo, Se, избыток – Fe, Th, U в сравнении с физиологическим нормативом.

2. Выявлены этнические различия в накоплении Fe, Co, Se, Mo, Th, U в волосах и исключении их из обменных процессов. Данный процесс более выражен у подростков КМНС.

3. Установлены сильные и средние корреляционные взаимосвязи избыточной концентрации Th и U в организме подростков с дисбалансом эссенциальных микроэлементов в биосубстратах.

**Финансирование.** Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта на реализацию проектов в области фундаментальных и технических наук в 2018 году из бюджета Хабаровского края.

**Конфликт интересов.** Конфликт интересов отсутствует.

**Financing.** The study was carried out with the financial support of a grant for the implementation of projects in the field of fundamental and technical sciences in 2018 from the budget of the Khabarovsk territory.

**Conflict of interest.** There is no conflict of interest.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Авцын А.П., Жаворонков А.А., Марачев А.Г., Милованов А.П. Патология человека на Севере. М.: Медицина, 1985. 416 с.
2. Барановская Н.В., Игнатова Т.Н., Рихванов Л.П. Уран и торий в органах и тканях человека // Вестник Томского государственного университета. 2010. №339. С.182–188.
3. Барановская Н.В. Тенденции накопления некоторых актинидов в живом веществе // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: материалы V Международной конференции. Томск: Изд-во ТПУ, 2016. С.93–98.
4. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Хабаровского края в 2017 году / под ред. А.Б. Ермолина. Воронеж: Фаворит, 2018. 250 с.
5. Евсеева Г.П., Супрун С.В., Пивкина Т.В. Оценка риска сенсibilизации к микроэлементам у детей мегаполиса // Природные ресурсы и экология Дальневосточного региона: материалы II международного научно-практического форума: Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2017. С.33–36.
6. Евсеева Г.П., Пичугина С.В., Яковлев Е.И., Пепеляева Л.Р. Экологическое воздействие качества окружающей среды Хабаровского края на уровень заболеваемости детского населения // Региональные проблемы. 2018. Т.21, №4. С.93–100. DOI: 10.31433/1605-220X-2018-21-4-93-100
7. Ермолаев О.Ю. Математическая статистика для психологов. М.: Московский психолого-социальный институт Флинта, 2003. С.19–72.
8. Коковкин А.А. Новейшая структура Сихотэ-Алинского орогена, металлогения Сихотэ-Алинской рудной провинции // Региональная геология и металлогения. 2013. №53. С.105–113.
9. Марочко А.Ю., Заридзе Д.Г., Кустов В.И., Савин С.З. Системный анализ заболеваемости злокачественными новообразованиями коренного национального населения Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 1999. 110 с.
10. Сабати Дж. Оценка диеты, сопоставление методов // Клиническая медицина. 1993. №15(100). С.591–596.
11. Скальный А.В., Рудаков И.А. Биоэлементы в медицине. М.: Издательский дом «Оникс 21 век»: Мир, 2004. 272 с.
12. Химический состав пищевых продуктов. Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности пищевых продуктов / под ред. А.А. Покровского. М.: Пищевая промышленность, 1976. 228 с.
13. Dorman L.I., Pustil'nik L.A., Yom Din G., Applbaum D.Sh. Cosmic rays and other space weather factors influenced on satellite operation and technology, people health, climate change, and agriculture production // Электронное научное издание Альманах Пространство и Время. 2013. Т.2. Вып.1. URL: <http://www.j-spacetime.com/actual%20content/t2v1/index.php> (дата обращения: 11.09.2019).
14. Han T.H., Lee J., Kim Y.J. Hair zinc level analysis and correlative micronutrients in children presenting with malnutrition and poor growth // Pediatr. Gastroenterol. Hepatol. Nutr. 2016. Vol.19, №4. P.259-268. doi:

10.5223/pghn.2016.19.4.259

15. Hordyjewska A., Popiolek L., Kocot J. The many “faces” of copper in medicine and treatment // *Biometals*. 2014. Vol.27, №4. P.611–621. doi: 10.1007/s10534-014-9736-5

16. Maywald M.M., Wessels I., Rink L. Zinc signals and immunity // *Int. J. Mol. Sci.* 2017. Vol.18, №10. P. E2222. doi: 10.3390/ijms18102222

17. Sanjari M., Gholamhoseinian A., Nakhaee A. The association between cobalt deficiency and endemic goiter in school-aged children // *Endocrinol. Metab. (Seoul)*. 2014. Vol.29, №3. P.307–311. doi: 10.3803/EnM.2014.29.3.307

18. Short S.P., Williams C.S. Selenoproteins in tumorigenesis and cancer progression // *Adv. Cancer Res.* 2017. Vol.136. P.49–83. doi: 10.1016/bs.acr.2017.08.002

## REFERENCES

1. Avtsyn A.P., Zhavoronkov A.A., Marachev A.G., Milovanov A.P. Human pathology in the North. Moscow: Meditsina; 1985 (in Russian).

2. Baranovskaya N.V., Ignatova T.N., Rikhvanov L.P. Uranium and thorium in human organs and tissues. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta* 2010; 339:182–188 (in Russian).

3. Baranovskaya N.V. Trends of actinid concentrations in living systems. In: Radioactivity and radioactive elements in human: proceedings of the V International conference. Tomsk: Izd-vo TPU; 2016: 93–98 (in Russian).

