

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

ОЦЕНКА ЭЛЕМЕНТНОГО СТАТУСА ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ, ПРИБЫВШИХ НА ОБУЧЕНИЕ В РОССИЙСКУЮ ФЕДЕРАЦИЮ

А.А. Киричук^{1*}, И.Ю. Тармаева²

¹ ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов»,
Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6

² ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания биотехнологий и безопасности пищи»,
Российская Федерация, 109240, г. Москва, Устьинский проезд 2/14

РЕЗЮМЕ. Цель исследования – выявление особенностей элементного статуса студентов первого курса из различных климатогеографических регионов мира, прибывших на обучение в Российскую Федерацию.

Материалы и методы. Анализ исследуемых биологических образцов (волос и мочи) студентов из Российского университета дружбы народов (РУДН) выполнен методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой с определением содержания 12 элементов, в том числе Co, Cu, Fe, I, Mg, Mn, Se, Zn, As, Cd, Hg, Pb. По результатам исследования выявлены значительные особенности обмена как эссенциальных, так и токсичных элементов у студентов-иностранцев.

Результаты. Анализ кумуляции токсичных элементов в организме студентов-первокурсников РУДН свидетельствуют о достоверном увеличении уровня токсичных элементов у студентов-иностранцев. Так, для студентов из стран Латинской Америки и Африки в большей степени характерны признаки избытка ртути и свинца соответственно. Наиболее выраженные дефициты эссенциальных элементов отмечались в случае железа, йода, селена, цинка, магния.

Выводы. Выявленные дефициты создают предпосылки для проведения мероприятий по коррекции обеспеченности организма иностранных студентов данными элементами.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: эссенциальные и токсичные элементы, иностранные студенты, элементный статус, волосы, моча.

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире одной из характерных тенденций развития высшего образования является динамический рост студенческой миграции. Неотъемлемая часть государственной политики Российской Федерации – обучение иностранных студентов (Филиппов, 2017). С мая 2017 г. реализуется приоритетный Федеральный проект «Экспорт образования», направленный на повышение привлекательности российских образовательных программ для иностранных граждан, улучшение условий их пребывания в период обучения на территории Российской Федерации, а также повышение узнаваемости и статуса бренда российского образования на международном образовательном рынке, что в конечном итоге позволит увеличить объёмы экспорта образовательных услуг (Левицкий, 2018; Смолин, 2019).

В связи с этим важным требованием к улучшению условий пребывания иностранных студентов в Российской Федерации является сохранение их здоровья и предотвращение влияния неблагоприятных факторов риска. Учитывая немаловажную роль макро- и микроэлементов как эссенциальных микронутриентов в реализации физиологических функций организма (Скальный, 2018), можно полагать, что нарушения их обмена способны вносить значительный вклад в дисфункцию регуляторных систем организма (Arakawa, 2016).

Справедливо предположить, что элементный статус первокурсников-иностранцев является следствием их проживания в различных регионах мира (Киричук, 2020; Рахманин и др., 2020). По данным Mu et al., увеличение уровня свинца, кадмия и ртути в сыворотке крови студентов-

* Адрес для переписки:

Киричук Анатолий Александрович

E-mail: kirichuk-aa@rudn.ru

первокурсников в значительной степени обусловлено территорией их проживания (Kirichuk et al., 2020; Mu et al., 2020). В литературе давно поднимается вопрос о путях коррекции дефицита микроэлементов, которые регистрируются в различных регионах (Нотова и др., 2017; Скальный, 2018), в том числе в республиках Татарстан (Агаджанян и др., 2016), Бурятия (Тармаева и др., 2015), в Монголии (Golubkina et al., 2018), Индии (Halder et al., 2020), Китае (Mu et al., 2020).

Одним из основных подходов к повышению обеспеченности организма химическими элементами является обогащение (фортификация) пищевых продуктов необходимыми элементами. При этом наиболее обоснованным представляется проведение фортификации цинком и железом зерновых и, в первую очередь, пшеницы, как наиболее значимого в глобальном плане пищевого продукта (Balk et al., 2019). Продемонстрированы перспективы обогащения пшеницы и продуктов на ее основе селеном (Lyons et al., 2003). В структуре питания ряда национальностей и географических регионов преобладают другие зерновые, такие как рис (Dhaliwal et al., 2010; Giacosa et al., 2014; Halder et al., 2020) и кукуруза (Garcia-Casal et al., 2018; Maqbool, Beshir, 2018; El-Ramady et al., 2020), фортификация которых может расширить спектр пищевых продуктов для популяционной коррекции элементного статуса.

Таким образом, для ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» (РУДН), являющимся одним из флагманов образования Российской Федерации, проблема изучения элементного статуса иностранных студентов остается актуальной в связи с недостаточной изученностью нарушений обмена химических элементов в зависимости от территориальных аспектов и основных трендов их развития, что требует дополнительных исследований. Данные обстоятельства обуславливают возможность коррекции обмена макро- и микроэлементов в организме с целью повышения функциональных резервов организма иностранных студентов.

