

АНТРОПОЛОГИЯ

ОЦЕНКА ВЗАИМОСВЯЗИ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И КОНЦЕНТРАЦИЙ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ У СОВРЕМЕННЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ АРКТИЧЕСКОГО АДАПТИВНОГО ТИПА¹

А.П. Бужилова, В.А. Бацевич, А.Ю. Бердиева, Д.Ю. Зорина, О.В. Ясина

Статья посвящена оценке взаимосвязи между концентрациями ряда микроэлементов в волосах и морфологическими признаками у представителей двух групп арктического адаптивного типа, обследованных на территории Чукотского полуострова. Анализ ранговых корреляций показал, что статистически достоверные различия между популяциями чукчей и эскимосов фиксируются главным образом в мужских выборках, тогда как в женских обнаруживается сходство морфологического и микроэлементного статуса. Тенденции, наблюдаемые в мужских группах, можно рассматривать как вероятное отражение различий в питании эскимосов и чукчей с большей долей морепродуктов в рационе у первых. Отсутствие корреляционных связей у женщин разных этнических групп может быть объяснено снижением межгрупповых различий на фоне более значительного полового диморфизма. Наибольшее число статистически достоверных связей выявлено между морфологическими характеристиками и уровнями таких микроэлементов, как цинк, хром, железо, ртуть и марганец. Обнаружена положительная по направленности взаимосвязь уровней цинка, хрома, марганца в волосах и величинами ряда продольных, обхватных и поперечных размеров тела, что позволяет отчасти объяснить сужение вариабельности тотальных размеров в арктических группах следствием специфического уровня поступления этих микроэлементов из окружающей среды. В особенности это касается пониженных концентраций цинка. При анализе статистических связей с показателями развития жировой ткани прослеживаются две разнонаправленные тенденции: положительная взаимосвязь размеров жировых складок и концентраций ртути; отрицательные корреляции величин жировых складок на конечностях с уровнем железа. Результаты настоящего исследования свидетельствуют о возможности использования обнаруженных корреляций в качестве оценки степени воздействия геохимических средовых факторов на организм человека, что наиболее актуально при анализе адаптационных способностей населения в экстремальных условиях среды.

Антропозкология, микроэлементы, морфология тела, элементный состав волос, эскимосы, чукчи, арктический адаптивный тип, геохимическая экология человека.

Введение

Климатогеографические условия арктического региона отличаются суровостью: низкими температурами, господством ветреных погод с метелями и ураганами зимой, длительным периодом без солнечного освещения, низкой фитопродукцией ландшафтов. Эти территории характеризуются также своеобразием микроэлементного состава почв и воды. Вследствие воздействия климатогеографических стрессовых факторов человеческий организм испытывает высокие потребности в энергии. Несомненно, влияние комплекса средовых условий должно было сыграть свою роль в формировании у коренного населения арктических широт приспособительных особенностей, которые выражаются на разных уровнях организации: морфологическом, физиологическом и биохимическом.

Т.И. Алексеева [1986] отмечает, что аборигенам территории Арктики и Субарктики (арктический адаптивный тип) присущ ряд морфологических особенностей. К ним относятся: массивное телосложение с хорошо развитым плечевым поясом; крупная цилиндрическая грудная клетка; повышенная частота мускульного типа телосложения при практическом отсутствии астенических форм; характерное снижение вариабельности антропологических признаков по сравнению с населением умеренной зоны. На примере нескольких популяций чукчей и эскимос-

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 11-06-00139-а).

сов как представителей арктических групп Н.И. Клевцова [1976] выявила своеобразный комплекс соматических особенностей, сочетающий массивность тела с пониженным жиротложением. Сравнительный анализ показал, что эскимосы и чукчи обладают небольшой длиной тела в сочетании с большими обхватными размерами туловища и конечностей, большим весом. При изучении пропорций тела обнаруживается относительная длинноногость и одновременно относительная короткорукость. Судя по абсолютным и относительным размерам тела, все они характеризуются высокими терморегуляционными свойствами, значительной массивностью скелета, высокими скоростями обмена веществ [Алексеева, 1977; Бужилова, Казеева, 2011].

Для ряда морфологических признаков получены весьма высокие и достоверные коэффициенты корреляции с холодовым индексом Бодмана [Давыдова, 1972]. Вследствие потребления большого количества жиров морских животных у аборигенов фиксируется своеобразный тип обмена веществ, связанный с изменением баланса фракций холестерина в пользу липопротеидов высокой плотности [Bang, Dyerberg, 1972; Dyerberg et al., 1975]. Для арктических популяций Чукотки характерна высокая минерализация скелета, несмотря на наличие ультрапресных источников поверхностных питьевых вод [Павловский, 1987].

Воздействие географической среды на человека разнообразно. Помимо климатических и географических факторов, необходимо учитывать роль геохимических факторов. Одним из методов оценки элементного статуса организма является микроэлементный анализ волос [Бацевич, Ясина, 1992; Голубкина и др., 1996; Скальный, 2004; Alfassi, 1994; Batzevich, 1995; Egeland et al., 2009].

Из литературных источников известно, что содержание микроэлементов в организме человека зависит от их концентраций в различных компонентах окружающей среды — почвообразующих породах, почвах, природных водах, атмосферном воздухе [Ковальский, 1982; Башкин, 2004; Скальный, 2004]. Химический состав организма стабилен благодаря регуляторным процессам гомеостаза, но может меняться в зависимости от состава среды в районах геохимических аномалий [Бацевич, Ясина, 1989; Куценогий и др., 2010]. Это особенно актуально в условиях Севера, где человек испытывает неблагоприятное воздействие комплекса природно-климатических факторов. Негативное влияние на организм человека усиливается геохимическим окружением: обедненные по большинству биогенных элементов почвы и ультрапресные поверхностные воды могут оказывать специфическое воздействие, вплоть до патологий [Алексеева, 1977, 1986; Алексеева и др., 2008; Панин, 1980; Тутельян и др., 2002; Скальный и др., 2004]. Биогенные химические элементы, входящие в состав ферментов, гормонов, витаминов и реализующие их действие, принимают участие в выполнении важнейших физиологических функций и адаптации организма к окружающей среде [Авцын и др., 1991; Сусликов, 2000; Тутельян и др., 2002; Скальный и др., 2004]. В экстремальных условиях Севера физиологические механизмы адаптивной перестройки организма могут закономерно приводить к сдвигу микроэлементного гомеостаза и возникновению акклиматизационного дефицита микроэлементов, что влечет за собой повышенную потребность организма в жизненно важных микроэлементах [Авцын и др., 1985, 1991; Панин, 2010]. Нередко наблюдается и обратная тенденция, когда в результате адаптивной перестройки фиксируется избыточное содержание ряда элементов в организме людей, проживающих в экстремальных условиях [Теддер, Жаворонков, 1988].