4. Ermolin A.B., editor. State report on the state and environmental protection of the Khabarovsk Territory in 2017. Voronezh: Favorit; 2018 (in Russian).

5. Evseeva G.P., Suprun S.V., Pivkina T.V. Estimation of the risk of sensitization to microelements in organism of children of a megacity. In: Natural resources and ecology of the Far Eastern Region. Proceedings of the II international forum. Khabarovsk: Izd-vo Tikhookean. gos. un-ta; 2017: 33–36 (in Russian).

6. Evseeva G.P., Pichugina S.V., Yakovlev E.I., Pepelyaeva L.R. Environmental impact the environmental quality of the Khabarovsk Krai in the incidence of children population. *Regional'nye problemy* 2018; 21(4):93–100 (in Russian). doi: 10.31433/1605-220X-2018-21-4-93-100

7. Ermolaev O.Yu. Mathematical statistics for psychologists. Moscow: Moskovskiy psikhologo-sotsial'nyy institut Flinta; 2003: 19–72 (in Russian).

8. Kokovkin A.A. The newest structure of the Sikhote-Alin orogen, the meteorology of the Sikhote-Alin ore province *Regional'naya geologiya i metallogeniya* 2013; 53:105–113 (in Russian).

9. Marochko A.Yu., Zaridze D.G., Kustov V.I., Savin S.Z. System analysis of the incidence of malignant neoplasms of the indigenous national population of the Far East. Vladivostok: Dal'nauka; 1999 (in Russian).

10. Sabati Dzh. Assessment of diet, comparison of methods. *Klinicheskaya Meditsina* 1993; 15(100):591–596 (in Russian).

11. Skal'nyy A.V., Rudakov I.A. Bioelements in medicine. Moscow: Izdatel'skiy dom «Oniks 21 vek»: Mir; 2004 (in Russian).

12. Pokrovsky A.A., editor. The chemical composition of food. Reference tables for the content of basic nutrients and the energy value of food. Moscow: Pishchevaya promyshlennost'; 1976 (in Russian).

13. Dorman L.I., Pustil'nik L.A., Yom Din G., Applbaum D.Sh. Cosmic rays and other space weather factors influenced on satellite operation and technology, people health, climate change, and agriculture production. *Electronic scientific edition Almanac Space and Time* 2013; 2(1): available at: <http://www.j-spacetime.com/actual%20content/t2v1/index.php>

14. Han T.H., Lee J., Kim Y.J. Hair zinc level analysis and correlative micronutrients in children presenting with malnutrition and poor growth. *Pediatr. Gastroenterol. Hepatol. Nutr.* 2016; 19(4):259–268. doi: 10.5223/pghn.2016.19.4.259

15. Hordyjewska A., Popiolek L., Kocot J. The many “faces” of copper in medicine and treatment. *Biometals* 2014; 27(4):611–621. doi: 10.1007/s10534-014-9736-5

16. Maywald M.M., Wessels I., Rink L. Zinc signals and immunity. *Int. J. Mol. Sci.* 2017; 18(10): pii: E2222. doi: 10.3390/ijms18102222

17. Sanjari M., Gholamhoseinian A., Nakhaee A. The Association between Cobalt Deficiency and Endemic Goiter in School-Aged Children. *Endocrinol. Metab. (Seoul)* 2014; 29(3):307–311. doi: 10.3803/EnM.2014.29.3.307

18. Short S.P., Williams C.S. Selenoproteins in tumorigenesis and cancer progression. *Adv. Cancer Res.* 2017; 136: 49–83. doi: 10.1016/bs.acr.2017.08.00218

---

### Информация об авторах:

Алена Олексовна Нестеренко, аспирант кафедры «Нефтегазовое дело, химия и экология», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный государственный университет путей сообщения»; тел.: 8-914-183-15-18; e-mail: alenushka\_3@inbox.ru

### Author information:

Alena O. Nesterenko, MD, Postgraduate student, Department of Oil and Gas Business, Chemistry and Ecology, Far Eastern State Transport University; phone: 8-914-183-15-18; e-mail: alenushka\_3@inbox.ru

**Целых Екатерина Дмитриевна** д-р биол. наук, профессор кафедры «Техносферная безопасность», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный государственный университет путей сообщения»; тел.: 8-914-214-34-64; e-mail: celixed@mail.ru

**Ekaterina D. Tselikh** PhD, D.Sc. (Biol.), Professor, Far Eastern State Transport University; phone: 8-914-214-34-64; e-mail: celixed@mail.ru

**Галина Петровна Евсеева**, д-р мед. наук, зам. директора по научной работе, главный научный сотрудник группы медико-экологических проблем здоровья матери и ребенка, Хабаровский филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания» – Научно-исследовательский институт охраны материнства и детства; тел.: 8-914-771-13-01; e-mail: evseeewa@yandex.ru

**Galina P. Evseeva**, MD, PhD, D.Sc. (Med.), Deputy Director on Scientific Work, Main Staff Scientist of the Group of Health and Environmental Problems of Mother and Child Health, Khabarovsk Branch of Far Eastern Scientific Center of Physiology and Pathology of Respiration – Research Institute of Maternity and Childhood Protection; phone: 8-914-771-13-01; e-mail: evseeewa@yandex.ru.

*Поступила 11.11.2019  
Принята к печати 22.11.2019*

*Received November 11, 2019  
Accepted November 22, 2019*