Ц е л ь и с с л е д о в а н и я – выявление особенностей элементного статуса студентов первого курса из различных климатогеографических регионов мира, прибывших на обучение в Российскую Федерацию.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследование были включены студенты-первокурсники РУДН, прибывшие на обучение

из различных климатогеографических регионов мира: из стран Юго-Восточной Азии ($n = 57$), Ближнего и Среднего Востока ($n = 84$), Африки ($n = 40$) и Латинской Америки ($n = 28$). Группой контроля служили 65 обследуемых жителей Москвы. Обследование проводили в рамках первого медицинского осмотра при поступлении в университет, непосредственно после приезда в Москву, с целью исключения влияния состава местных продуктов на элементный статус. Забор образцов волос осуществляли с использованием ножниц из нержавеющей стали, после обработки этанолом. Волосы состригали из 4–5 участков с затылочной части головы в количестве не менее 0,1 г. Для исследования использовали проксимальные части прядей длиной 1–2 см. Образцы волос упаковывали в бумажные конверты и хранили при комнатной температуре при пониженной влажности непосредственно до начала пробоподготовки.

Среднюю порцию мочи собирали утром, натощак, в стерильный контейнер для мочи (100 мл) (Greiner Bio-One, Австрия). Образцы хранили в холодильной камере при $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, транспортировали в лабораторию в замороженном состоянии в термоконтейнерах.

Анализ исследуемых образцов (волос и мочи) выполняли в лаборатории АНО «Центр биотической медицины», аккредитованной в Федеральном агентстве по техническому регулированию и метрологии (аттестат аккредитации РОСС RU.0001.22ПЯ05), методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) на приборе NexION 300D (PerkinElmer Inc., Shelton, CT, США), оснащенном автоматическим многоканальным дозатором ESI SC-2 DX4 (Elemental Scientific Inc, Omaha, NE, США). Определяли содержание 12 элементов, в том числе эссенциальных: кобальта (Co), меди (Cu), железа (Fe), йода (I), магния (Mg), марганца (Mn), селена (Se), цинка (Zn) и условно эссенциального мышьяка (As), а также токсичных: кадмия (Cd), ртути (Hg), свинца (Pb).

Исследования проведены в полном соответствии с этическими стандартами, обозначенными в Хельсинской декларации «Этические принципы проведения научных исследований с участием человека» (1965), и ее более поздними правками (Приказ Минздрава РФ № 266 от 2003 г.). Перед включением в группу обследуемых всем участникам были озвучены цели и задачи исследования, а также объяснены все проводимые проце-

дуры с последующим получением информированного согласия на участие в обследовании.

Статистическую обработку полученных данных выполняли с помощью программного пакета Microsoft Excel (Microsoft Office 2020, Microsoft Corporation, США) и Statistica 10.0 for Windows (Statsoft, Tulsa, США).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные данные свидетельствуют о высокой вариабельности содержания эссенциальных элементов в волосах студентов из различных климатогеографических регионов мира (табл. 1).

Уровень Cu в волосах студентов из Москвы достоверно превышал таковой у обследуемых из Юго-Восточной Азии, Ближнего и Среднего Востока на 20 и 24% соответственно. Содержание Cu в волосах первокурсников из Африки и Латинской Америки превышало соответствующие показатели у обследуемых из стран Ближнего и Среднего Востока на 44 и 24% соответственно. При этом содержание Fe в волосах студентов-африканцев оказалось наибольшее среди всех групп и достоверно выше таковой у обследуемых из Юго-Восточной Азии и Ближнего и Среднего Востока на 62 и 158% соответственно. Наименьший уровень I в волосах (0,102 мкг/г) характерен для студентов, прибывших из стран Ближнего и Среднего Востока: более чем в пять раз ниже со-

ответствующего показателя у студентов из стран Африки и более чем в три раза ниже, чем у студентов из Москвы. В то же время содержание I в волосах студентов из стран Африки было самое высокое (0,551 мкг/г) и достоверно превышало таковое у первокурсников из Москвы и стран Юго-Восточной Азии на 38 и 34% соответственно. Уровень Se в волосах студентов из Латинской Америки превышал таковой у обследуемых из Москвы, Ближнего и Среднего Востока, а также Африки на 15, 14 и 25% соответственно. Содержание Zn в волосах студентов-африканцев отмечалось достоверно ниже соответствующих значений у первокурсников из Москвы, Юго-Восточной Азии, Ближнего и Среднего Востока, а также Латинской Америки на 30, 29, 26 и 16% соответственно. Уровень Co являлся максимальным у первокурсников из Москвы и стран Африки. Так, содержание Co в волосах студентов из стран Юго-Восточной Азии, Среднего и Ближнего Востока, а также Латинской Америки оказалось на 53, 79 и 42% ниже соответствующих показателей студентов-москвичей. В то же время содержание Co в волосах студентов из стран Африки превышало таковое у обследуемых из стран Ближнего и Среднего Востока более чем в 4 раза. Скольконибудь значимых различий в уровне Co в волосах обследуемых студентов из Африки и Москвы выявлено не было.