В настоящее время накоплен достаточно большой объем информации по микроэлементному статусу жителей различных территорий [Бацевич, Ясина, 1989; Куценогий и др., 2010; Ristic-Medic et al., 2009; Harvey et al., 2009; Ashton et al., 2009; Lowe et al., 2009]. При оценке микроэлементного статуса арктических групп на примере эскимосов и чукчей удалось выявить ряд особенностей. Было обнаружено повышенное содержание ртути (высокотоксичный для организма человека элемент) и высокое содержание жизненно необходимого элемента — селена. Подчеркнем, что распределение концентраций двух этих элементов в изучаемых группах соответствует районам геохимических аномалий с избыточным поступлением элементов из среды. Также было показано пониженное содержание марганца в волосах жителей Чукотки, что может быть следствием физиологических приспособлений к условиям Арктики [Зорина, Бацевич, 2011].

Полученные данные по морфологии и микроэлементному статусу у аборигенов Чукотки отражают, по мнению ряда авторов, результаты адаптационных процессов, развивавшихся под воздействием климатогеографических стрессоров этого региона [Алексеева, 1977, 1986; Козлов, 2008]. Однако пока сведения о возможной взаимосвязи содержания микроэлементов в организме человека и морфологической специфики представителей арктических групп случайны и несистемны [Скальный, 2004; Куценогий и др., 2010].

Оценка взаимосвязи морфологических характеристик и концентраций микроэлементов...

Цель нашей работы — выявление и анализ возможных связей между микроэлементным статусом и морфологическими характеристиками чукчей и эскимосов в качестве своеобразного морфофизиологического маркера степени воздействия биогеохимических условий на представителей коренного населения Арктики.

Материалы и методы

Материалы для настоящего исследования были собраны в результате комплексных антропологических экспедиций Института этнографии АН СССР и Института антропологии МГУ, работавших под руководством В.П. Алексеева и Т.И. Алексеевой в 1970 и 1971 гг.

В работу вошли данные по морфологии и микроэлементному составу волос 72 эскимосов (35 мужчин и 37 женщин) и 70 чукчей (30 мужчин и 40 женщин) в возрасте 18–59 лет, проживающих в поселках Магаданской области. Территория проживания эскимосов и чукчей не относится к зонам с высокой техногенной нагрузкой; таким образом, поставленная задача может быть решена без учета влияния антропогенных факторов среды.

По морфологической программе первичные материалы получены в ходе полевых исследований сотрудников НИИ и Музея антропологии МГУ Н.С. Смирновой и Н.И. Клевцовой. В 1970 г. измерения эскимосов и чукчей проводились Н.С. Смирновой (пп. Уэлен и Лорино Чукотского р-на Магаданской обл.); в 1971 г. — Н.И. Клевцовой (пп. Сиреники и Новое Чаплино Провиденского р-на Магаданской обл.; Нунымо Магаданской обл.). Измерения проводились по стандартной методике, принятой в Институте антропологии МГУ [Бунак, 1941]. Результаты морфологического анализа исследуемых групп были опубликованы ранее в нескольких работах [Клевцова, Смирнова, 1974; Клевцова, 1976]. В настоящем исследовании использовались индивидуальные данные по длиннотным, широтным и обхватным размерам, а также результаты измерений жировых складок. Вошли в анализ и некоторые расчетные признаки (мышкульные радиусы, общее количество жира и др.). Анализ проводился методами одномерной и многомерной статистики [Бужилова, Казеева, 2011].

Образцы волос для микроэлементного анализа были собраны Т.И. Алексеевой у тех же индивидуумов, что и данные по морфологии. Согласно методическим рекомендациям отбиралась часть волоса, близкая к корню, с затылочной и теменной частями головы, которая не подвергалась химическому воздействию. Определение концентраций микроэлементов в волосах выполнено В.А.Бацевичем и О.В.Ясиной в лаборатории активационного анализа Института ядерной физики (Узбекистан). Для фиксации элементного состава волос применялся метод инструментального нейтронно-активационного анализа [Бацевич, 1988]. В работу вошли данные по содержанию в волосах ряда жизненно необходимых элементов: цинка (Zn), железа (Fe), селена (Se), меди (Cu), хрома (Cr), кобальта (Co), марганца (Mn) — и токсичных элементов: ртути (Hg), сурьмы (Sb), а также элементов, биологическая роль которых еще не установлена: скандия (Sc) и золота (Au).

Статистический анализ содержания микроэлементов в волосах эскимосов и чукчей основывался на значениях медиан, поскольку распределение концентраций большинства элементов в этих группах имеет сильную правостороннюю асимметрию [Бацевич, 1988; Бацевич, Ясина, 1992; Зорина, 2010]. Для оценки различий микроэлементного состава волос у чукчей и эскимосов было проведено сравнение с использованием рангового критерия Манна — Уитни.

Для оценки связи между концентрациями микроэлементов в волосах и морфологическими признаками использовались ранговые коэффициенты корреляции Спирмена. Для более детальной оценки связи было проведено дополнительное внутригрупповое сравнение, когда каждая из выборок чукчей и эскимосов разделялась на две части в зависимости от величины содержания микроэлементов в волосах. В первую группу были включены индивиды со значением концентрации микроэлементов меньше медианы, во вторую — индивиды с большими, чем медиана, значениями. Для каждой из групп проводился анализ морфологического статуса, а затем — сравнение по выделенным признакам с учетом статистической значимости различий. Такая процедура была выполнена для каждого изучаемого микроэлемента.

Все расчеты по данным морфологии, микроэлементному составу и сравнительному анализу признаков проводились в пакете программы Statistica 8.0.

Результаты и обсуждение

Итоги определения концентраций микроэлементов в волосах исследуемых групп представлены в табл. 1. Приведены рассчитанные средние арифметические величины, медианы, стан-

дартные отклонения и размах концентраций. Как и в других популяциях, статистическое распределение концентраций большинства элементов, за исключением цинка и меди, в волосах эскимосов и чукчей отличается от нормального, и имеет сильную правостороннюю асимметрию.

Таблица 1

Концентрации микроэлементов в волосах чукчей и эскимосов

Элемент	Группа	Мужчины чукчи (n = 30), эскимосы (n = 35)				Женщины чукчи (n = 40), эскимосы (n = 37)			
		Me	X	s	Min-Max	Me	X	s	Min-Max
Se	Чукчи	0,812	1,49	3,65	0,051–20,2	0,837	1,93	3,55	0,051–15,5
	Эскимосы	0,928	3,95	8,29	0,026–41,1	0,748	2,58	5,66	0,026–30,9
Zn	Чукчи	178,5	171,9	30,9	93,4–226,2	165,7	160,8	39,1	67,3–303,5
	Эскимосы	172,2	175,7	41,9	102,0–278,5	163,9	157,8	35,7	84,7–228,3
Fe	Чукчи	79,0	104,0	114,6	5,3–651,5	40,8	51,3	43,3	5,31–247,3
	Эскимосы	49,1	54,8	33,3	3,02–130,3	34,1	33,5	19,3	6,03–64,3
Cu	Чукчи	17,7	18,7	6,62	3,93–33,5	12,1	15,1	6,61	7,60–30,8
	Эскимосы	20,3	20,4	8,19	6,54–41,4	13,3	13,7	4,76	4,363–23,1
Cr	Чукчи	0,422	0,885	2,26	0,085–12,8	0,295	0,335	0,215	0,085–1,04
	Эскимосы	0,325	0,496	0,661	0,072–3,75	0,248	0,249	0,114	0,072–0,556
Mn	Чукчи	1,29	1,34	0,926	0,289–3,80	0,978	1,19	1,02	0,134–5,17
	Эскимосы	0,624	0,797	0,598	0,218–2,68	0,631	1,07	1,04	0,096–5,22
Co	Чукчи	0,059	0,066	0,063	0,004–0,264	0,056	0,072	0,077	0,004–0,380
	Эскимосы	0,055	0,055	0,038	0,013–0,201	0,051	0,062	0,055	0,013–0,285
Hg	Чукчи	0,638	0,969	1,49	0,153–8,43	0,482	0,920	2,06	0,029–12,9
	Эскимосы	0,722	0,851	0,653	0,094–3,87	0,726	0,879	0,577	0,188–3,34
Sb	Чукчи	0,366	0,495	0,497	0,023–2,36	0,155	0,268	0,291	0,021–1,08
	Эскимосы	0,301	0,475	0,717	0,04–4,34	0,146	0,231	0,271	0,027–1,47
Sc	Чукчи	0,018	0,022	0,015	0,002–0,069	0,013	0,015	0,014	0,002–0,069
	Эскимосы	0,014	0,017	0,011	0,001–0,047	0,013	0,014	0,013	0,001–0,068
Au	Чукчи	0,023	0,026	0,025	0,001–0,139	0,016	0,020	0,010	0,007–0,049
	Эскимосы	0,014	0,017	0,013	0,003–0,052	0,017	0,026	0,031	0,003–0,138

Межгрупповое сравнение полученных данных по каждому элементу с использованием рангового критерия Манна — Уитни в женской части популяций показало очевидную близость чукчанок и эскимосок, для которых было выявлено статистически достоверное различие по содержанию только одного элемента — ртути ($p < 0,01$). Концентрации этого элемента были выше в волосах эскимосок. По морфологическим данным у женщин изучаемых этносов также наблюдается сходство, они представляют в основном мезопластический тип сложения [Клевцова, 1976].

При оценке микроэлементного статуса для мужской части выявлены достоверные различия между группами по нескольким элементам: марганцу ($p < 0,01$), хрому ($p < 0,05$), железу ($p < 0,01$) и золоту ($p < 0,05$). В целом их концентрации выше у мужчин чукчей. Кроме того, при сходстве медиан некоторых микроэлементов наблюдается относительно больший разброс значений концентраций элемента в выборке чукчей (табл. 1). Заметим, что, при очевидной морфологической схожести мужчин, у эскимосов и чукчей есть определенные соматические различия. В целом показатели длины тела и туловища, длины руки у эскимосов ниже, а развитие жирового компонента выше, чем у чукчей.

Прежде чем перейти к анализу корреляций, обратим внимание на несколько моментов, важных для понимания механизмов адаптации к экстремальным условиям среды. Во-первых, при анализе вариаций микроэлементов необходимо учитывать общность и стабильность геохимической среды обитания, поскольку описываемые в работе чукчи и эскимосы проживали на одной территории. Выполненный ранее многомерный Q-факторный анализ подтверждает положение о сходстве изучаемых групп по комплексу концентраций микроэлементов [Batzevich, 1995]. Во-вторых, следует иметь в виду и преобладающую схожесть соматотипов исследованного населения (относительно длинноногий, но короткорукый, широкоплечий и широкоплечий массивный тип с повышенным развитием мускулатуры и с пониженным жиротложением). Первые две особенности позволяют объединять результаты корреляционного анализа по разным этническим группам и аппроксимировать их на изучаемые популяции арктического адаптивного типа. В-третьих, следует принять во внимание различия в концентрациях отдельных элементов между разнополыми выборками и широкий интервал изменчивости показателей микроэлементного статуса у мужчин.

Оценка взаимосвязи морфологических характеристик и концентраций микроэлементов...