Таблица 1. Содержание эссенциальных элементов в волосах у студентов из различных регионов мира (мкг/г)

Элемент	Регион				
	Москва	ЮВА	БСВ	Африка	ЛА
Cu	11,33 (8,75–15,09)	9,05 ¹ (8,15–11,25)	8,59 ¹ (7,58–10,03)	12,38 ³ (9,55–14,24)	10,68 ^{2,3} (9,44–13,61)
Fe	21,87 (14,2–34,04)	15,41 ¹ (9,28–23,23)	9,73 ¹ (7,71–15,72)	25,09 ^{2,3} (20,53–35,27)	15,69 ^{1,4} (11,87–20,94)
I	0,341 (0,158–0,654)	0,364 (0,197–0,653)	0,102 ^{1,2} (0,071–0,262)	0,551 ^{1,2,3} (0,333–0,814)	0,470 ³ (0,279–1,294)
Se	0,446 (0,343–0,494)	0,514 ¹ (0,429–0,591)	0,449 ² (0,399–0,523)	0,394 ² (0,355–0,444)	0,524 (0,451–0,594)
Co	0,019 (0,009–0,049)	0,009 ¹ (0,004–0,017)	0,004 ¹ (0,003–0,007)	0,018 ³ (0,012–0,031)	0,011 ¹ (0,005–0,022)
Mn	0,843 (0,335–1,179)	0,353 (0,238–1,037)	0,200 ^{1,2} (0,155–0,354)	0,923 ^{2,3} (0,604–1,411)	0,651 ^{2,3} (0,271–1,176)
Zn	201,4 (166,8–244,9)	199,1 (162,5–330,6)	189,3 (164,3–258,5)	140,7 ^{1,2,3} (113,8–174,7)	166,4 ⁴ (148,1–227)
Mg	141,2 (64–224,9)	91,1 ¹ (48,6–174,8)	42,1 ^{1,2} (28,2–59,3)	99,6 ¹ (65,4–123,1)	101,7 (44,3–154,8)

Примечание: данные представлены в виде медианы и соответствующих границ межквартильного (Q₁–Q₃) интервала; ЮВА – Юго-Восточная Азия; БСВ – Ближний и Средний Восток; ЛА – Латинская Америка; ^{1,2,3,4} – достоверность отличий от групп (¹Москва, ²ЮВА, ³БСВ, ⁴Африка); *p* < 0,05.

Интересно, что характер различий в содержании Mn в волосах был сходен с таковым в случае кобальта. Так, наименьшие значения содержания Mn в волосах отмечались у первокурсников, прибывших из стран Ближнего и Среднего Востока, и ниже соответствующих показателей – в группах студентов из Москвы, Юго-Восточной Азии, Африки и Латинской Америки на 76, 44, 78 и 69% соответственно. При этом содержание Mn у студентов из Африки и Латинской Америки также превышало соответствующие показатели в группах, обследуемых из Юго-Восточной Азии на 161 и 84% соответственно. Вместе с тем достоверных отличий в содержании Mn в волосах студентов из Москвы, Африки и Латинской Америки выявлено не было.

Значительные различия выявлены в содержании Mg в волосах первокурсников из разных регионов мира. В частности, наименьшие значения содержания Mg в волосах (42,1 мкг/г) оказались характерным для студентов из стран Ближнего и Среднего Востока – это более чем втрое

ниже соответствующих контрольных показателей студентов из Москвы. Уровень Mg в волосах обследуемых из стран Юго-Восточной Азии и Африки ниже контрольных значений на 35 и 29% соответственно.

Концентрация эссенциальных элементов в моче студентов из различных регионов мира (табл. 2), также ассоциирована с регионом проживания.

Студенты из стран Африки и Ближнего и Среднего Востока характеризовались максимальной концентрацией Cu в моче, превышая соответствующие контрольные показатели студентов из Москвы на 41 и 40% соответственно. Интенсивность экскреции Fe с мочой у студентов из Латинской Америки практически вдвое превышала соответствующие значения у обследуемых из Москвы, Юго-Восточной Азии, Ближнего и Среднего Востока. В свою очередь, концентрация Se у лиц, прибывших для обучения из стран Латинской Америки, превышала контрольные показатели студентов-москвичей на 34%.

Таблица 2. Содержание эссенциальных элементов в моче у студентов из различных регионов мира (мкг/мл)

Элемент	Регион				
	Москва	ЮВА	БСВ	Африка	ЛА
Cu	12,79 (6,54–16,95)	14,69 (10,30–17,79)	17,88 ¹ (13,60–23,17)	18,02 ¹ (12,79–22,33)	16,64 (11,56–20,49)
Fe	22,02 (14,94–32,58)	22,49 (15,44–37,50)	25,55 (16,88–39,15)	33,06 (20,17–49,18)	47,99 ³ (21,74–207,85)
I	113,0 (52,5–182,6)	124,2 (81,4–195,9)	99,4 (69,2–154,2)	120,1 (93,7–175,5)	167,7 (93,1–211,6)
Se	29,19 (13,96–43,22)	30,14 (21,56–48,88)	35,36 (25,75–58,31)	32,97 (23,41–51,62)	39,07 ¹ (25,64–56,11)
Co	1,16 (0,728–2,057)	0,705 ¹ (0,53–1,017)	0,768 ¹ (0,54–0,973)	1,127 ² (0,767–1,717)	0,859 ^{1,4} (0,475–1,414)
Mn	0,891 (0,603–1,309)	0,706 ¹ (0,542–1,011)	0,784 (0,564–1,162)	1,01 ^{2,3} (0,723–1,343)	0,809 ⁴ (0,604–1,023)
Zn	328,7 (218,9–832,4)	557,9 (400,3–782,3)	680,9 ^{1,2} (406,2–1140,9)	792,5 ¹ (479,7–1051,7)	804,4 (538,5–1145,0)
Mg	117,2 (110,3–125,7)	123,1 (111,5–131,9)	122,5 (110,9–131,7)	122,7 (112,9–130,7)	128 (112,7–133,7)

Примечание: см. табл. 1.