Анализ ранговых корреляций дал незначительное число достоверных связей между анализируемыми морфологическими признаками и уровнем концентраций пула микроэлементов. Величина корреляций достигает средних абсолютных значений, и они фиксируются главным образом в мужской части выборки. Существенные различия между этническими группами отмечаются только в случае распределения хрома и некоторых морфологических показателей, но не по величине признака, а по разнонаправленности связей. Наибольшее число достоверных связей между морфологическими показателями и концентрациями микроэлементов выявлено для цинка, хрома, железа, ртути и марганца. Напомним, что по трем из них (хрому, железу и марганцу) обнаружены достоверные различия между мужскими выборками эскимосов и чукчей. Таким образом, уже на этом этапе исследования выделяются микроэлементы, наиболее значимые для обсуждения специфики морфологического статуса арктического адаптивного типа, которые и будут анализироваться далее.

Цинк. При изучении взаимосвязей всего комплекса морфологических характеристик с концентрациями цинка были получены статистически достоверные положительные корреляции средней величины только в выборке эскимосов, а в выборке чукчей достоверных связей не выявлено (рис. 1). У эскимосов обнаруживается взаимосвязь концентраций цинка и длины тела и туловища, ширины плеч и обхватных размеров конечностей, эпифизарных диаметров. Кроме того, в группе индивидов с повышенным содержанием цинка по сравнению с группой, где этот элемент имеет низкие концентрации, отчетливо наблюдается относительное увеличение длиннотных размеров тела и обезжиренной массы тела (табл. 2).

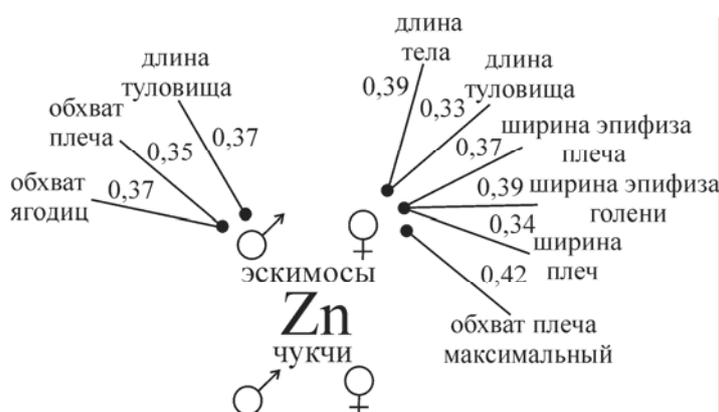


Рис. 1. Корреляционные связи между концентрациями цинка в волосах и морфологическими признаками ($p < 0,05$) (пояснения к рис. 1–5 см. в тексте)

Как показали специальные исследования, у мужчин потребность в цинке больше и они чаще страдают от гипоцинкемии [Prasad et al., 1963; Авцын и др., 1991]. В условиях дефицита цинка замедляются темпы роста и полового созревания, прекращается нарастание мышечной массы, что можно наблюдать у детей и подростков. Положительные корреляции содержания цинка в волосах с такими интегральными показателями физического развития в детских группах, как длина тела и вес, могут достигать 0,4 и выше [Бацевич и др., 2001].

Кроме того, по степени полового диморфизма по концентрации цинка в волосах можно судить об обеспеченности изучаемых групп этим микроэлементом [Бацевич, Ясина, 1989]. У мужчин, по сравнению с женщинами, преобладают центральные варианты распределения концентраций и сужен размах изменчивости, что может указывать на более жесткий контроль метаболизма цинка в организме. Если распределение в женской части популяции имеет выраженную правостороннюю асимметрию, а медиана больше, чем у мужчин, то в данной группе угрозы гипоцинкемии нет.

В нашем случае распределение этого микроэлемента у женщин близко к «мужскому» варианту, что позволяет предположить в группе цинковый дефицит (табл. 1). Таким образом, находится возможное объяснение относительному занижению величин основных длиннотных размеров у эскимосов по сравнению с чукчами.

Оценивая тенденции распределения цинка в популяциях чукчей, можно отметить сходные направления изменчивости, но с выраженной тенденцией к повышенному поступлению данного микроэлемента по сравнению с эскимосами (табл. 1).

Сравнительный анализ морфологических признаков в зависимости от концентраций цинка у женщин эскимосов ($p < 0,05$)*

Признак	Эскимосы-1			Эскимосы-2		
	n	X	s	n	X	s
Длина тела, см	19	1507,6	41,6	18	1544,6	39,6
Длина ноги, см	19	79,8	3,2	18	81,8	2,2
Длина корпуса, см	19	70,9	2,0	18	72,7	3,0
Длина туловища, см	19	46,7	1,6	18	48,5	2,9
Длина бедра, см	19	39,9	2,0	18	41,4	1,6
Обхват предплечья (макс.), мм	19	230,2	12,6	18	243,1	13,5
Обхват голени (мин.), мм	18	198,2	15,7	18	212,9	20,8
Обезжиренная масса тела, кг	18	43,5	4,5	18	47,1	5,2

* Представлены результаты сравнения по *t*-критерию Стьюдента морфологических признаков женщин эскимосов с пониженным содержанием (эскимосы-1) и с повышенным содержанием (эскимосы-2) цинка в волосах. Приведены только достоверные различия по морфологическим признакам ($p < 0,05$).

Итак, полученные результаты свидетельствуют о возможности дефицита цинка в арктических группах. Выявленная взаимосвязь концентраций цинка и некоторых морфологических показателей с учетом обнаруженного дефицита элемента может отчасти объяснить неоднократно обсуждаемое морфологами сужение интервала изменчивости (на популяционном уровне) ряда длиннотных размеров у представителей арктического адаптивного типа.

Хром. При оценке взаимосвязи концентрации хрома и морфологических характеристик выявляются достоверные корреляции в мужских группах чукчей и эскимосов. В выборке чукчей концентрации хрома маркируют увеличение показателей длины тела и обхватных размеров конечностей (рис. 2). При этом максимальных значений достигают связи по обхватным размерам и радиусам дистальных отделов конечностей (предплечья и голени).

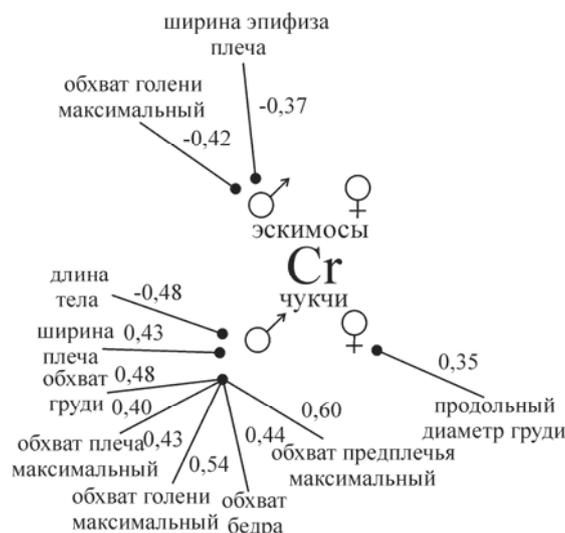


Рис. 2. Корреляционные связи между концентрациями хрома в волосах и морфологическими признаками ($p < 0,05$)

При сопоставлении групп чукчей с низкими и высокими концентрациями хрома отмечена отчетливая статистически достоверная динамика: в группе с высокими концентрациями хрома зафиксированы бóльшие по значению обхватные размеры и показатели развития жирового компонента (табл. 3).

В мужской выборке эскимосов обнаружена отрицательная статистическая связь между концентрациями хрома и обхватами голени и ширинами эпифиза плеча (рис. 2).

Как указывалось выше, именно по хрому выявлены достоверные различия в мужских выборках эскимосов и чукчей. Размах изменчивости концентраций этого микроэлемента в группе

Оценка взаимосвязи морфологических характеристик и концентраций микроэлементов...

чукчей значительно выше по сравнению с группой эскимосов (табл. 1). Таким образом, величина его поступления из внешней среды и содержание в организме могут оказывать влияние на морфологическую дифференциацию изучаемых арктических групп. Следует обратить внимание на статистически достоверную динамику увеличения обхватных размеров и показателей жирового компонента с увеличением концентрации хрома у чукотского населения.

Таблица 3

Сравнительный анализ морфологических признаков в зависимости от концентраций хрома у мужчин чукчей ($p < 0,05$)*

Признак	Чукчи-1			Чукчи-2		
	n	X	s	n	X	s
Обхват талии, см	12	77,99	4,98	22	83,60	1,05
Обхват плеча см	21	27,45	1,51	22	28,87	2,61
Обхват предплечья макс, см	22	26,64	1,18	22	28,19	2,43
Обхват предплечья мин, см	22	17,65	0,68	22	18,29	0,99
Обхват бедра, см	22	50,72	2,23	22	53,68	5,29
Обхват голени макс, см	22	33,55	2,16	20	35,67	1,99
Мышечный радиус плеча, см	21	6,04	1,66	23	7,96	3,18
Мышечный радиус голени, см	23	3,65	1,37	23	4,91	2,47
Жировая складка на трицепсе, мм	23	5,87	1,58	23	7,48	3,07
Жировая складка на предплечье, мм	23	8,04	1,58	23	10,52	4,88
Жировая складка на голени, мм	23	7,22	2,33	23	10,74	5,99
Жировая складка под лопаткой, мм	23	8,57	2,66	23	12,74	7,69
Жировая складка на груди, мм	23	6,21	1,21	22	8,64	4,03
Жировая складка на животе, мм	22	6,88	1,30	21	10,06	5,56
Средняя жировая складка, мм	21	4,35	0,24	19	4,61	0,38
Общее количество жира, кг	21	5,31	0,34	20	5,64	0,31

* Представлены результаты сравнения по *t*-критерию Стьюдента морфологических признаков чукчей с пониженным содержанием (чукчи-1) и с повышенным содержанием (чукчи-2) хрома в волосах. Приведены только достоверные различия по морфологическим признакам ($p < 0,05$).

Влияние хрома на липидный обмен хорошо известно. Хром усиливает действие инсулина во всех метаболических процессах, регулируемых этим гормоном, т.е. увеличивает проницаемость плазматических мембран для глюкозы, активирует ключевые ферменты гликолиза, стимулирует образование в печени и мышцах из глюкозы гликогена, усиливает синтез жиров и белков. Кроме того, подавляется активность ферментов, расщепляющих гликоген и жиры [Авцын и др., 1991; Скальный, 2004].

Ртуть. При исследовании арктических групп наиболее отчетливая тенденция взаимосвязи размеров жировых складок и концентраций микроэлемента обнаружена для ртути. Выделенные связи положительные (0,4–0,5). Данные корреляции характерны в большей степени для мужчин эскимосов (рис. 3). У женщин чукчей отмечены достоверные связи концентраций ртути (помимо взаимосвязи с размерами жировых складок) еще с обхватом талии и продольным диаметром груди, что логично, учитывая вклад жировой компоненты в развитие этих признаков.

Исследователи регионов Севера часто обращают внимание на повышенное содержание ртути в организме жителей прибрежной зоны [Куценогий и др., 2010; Galster, 1976; Nylander, Goodsite, 2006; Bonefeld-Jorgensen, 2010]. Считается, что концентрация ртути напрямую связана с потреблением в пищу мяса морских животных и рыбы. Эта связь подтверждается в группах, для которых морские продукты являются важной частью диеты. У индивидов, ежедневно потреблявших мясо тюленей, отмечаются наибольшие уровни этого элемента [Alfassi, 1994]. Результаты предыдущих исследований подтверждают широкое распространение повышенных концентраций ртути в волосах эскимосов и других прибрежных групп [Бацевич, Ясина, 1989].

В изученных арктических популяциях выявлена очевидная взаимосвязь уровня ртути в волосах и показателей жирового компонента. У эскимосов обнаружены статистически достоверные связи почти со всеми жировыми складками и производными от них признаками. У чукчей тенденции сохраняются, но указанные отношения выражены в меньшей степени. На рис. 3 представлены только наиболее выраженные корреляции. Вполне вероятно, что незначительная дифференциация между исследуемыми группами объясняется различиями в пищевом рационе с преобладанием морской диеты у эскимосов.