Концентрация Co в моче обследуемых студентов-первокурсников из стран Юго-Восточной Азии, Ближнего и Среднего Востока, а также Латинской Америки на 39, 34, и 26% ниже таковой у обследуемых из Москвы. Концентрация этого элемента в моче студентов из стран Африки превышала соответствующие показатели у обследо-

уемых из Юго-Восточной Азии и Латинской Америки на 60 и 31% соответственно. Причем, как и в случае с уровнем Co в волосах, концентрация элемента в моче студентов из Африки и Москвы не характеризовалась сколько-нибудь значимыми различиями. Уровень Mn в моче студентов из Африки достоверно превышал таковой у обследо-

двумя из Юго-Восточной Азии, Ближнего и Среднего Востока, Латинской Америки на 43, 29, 25% соответственно, хотя и достоверно не отличался от контрольных показателей. Стоит отметить, что интенсивность экскреции Zn с мочой имела тенденцию к увеличению у всех групп иностранцев относительно контрольных значений студентов из Москвы. Наибольшей концентрацией I в моче характеризовались студенты из Латинской Америки, этот показатель был выше, чем у студентов из Москвы и Ближнего и Среднего Востока на 48 и 69% соответственно.

Проведенный множественный регрессионный анализ показал достоверную положительную ассоциацию между проживанием в Москве и уровнем Cu в волосах, причем аналогичная тенденция отмечалась в случае Африки и Латинской Америки, однако взаимосвязь лишь приближалась к достоверной. Несмотря на выраженные групповые различия в содержании элементов в волосах студентов различных групп, регрессионный анализ не выявил сколько-нибудь значимых взаимосвязей между регионом проживания и уровнем других анализируемых эссенциальных элементов, за исключением Mg. Так, содержание последнего в волосах студентов-первокурсников было положительно взаимосвязано с проживанием в Москве.

При оценке взаимосвязи между регионом проживания и уровнем Co методом множественного линейного регрессионного анализа выявлено, что проживание в странах Ближнего и Среднего Востока является достоверно отрицательным предиктором уровня кобальта в волосах студентов. При этом обратная взаимосвязь между содержанием Co в волосах и проживанием в странах Юго-Восточной Азии и Латинской Америки приближалась к уровню статистической значимости. Несмотря на выявленные групповые различия, регрессионный анализ показал лишь приближающуюся к достоверной положительную ассоциацию между уровнем марганца в волосах и проживанием в странах Африки.

Множественный линейный регрессионный анализ продемонстрировал, что характер взаимосвязи уровня элементов в моче с регионом проживания отличен от такового в случае волос. Среди всех анализируемых эссенциальных элементов лишь уровень Fe в моче оказался положительно ассоциирован с проживанием в странах Латинской Америки, тогда как в случае других элементов сколько-нибудь значимых взаимосвязей не обнаружено. При анализе взаимосвязи

между уровнями Co, Mn, Zn и Mg в моче с регионом проживания методом множественной линейной регрессии не выявлено приоритетных различий.

Таким образом, результаты исследования продемонстрировали достоверно меньшие по сравнению со студентами из Москвы уровни Fe, Co, Cu, Mn в волосах студентов из Юго-Восточной Азии, Среднего и Ближнего Востока, а также Латинской Америки, тогда как студенты-африканцы характеризовались лишь достоверно меньшим уровнем Zn. Предположительно, данные различия могут являться следствием особенностей питания и влияния окружающей среды на месте прежнего проживания, до прибытия на обучение в Российскую Федерацию.

Наряду с уровнем эссенциальных элементов в волосах и моче студентов из различных регионов мира, также были установлены паттерны кумуляции условно эссенциального мышьяка и токсичных элементов.

Показано, что регион проживания студентов оказывает значительное влияние на уровень As и токсичных элементов в волосах. Содержание As в волосах студентов из Юго-Восточной Азии, Ближнего и Среднего Востока, Африки, а также Латинской Америки превышало таковое у студентов из Москвы в 2,5; 2; 2,7, а также 2,6 раз, соответственно (табл. 3). Уровень Cd в волосах студентов из Юго-Восточной Азии и стран Ближнего и Среднего Востока отличался более чем двукратным снижением относительно соответствующих значений у первокурсников из Москвы. В то же время содержание Cd в волосах студентов из стран Африки и Латинской Америки в 2 и 1,8 раза превышало аналогичные показатели у студентов из Москвы. Данные значения характеризовались более чем четырехкратным превышением уровня Cd в волосах студентов из стран Юго-Восточной Азии и стран Ближнего и Среднего Востока.

Содержание Hg в волосах студентов, прибывших из стран Юго-Восточной Азии, Ближнего и Среднего Востока, а также Африки достоверно не отличалось от контрольной группы студентов из Москвы. Вместе с тем уровень данного элемента у студентов из Латинской Америки характеризовался более чем 2,5-кратным превышением соответствующего показателя у студентов из других регионов мира. Максимальное содержание Pb в волосах отмечалось у студентов из стран Африки, превышая соответствующие по-

казатели у обследуемых из Москвы, Юго-Восточной Азии, Ближнего и Среднего Востока, а также Латинской Америки более чем в 2,7, 4,6, 3,8 и 1,8 раза соответственно.

Результаты проведенного анализа продемонстрировали, что уровень токсичных элементов в моче являлся менее вариабельным по сравнению с содержанием токсичных элементов в волосах студентов. Концентрация As в моче студентов из стран Юго-Восточной Азии превышала соответ-

ствующие показатели у обследуемых из Москвы на 35% (табл. 4), однако данные различия не являлись достоверными вследствие высокой вариабельности данных. При этом содержание As в моче студентов из стран Юго-Восточной Азии превышало соответствующие показатели у первокурсников, прибывших из стран Африки, Латинской Америки, Ближнего и Среднего Востока, на 69, 34 и 33% соответственно.

Таблица 3. Содержание мышьяка и токсичных элементов в волосах студентов из различных регионов мира (мкг/г)

Элемент	Регион				
	Москва	ЮВА	БСВ	Африка	ЛА
As	14,69 (8,755–20,48)	36,82 ¹ (23,055–51,98)	29,64 ¹ (18,70–49,02)	39,23 ¹ (32,98–56,64)	38,41 ¹ (25,51–54,59)
Cd	13,92 (5,92–22,47)	6,14 (3,82–12,38)	5,49 (3,40–14,73)	28,16 ³ (6,01–54,88)	25,02 ^{1,2,3} (3,744–96,98)
Hg	104,01 (64,35–163,87)	129,94 (64,29–171,59)	77,76 (42,58–158,20)	96,06 ³ (67,52–142,56)	226,97 ^{1,2,3} (134,84–456,18)
Pb	289,88 (127,79–532,42)	173,26 (122,32–465,19)	206,53 (122,19–380,35)	794,06 ^{1,2,3} (280,26–1826,45)	434,93 ⁴ (112,65–1581,88)

Примечания: см. табл. 1.

Таблица 4. Содержание мышьяка и токсичных элементов в моче студентов из различных регионов мира (мкг/мл)

Элемент	Регион				
	Москва	ЮВА	БСВ	Африка	ЛА
As	14,63 (7,55–24,91)	19,69 (13,50–31,29)	14,73 (10,016–26,28)	11,64 ³ (8,47–29,86)	14,65 ⁴ (11,03–22,18)
Cd	0,177 (0,094–0,320)	0,448 ¹ (0,203–0,659)	0,262 ² (0,176–0,365)	0,316 ¹ (0,234–0,460)	0,343 ¹ (0,167–0,585)
Hg	0,180 (0,093–0,189)	0,175 ¹ (0,110–0,449)	0,414 ¹ (0,231–0,697)	0,189 (0,091–0,438)	0,611 ^{1,2,4} (0,167–1,384)
Pb	2,855 (1,633–4,758)	2,643 (1,692–5,211)	2,937 (1,444–4,067)	1,537 ^{1,4} (0,693–2,793)	1,537 ^{1,4} (0,693–2,793)

Примечания: см. табл. 1.

Более выраженные различия отмечались в случае концентрации Cd в моче. Значения данного показателя у студентов-иностранцев из стран Юго-Восточной Азии, Ближнего и Среднего Востока, Африки и Латинской Америки превышали таковые у сокурсников из Москвы более чем в 2,5, 1,5, 1,8 и 1,9 раза соответственно. Уровень Cd в моче студентов из Юго-Восточной Азии оказался достоверно выше соответствующих значений у обследуемых из стран Ближнего и Среднего Востока на 71%. По результатам анализа, наибольшая концентрация Hg в моче отмечалась у студентов из Латинской Америки, пре-

вышшая соответствующие показатели у обследуемых из Москвы, стран Юго-Восточной Азии, Африки, Ближнего и Среднего Востока на 239, 249, 232 и 48% соответственно. Наименьшая интенсивность экскреции Pb с мочой выявлена у студентов из Латинской Америки: на 46, 42, 48 и 60% ниже соответствующих значений у первокурсников из Москвы, Юго-Восточной Азии, Ближнего и Среднего Востока и Африки.

Для оценки взаимосвязи между уровнями элементов в волосах и моче применен корреляционный анализ. Установлено, что содержание Hg ($r = 0,356$; $p < 0,001$) и Pb ($r = 0,201$; $p = 0,009$)

в волосах характеризуется достоверной положительной корреляцией с уровнем элементов в моче. В то же время сколько-нибудь значимых взаимосвязей между содержанием As ($r = 0,010$; $p = 0,903$) или Cd ($r = 0,102$; $p = 0,190$) в волосах и моче выявлено не было.

Таким образом, результаты анализа элементного статуса обследуемых выявили значительные особенности обмена как эссенциальных, так и токсичных элементов у студентов-иностранцев. В частности, наиболее выраженные дефициты отмечались в случае Fe, I, Se, Zn, Mg, что создает предпосылки для проведения мероприятий по коррекции обеспеченности организма иностранных студентов данными элементами. Несмотря на то, что среди эссенциальных элементов также отмечались нарушения обмена Co и Mn, целевая коррекция обеспеченности организма этими элементами представляется менее обоснованной в связи с узким терапевтическим окном и значительной возможностью развития интоксикации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Иностранные студенты из различных регионов мира, прибывшие на обучение в РУДН, характеризуются достоверными различиями в содержании эссенциальных и токсичных элементов, что, вероятно, является особенностями метаболизма, питания и образа жизни, характерных для регионов проживания студентов до прибы-

тия в Российскую Федерацию.