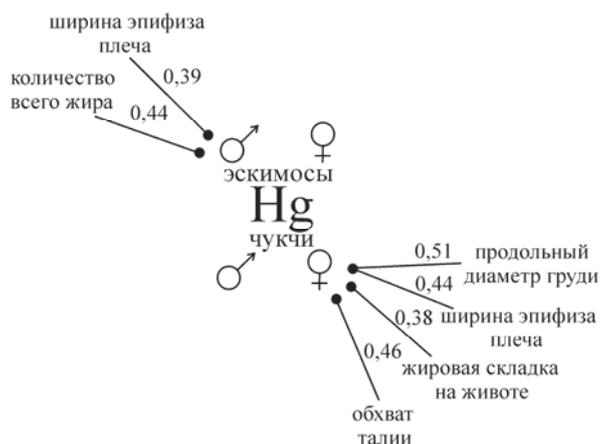


Рис. 3. Корреляционные связи между концентрациями ртути в волосах и морфологическими признаками ($p < 0,05$)

Железо. Медико-географические исследования в различных регионах Севера показывают, что на этой территории четко выявляются заболевания и синдромы, обусловленные дефицитом железа [Панин, 1980]. Высокая встречаемость железodefицитных состояний у жителей Севера обусловлена повышенной потребностью организма в железе вследствие усиления метаболических (анаболических и катаболических) процессов под воздействием экстремальных факторов внешней среды, особенно холода [Авцын и др., 1991]. В ходе статистического анализа получены только отрицательные достоверные корреляции между рядом морфологических признаков и концентрациями железа в волосах эскимосов и чукчей. У женщин чукчей эти связи актуальны для размеров жировых складок на конечностях, что в целом находит отражение и для общего показателя количества жира. У эскимосов (мужчин и женщин) отрицательные связи достоверны для диаметров мышечков и обхватных размеров конечностей, а у мужчин еще и в случае обхвата груди (рис. 4).

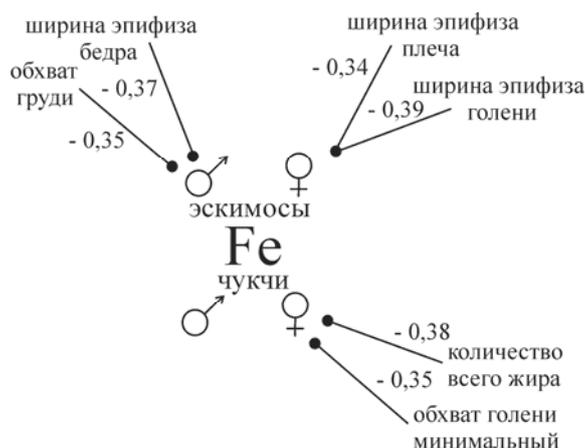


Рис. 4. Корреляционные связи между концентрациями железа в волосах и морфологическими признаками ($p < 0,05$)

У мужчин чукчей достоверных корреляций не выявлено. Обращает на себя внимание половая дифференциация в количестве обнаруженных отрицательных достоверных связей, которое у женщин выше. Такая тенденция характерна и для популяций других широт. Наиболее вероятное объяснение этого факта связано с проявлением полового диморфизма. У женщин уровни этого микроэлемента всегда ниже, и у них чаще встречаются железodefицитные состояния [Бацевич, Ясина, 1989]. В целом у аборигенов арктической зоны мы видим общую тенденцию отрицательной связи концентраций железа и показателей массивности скелета и степени жиротложения.

Марганец. Аборигены Чукотки, и особенно эскимосы, имеют самые низкие концентрации марганца в волосах по сравнению с другими группами с территории бывшего СССР, и группы

Оценка взаимосвязи морфологических характеристик и концентраций микроэлементов...

эскимосов и чукчей этой территории резко отличаются низкими показателями, например, от чукчей Беринговского района [Бацевич, Ясина, 1989]. Низкие уровни этого элемента обнаружены в костном материале из эскимосских могильников [Добровольская, 1986]. Эти наблюдения позволяют нам предполагать дефицит марганца у населения на этой территории.

Марганец, являясь эссенциальным элементом, оказывает значительное влияние на многие процессы в организме. Так, например, он участвует в функционировании гормонов щитовидной железы, обеспечивает развитие соединительной и мышечной ткани, необходим для нормального роста и развития [Авцын и др., 1991; Скальный, 2004].

При оценке взаимосвязи концентраций марганца в волосах с комплексом морфологических признаков были найдены положительные связи с продольными (длина тела, длины конечностей) и обхватными (обхваты груди, ягодиц, плеча и голени) размерами тела у мужчин эскимосов. В мужской выборке чукчей статистически достоверных связей не наблюдалось. У женщин обеих групп обнаруженные достоверные связи единичны (рис. 5).

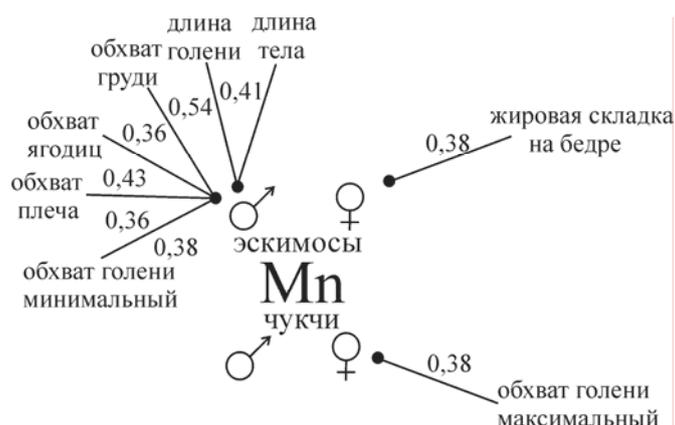


Рис. 5. Корреляционные связи между концентрациями марганца в волосах и морфологическими признаками ($p < 0,05$)

При сравнении подгрупп с низкими и высокими концентрациями марганца у мужчин эскимосов был выявлен ряд статистически достоверных различий (табл. 4). Подгруппа с большей концентрацией марганца в организме характеризуется большими длиннотными, обхватными и широтными размерами. Можно предположить, что наблюдаемая картина связана с дифференциальным поступлением марганца в организм человека в условиях его недостатка в окружающей среде и в местных пищевых продуктах.