Результаты анализа кумуляции токсичных элементов в организме студентов-первокурсников РУДН свидетельствуют о достоверном увеличении уровня токсичных элементов у студентов-иностранцев. В частности, для студентов из стран Латинской Америки и Африки в большей степени характерны признаки избытка соответственно Hg и Pb. Данное обстоятельство также должно учитываться при разработке стратегий по коррекции элементного статуса. В условиях необоснованности проведения целевого снижения уровня токсичных элементов в организме посредством хелатирования, вероятным способом является коррекция обеспеченности организма эссенциальными элементами, в первую очередь, цинком и селеном, являющимися антагонистами токсичных элементов (Rahman et al., 2019). Тем не менее для выявления приоритетных мишеней физиологически обоснованной коррекции элементного статуса необходим анализ взаимосвязи характеристик обмена эссенциальных и токсичных элементов с функциональными показателями организма студентов. Требуются дальнейшие исследования, направленные на оценку непосредственного вклада избытка токсичных элементов на показатели здоровья студентов, прибывших на обучение в Российскую Федерацию из различных регионов мира.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

- Агаджанян Н.А., Скальный А.В., Березкина Е.С., Демидов В.А., Грабеклис А.Р., Скальная М.Г. Референтные значения содержания химических элементов в волосах взрослых жителей Республики Татарстан. Экология человека. 2016; (4): 38–44. DOI: 10.33396/1728-0869-2016-4-38-44.
- Киричук А.А. Особенности элементного статуса волос студентов, прибывших на учебу в московский мегаполис из различных регионов мира. Микроэлементы в медицине. 2020; 21(1): 14–21. DOI: 10.19112/2413-6174-2020-21-1-14-21.
- Левицкий М.Л. Тенденции и перспективы развития российского образования в условиях цифровой глобализации. Alma mater (Вестник высшей школы). 2018; (2): 6–9. DOI: 10.20339/AM.2-18.006.
- Нотова С.В., Кияева Е.В., Радыш И.В., Ларюшина И.Э., Благодрахов М.Л. Особенности элементного статуса студентов с разным уровнем адаптации. Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2017; 163(5): 541–543. eLIBRARY ID: 29325228.
- Рахманин Ю.А., Киричук А.А., Скальный А.А., Тиньков А.А., Чижов А.Я., Скальный А.В. Особенности содержания токсичных металлов в волосах студентов-иностранцев, обучающихся в Российском университете дружбы народов (РУДН). Гигиена и санитария. 2020. № 99(7). С. 733–737. DOI: 10.33029/0016-9900-2020-99-7-733-737.
- Скальный А.В. Оценка и коррекция элементного статуса населения-перспективное направление отечественного здравоохранения и экологического мониторинга. Микроэлементы в медицине. 2018; 19 (1): 5–13. DOI: 10.19112/2413-6174-2018-19-1-5-13.
- Смолин О.Н. Национальный проект «Образование»: системные проблемы и возможные решения. Научные труды Вольного экономического общества России. 2019; 217(3): 50–71. eLIBRARY ID: 39241440.
- Тармаева И.Ю., Ханхареев С.С., Ефимова Н.В., Богданова О.Г. Оценка риска здоровью обучающихся общеобразовательных учреждений, обусловленного факторами среды обитания. Сибирский медицинский журнал (Иркутск). 2015; 136(5): 105–108. eLIBRARY ID: 25510366.

- Филиппов В.М. Качество образования в государствах - участниках СНГ: правовое обеспечение и эффективная практика. Диалог: политика, право, экономика. 2017; 1(4): 32–39. eLIBRARY ID: 28786916.
- Arakawa Y. Trace elements maintaining the vital functions. *Nihon Rinsho*. 2016; 74(7):1058–1065. PMID: 27455793.
- Balk J., Connorton J.M., Wan Y., Lovegrove A., Moore K.L., Uauy C., Sharp P.A., Shewry P.R. Improving wheat as a source of iron and zinc for global nutrition. *Nutr Bull*. 2019;44(1): 53–59. DOI: 10.1111/nbu.12361.
- Dhaliwal S.S., Sadana U.S., Khurana M.P.S., Dhadli H.S., Manchanda J.S. Enrichment of rice grains with zinc and iron through ferti-fortification. *Indian Journal of Fertilisers*. 2010; 6(7): 28–35.
- El-Ramady H., Faizy S.E.D., Abdalla N., Taha H., Domokos-Szabolcsy É., Fari M., Elsakhawy T., Omara A.E.D., Shalaby T.A., Bayoumi Y., Shehata S.A., Geilfus C.-M., Brevik E.C. Selenium and nano-selenium biofortification for human health: Opportunities and challenges. *Soil Systems*. 2020; 4(3): 57. DOI:10.3390/soilsystems4030057.
- Garcia-Casal M.N., Peña-Rosas J.P., De-Regil L.M., Gwirtz J.A., Pasricha S.R. Fortification of maize flour with iron for controlling anaemia and iron deficiency in populations. *Cochrane Database Syst Rev*. 2018; 12(12): CD010187. DOI: 10.1002/14651858.CD010187.pub2.
- Giacosa A., Faliva M.A., Perna S., Minoia C., Ronchi A., Rondanelli M. Selenium fortification of an Italian rice cultivar via foliar fertilization with sodium selenate and its effects on human serum selenium levels and on erythrocyte glutathione peroxidase activity. *Nutrients*. 2014; 6(3): 1251–1261. DOI: 10.3390/nu6031251.
- Golubkina N., Erdenetsogt E., Tarmaeva I., Brown O., Tsegmed S. Selenium and drinking water quality indicators in Mongolia. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2018; 25(28): 28619–28627. DOI: 10.1007/s11356-018-2885-2.
- Halder D., Saha J.K., Biswas A. Accumulation of essential and non-essential trace elements in rice grain: Possible health impacts on rice consumers in West Bengal, India. *Sci Total Environ*. 2020; (706): 135944. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.135944.
- Kirichuk A.A., Skalny A.A., Rusakov A.I., Tinkov A.A., Skalny A.V. Arsenic, cadmium, mercury, and lead levels in hair and urine in first-year RUDN University students of different geographic origins. *Environmental Science and Pollution Research*. 2020; 27(27): 34348–34356.
- Lyons G., Stangoulis J., Graham R. High-selenium wheat: biofortification for better health. *Nutrition Research Reviews*. 2003; 16(1): 45–60. DOI: 10.1079/NRR200255.
- Maqbool M.A., Beshir A. Zinc biofortification of maize (*Zea mays* L.): Status and challenges. *Plant breeding*. 2018; 138(1): 1–28. DOI:10.1111/pbr.12658.
- Mu X., Wang Z., Liu L., Guo X., Gu C., Xu H., Zhao L., Jiang W., Cao H., Mao X., Huang T., Gao H., Ma J. Multiple exposure pathways of first-year university students to heavy metals in China: Serum sampling and atmospheric modeling. *Sci Total Environ*. 2020; (746): 141405. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.141405.
- Rahman M.M., Hossain K.F.B., Banik S., Sikder M.T., Akter M., Bondad S.E.C., Rahaman M.S., Hosokawa T., Saito T., Kurasaki M. Selenium and zinc protections against metal-(loids)-induced toxicity and disease manifestations: A review. *Ecotoxicol Environ Saf*. 2019; (168): 146–163. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2018.10.054.

ASSESSMENT OF THE ELEMENTAL STATUS OF FOREIGN STUDENTS STUDYING IN THE RUSSIAN FEDERATION

A.A. Kirichuk¹, I.Yu. Tarmaeva²

¹Peoples' Friendship University of Russia, Miklukho-Maklaya street 6, Moscow, 117198, Russian Federation

²Federal Research Centre of Nutrition and Biotechnology, Ust'inskiyproyezd, 2/14, Moscow, 109240, Russian Federation

ABSTRACT. The purpose of this study was to identify the features of the elemental status of first-year students from various climatic and geographical regions of the world who arrived to study in the Russian Federation.

Materials and methods. The analysis of the studied biological samples (hair and urine) of students from the Peoples' Friendship University of Russia (PFUR) was performed by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) with the determination of the content of 12 elements, including Co, Cu, Fe, I, Mg, Mn, Se, Zn, As, Cd, Hg, Pb.

Results. According to the results of the study, significant features of the exchange of both essential and toxic elements in foreign students were revealed. In particular, the analysis of the accumulation of toxic elements in the body of RUDN first-year students indicates a significant increase in the level of toxic elements in foreign students. Thus, for students from Latin America and Africa, signs of an excess of Hg and Pb, respectively, are more characteristic. With regard to essential elements, the most pronounced deficiencies were noted in the case of Fe, I, Mg, among students from Southeast Asia.

Conclusion. The results of the study creates the prerequisites for taking measures to correct the provision of the body of students with these elements.

KEYWORDS: essential and toxic elements, foreign students, elemental status, hair, urine.