Таблица 4

Сравнительный анализ морфологических признаков в зависимости от концентраций марганца у мужчин эскимосов ($p < 0,05$)*

Признак	Эскимосы-1			Эскимосы-2		
	n	X	s	n	X	s
Длина тела, см	18	1609,9	31,2	16	1654,4	43,9
Длина ноги, см	18	85,8	2,4	16	89,6	3,0
Длина руки, см	18	68,9	1,9	16	71,4	2,3
Длина плеча, см	18	28,9	1,8	16	30,2	1,3
Длина голени, см	18	35,3	1,2	16	37,3	1,5
Длина бедра, см	18	43,9	1,7	16	45,3	2,0
Ширина дистального эпифиза предплечья, мм	18	59,8	2,6	17	62,0	2,6
Тазовый диаметр, мм	18	278,4	9,6	16	290,0	14,0
Обхват груди на выдохе, мм	18	864,8	37,6	16	896,1	47,5
Обхват талии, мм	18	765,3	39,1	17	804,9	63,1
Обхват ягодиц, мм	18	916,0	33,3	16	955,2	45,0
Поверхность тела, м ²	18	1,65	0,06	16	1,74	0,11

* Представлены результаты сравнения по t -критерию Стьюдента морфологических признаков мужчин эскимосов с пониженным содержанием (эскимосы-1) и с повышенным содержанием (эскимосы-2) марганца в волосах. Приведены только достоверные различия по морфологическим признакам ($p < 0,05$).

Заключение

Проведено пилотное исследование взаимосвязи морфологических параметров и микроэлементного состава волос в двух группах аборигенного населения Чукотского полуострова. Изученные популяции эскимосов и чукчей имеют своеобразный комплекс соматических черт, связанный с адаптацией к экстремальным условиям среды в этом регионе [Клевцова, Смирнова, 1974; Клевцова, 1976; Алексеева, 1977].

Антропогеохимические связи в этих группах также имеют свои особенности. Исследования микроэлементного состава волос показали наличие признаков геохимических аномалий для таких элементов, как ртуть, селен (избыточное поступление) и цинк, марганец (недостаток). В то же время формы статистического распределения концентраций и их уровни для железа, меди, хрома, кобальта, сурьмы, скандия и золота были сходны с другими группами без признаков аномального поступления [Batzevich, 1995].

Анализ ранговых корреляций показал, что статистически достоверные различия между группами представителей арктического адаптивного типа фиксируются главным образом у мужчин, тогда как у женщин обнаруживается сходство морфологического и микроэлементного статуса. В целом величина корреляций достигает средних значений, в большинстве случаев не превышая 0,4.

Наибольшее число достоверных связей между определенными морфологическими показателями и концентрациями микроэлементов в волосах выявлено для цинка, хрома, железа, ртути и марганца.

У эскимосов отмечается положительная корреляция концентраций цинка и ряда длиннотных, широтных и обхватных размеров. Более того, при сопоставлении групп с повышенным и пониженным содержанием цинка обнаруживается, что у первых фиксируется относительное увеличение длиннотных размеров и обезжиренной массы тела. Прослеженная нами взаимосвязимость уровня цинка и величин продольных, некоторых обхватных и поперечных размеров тела позволяет предположить, что сужение вариабельности по ряду размеров у представителей арктического типа является следствием недостаточного поступления цинка с пищей.

При оценке взаимосвязи концентрации хрома и морфологических характеристик обнаруживаются достоверные корреляции у мужчин. Увеличение концентраций хрома сопровождается увеличением показателей длины тела и обхватных размеров конечностей, при этом максимальных значений достигают связи по обхватным размерам и радиусам дистальных отделов конечностей (предплечья и голени). Как известно, дистальные сегменты скелета наиболее пластично реагируют в процессе адаптации к климатическим факторам среды [Алексеева, 1986; Медникова, 1995]. В нашем случае эта пластичность проявляется не под воздействием динамики климата, а при непосредственном увеличении концентраций хрома, и в особенности в выборках эскимосов. Такая особенность в первом приближении может быть проинтерпретирована как результат активации липидного обмена у эскимосов из-за особенностей питания по сравнению с чукчами этой территории.

При анализе показателей развития жировой ткани отмечаются две разнонаправленные тенденции. Положительная взаимосвязь (0,4–0,5) размеров жировых складок с концентрациями ртути чаще фиксируется у мужчин эскимосов. У женщин чукчей, помимо взаимосвязи с величиной жировых складок, наблюдаются достоверные положительные связи этого микроэлемента еще и с обхватом талии и продольным диаметром груди. Отрицательные корреляции с размерами жировых складок на конечностях фиксируются при сопоставлении с концентрациями железа. Наиболее отчетливо эта тенденция прослеживается у женщин чукчей. У эскимосов (оба пола) отрицательные связи достоверны для широтных и обхватных размеров конечностей, а у мужчин еще и в случае обхвата груди.

При оценке концентраций марганца были выявлены положительные связи с продольными и обхватными размерами тела у мужчин эскимосов. Уровень концентрации этого микроэлемента статистически связан с длиной тела, длиной конечностей и их сегментов. Для женщин (эскимосов и чукчей) отмечается тенденция положительной связи с некоторыми показателями массивности и мускульного компонента.

Подводя итоги, заметим, что арктический адаптивный тип складывался в течение длительного времени на определенной территории с характерной для нее геохимической ситуацией и степенью давления экстремальной природной среды. Представленные морфологические особенности эскимосов и чукчей указывают на своеобразный соматический комплекс, сочетающий

Оценка взаимосвязи морфологических характеристик и концентраций микроэлементов...