REFERENCES

- Agadzhanjan N.A., Skalny A.V., Berezkina E.S., Demidov V.A., Grabeklis A.R., Skal'naja M.G. Referentnye znachenija sodержaniya himicheskikh jelementov v volosah vzroslyh zhitelej Respubliki Tatarstan. *Jekologija cheloveka*. 2016; (4): 38–44. DOI: 10.33396/1728-0869-2016-4-38-44 (in Russ.).
- Kirichuk A.A. Osobennosti jelementnogo statusa volos studentov, pribyvshih na uchebu v moskovskij megapolis iz razlichnyh regionov mira. *Mikrojelementy v medicine*. 2020; 21(1): 14–21. DOI: 10.19112/2413-6174-2020-21-1-14-21 (in Russ.).
- Levickij M.L. Tendencii i perspektivy razvitiya rossijskogo obrazovanija v uslovijah cifrovoj globalizacii. *Alma mater (Vestnik vysshej shkoly)*. 2018; (2): 6–9. DOI: 10.20339/AM.2-18.006 (in Russ.).
- Notova S.V., Kijaeva E.V., Radysh I.V., Larjushina I.Je., Blagonravov M.L. Osobennosti jelementnogo statusa studentov s raznym urovnem adaptacii. *Bjulleten' jeksperimental'noj biologii i mediciny*. 2017; 163(5): 541–543. eLIBRARY ID: 29325228 (in Russ.).
- Rahmanin Ju.A., Kirichuk, A.A., Skal'nyj, A.A., Tin'kov, A.A., Chizhov, A.Ja., Skal'nyj, A.V. Osobennosti sodержaniya toksichnyh metallov v volosah studentov-inostrancev, obuchajushhihsja v Rossijskom universitete družby narodov (RUDN). *Gigiena i sanitarija*. 2020. № 99(7). S. 733–737. DOI: 10.33029/0016-9900-2020-99-7-733-737 (in Russ.).
- Skal'nyj A.V. Ocenka i korrekciya jelementnogo statusa naselenija-perspektivnoe napravlenie otechestvennogo zdravoohraneniya i jekologicheskogo monitoringa. *Mikrojelementy v medicine*. 2018; 19 (1): 5–13. DOI: 10.19112/2413-6174-2018-19-1-5-13 (in Russ.).
- Smolin O.N. Nacional'nyj proekt «Obrazovanie»: sistemnye problemy i vozmozhnye reshenija. *Nauchnye trudy Vol'nogo jekonomicheskogo obshhestva Rossii*. 2019; 217(3): 50–71. eLIBRARY ID: 39241440 (in Russ.).
- Tarmaeva I.Ju., Hanhareev S.S., Efimova N.V., Bogdanova O.G. Ocenka riska zdorov'ju obuchajushhihsja obshheobrazovatel'nyh uchrezhdenij, obuslovlennogo faktorami sredy obitanija. *Sibirskij medicinskij zhurnal (Irkutsk)*. 2015; 136(5): 105–108. eLIBRARY ID: 25510366 (in Russ.).
- Filippov V.M. Kachestvo obrazovanija v gosudarstvah - uchastnikah SNG: pravovoe obespechenie i jeffektivnaja praktika. *Dialog: politika, pravo, jekonomika*. 2017; 1(4): 32–39. eLIBRARY ID: 28786916 (in Russ.).
- Arakawa Y. Trace elements maintaining the vital functions. *Nihon Rinsho*. 2016; 74(7):1058–1065. PMID: 27455793.
- Balk J., Connorton J.M., Wan Y., Lovegrove A., Moore K.L., Uauy C., Sharp P.A., Shewry P.R. Improving wheat as a source of iron and zinc for global nutrition. *Nutr Bull*. 2019;44(1): 53–59. DOI: 10.1111/nbu.12361.
- Dhaliwal S.S., Sadana U.S., Khurana M.P.S., Dhadli H.S., Manchanda J.S. Enrichment of rice grains with zinc and iron through ferti-fortification. *Indian Journal of Fertilisers*. 2010; 6(7): 28–35.
- El-Ramady H., Faizy S.E.D., Abdalla N., Taha H., Domokos-Szabolcsy É., Fari M., Elsakhawy T., Omara A.E.D., Shalaby T.A., Bayoumi Y., Shehata S.A., Geilfus C.-M., Brevik E.C. Selenium and nano-selenium biofortification for human health: Opportunities and challenges. *Soil Systems*. 2020; 4(3): 57. DOI:10.3390/soilsystems4030057.
- Garcia-Casal M.N., Peña-Rosas J.P., De-Regil L.M., Gwirtz J.A., Pasricha S.R. Fortification of maize flour with iron for controlling anaemia and iron deficiency in populations. *Cochrane Database Syst Rev*. 2018; 12(12): CD010187. DOI: 10.1002/14651858.CD010187.pub2.
- Giacosa A., Faliva M.A., Perna S., Minoia C., Ronchi A., Rondanelli M. Selenium fortification of an Italian rice cultivar via foliar fertilization with sodium selenate and its effects on human serum selenium levels and on erythrocyte glutathione peroxidase activity. *Nutrients*. 2014; 6(3): 1251–1261. DOI: 10.3390/nu6031251.
- Golubkina N., Erdenetsogt E., Tarmaeva I., Brown O., Tsegmed S. Selenium and drinking water quality indicators in Mongolia. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2018; 25(28): 28619–28627. DOI: 10.1007/s11356-018-2885-2.
- Halder D., Saha J.K., Biswas A. Accumulation of essential and non-essential trace elements in rice grain: Possible health impacts on rice consumers in West Bengal, India. *Sci Total Environ*. 2020; (706): 135944. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.135944.
- Kirichuk A.A., Skalny A.A., Rusakov A.I., Tinkov A.A., Skalny A.V. Arsenic, cadmium, mercury, and lead levels in hair and urine in first-year RUDN University students of different geographic origins. *Environmental Science and Pollution Research*. 2020; 27(27): 34348–34356.
- Lyons G., Stangoulis J., Graham R. High-selenium wheat: biofortification for better health. *Nutrition Research Reviews*. 2003; 16(1): 45–60. DOI: 10.1079/NRR200255.
- Maqbool M.A., Beshir A. Zinc biofortification of maize (*Zea mays* L.): Status and challenges. *Plant breeding*. 2018; 138(1): 1–28. DOI:10.1111/pbr.12658.
- Mu X., Wang Z., Liu L., Guo X., Gu C., Xu H., Zhao L., Jiang W., Cao H., Mao X., Huang T., Gao H., Ma J. Multiple exposure pathways of first-year university students to heavy metals in China: Serum sampling and atmospheric modeling. *Sci Total Environ*. 2020; (746): 141405. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.141405.
- Rahman M.M., Hossain K.F.B., Banik S., Sikder M.T., Akter M., Bondad S.E.C., Rahaman M.S., Hosokawa T., Saito T., Kurasaki M. Selenium and zinc protections against metal-(loids)-induced toxicity and disease manifestations: A review. *Ecotoxicol Environ Saf*. 2019; (168): 146–163. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2018.10.054.