массивность тела с пониженным жиротложением, что отчасти находит отражение в своеобразии микроэлементного состава по цинку, хрому, железу, ртути и марганцу. Результаты настоящего исследования свидетельствуют о возможности использования обнаруженных связей в качестве оценки степени воздействия средовых факторов, что наиболее актуально при анализе адаптационных способностей организма в экстремальных условиях среды. Для полноты анализа представленной проблемы, несомненно, требуются дополнительные исследования населения, обитающего в других средовых комплексах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Авцын А.П., Жаворонков А.А., Марачев А.Г. и др.* Патология человека на Севере. М.: Медицина, 1985. 415 с.
- Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строчкова Л.С.* Микроэлементозы человека. М.: Медицина, 1991. 496 с.
- Алексеева Т.И.* Географическая среда и биология человека. М.: Мысль, 1977. 302 с.
- Алексеева Т.И.* Адаптивные процессы в популяциях человека. М.: МГУ, 1986. 293 с.
- Алексеева Т.И., Самойлова Г.С., Авессаломова И.А.* Антропоэкологические связи на территории северо-восточной Азии // Антропоэкология Северо-Восточной Азии. Чукотка, Камчатка, Командорские острова / Отв. ред. Т.И. Алексеева, А.П. Бужилова, М.Б. Медникова, М.В. Добровольская. М.: Таус, 2008. С. 313–322.
- Бацевич В.А.* Антропо-экологическое изучение микроэлементного состава волос у некоторых групп населения СССР: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1988. 25 с.
- Бацевич В.А., Ясина О.В.* Медико-антропологические аспекты исследования микроэлементного состава волос // Антропология — медицине / Ред. Т.И. Алексеева. М.: Изд-во МГУ, 1989. С. 198–220.
- Бацевич В.А., Ясина О.В.* Исследование микроэлементного состава волос у карел Олонецкого района // Вопр. антропологии. 1992. Вып. 86. С. 156–161.
- Бацевич В.А., Ясина О.В., Анциферова С.В.* Возрастная и половая изменчивость содержания микроэлементов в волосах детей в экологических условиях Ярославской области // Экология человека: От прошлого к будущему: Докл. Всерос. науч. конф. (апрель 2000 г.). М., 2001. С. 222–236. (Науч. тр. МНЭПУ; Вып. 1. Сер. Экология).
- Башкин В.Н.* Биогеохимия. М.: Науч. мир, 2004. 584 с.
- Бужилова А.П., Казеева А.Ю.* Материалы к морфологической характеристике арктического адаптивного типа (на примере мужских выборок эскимосов и чукчей) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 23: Антропология. 2011. № 1. С. 45–54.
- Бунак В.В.* Антропометрия. М.: Учпедгиз, 1941. 368 с.
- Голубкина Н.А., Соколов Я.А., Самароба О.* Селен волос как информативный показатель обеспеченности организма человека // Вопр. питания. 1996. № 3. С. 14–17.
- Давыдова Г.М.* Относительный вес тела в нескольких популяциях Сибири (в связи с проблемой климатической адаптации) // Адаптация человека. Л.: Наука, 1972. 38 с.
- Добровольская М.В.* Минеральный состав скелета человека: Основные химические соединения и микроэлементы (по материалам древних погребений) // Вопр. антропологии. 1986. Вып. 77. С. 97–109.
- Зорина Д.Ю.* Возрастные и половые аспекты изменчивости концентраций токсичных микроэлементов в волосах башкирских детей и подростков // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 23: Антропология. 2010. № 4. С. 88–94.
- Зорина Д.Ю., Бацевич В.А.* Микроэлементный статус коренного населения Арктики (чукчи и эскимосы) по результатам анализа волос // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 23: Антропология. 2011. № 4. С. 105–111.
- Клевцова Н.И.* О межгрупповой изменчивости соматических особенностей монголоидов Сибири // Вопр. антропологии. 1976. Вып. 53. С. 106–116.
- Клевцова Н.И., Смирнова Н.С.* Морфологические особенности тела чукчей и эскимосов // Вопр. антропологии. 1974. Вып. 48. С. 18–33.
- Ковальский В.В.* Геохимическая среда и жизнь. М.: Наука, 1982. 77 с.
- Козлов А.И.* Питание морских охотников Чукотки: Традиции и современность // Тропою Богораза. М.: Ин-т Наследия, 2008. С. 180–194.
- Куценогий К.П., Савченко Т.И., Чанкина О.В. и др.* Элементный состав крови и волос коренных жителей Севера России с разной биогеохимической средой обитания // Химия в интересах устойчивого развития. 2010. Т. 18, № 1. С. 51–61.
- Медникова М.Б.* Древние скотоводы Южной Сибири: Палеоэкологическая реконструкция по данным антропологии. М.: ИА РАН, 1995. 216 с.
- Павловский О.М.* Биологический возраст человека. М.: МГУ, 1987. 280 с.
- Панин Л.Е.* Изменение обмена витаминов, солей и микроэлементов // Механизм адаптации человека в условиях высоких широт / Под ред. В.П. Казначеева. Л., 1980. С. 80–108.
- Панин Л.Е.* Гомеостаз и проблемы приполярной медицины: (Методологические аспекты адаптации) // Бюл. СО РАМН. 2010. Т. 30, № 3. С. 6–11.

- Скальный А.В. Химические элементы в физиологии и экологии человека. М.: Оникс 21 век: Мир, 2004. 216 с.
- Сусликов В.Л. Геохимическая экология болезней: В 4 т. М.: Гелиос АРВ, 2000. Т. 2: Атомовиты. 672 с.
- Теддер Ю.Р., Жаворонков А.А. Особенности метаболизма фтора при адаптации организма к холоду // Физиология человека. 1988. № 1. С. 123–128.
- Тутельян В.А., Княжев В.А., Голубкина Н.А. и др. Селен в организме человека: Метаболизм, антиоксидантные свойства, роль в канцерогенезе. М.: Изд-во РАМН, 2002. 224 с.
- Alfassi Z.B. Determination of trace elements. VCH, Weinheim. N. Y., 1994. 608 p.
- Ashton K., Hooper L., Harvey L.J. et al. Methods of assessment of selenium status in humans: A systematic review // Am. J. Clin. Nutr. 2009. Vol. 89 (6). P. 2025–2039.
- Bang H.O., Dyerberg J. Plasma lipids and lipoproteins in Greenlandic West Coast Eskimos // Acta Med. Scand. 1972. Vol. 192. P. 85–94.
- Batzevich V. Hair trace element analysis in human ecology studies // Sci. Tot. Environ. 1995. Vol. 164 (2). P. 89–98.
- Bonefeld-Jorgensen E.C. Biomonitoring in Greenland: human biomarkers of exposure and effects — a short review // Rural. Remote. Health. 2010. Vol. 10 (2). P. 1362.
- Dyerberg J., Bang H.O., Hjerne N. Fatty acid composition of the plasma lipids in Greenland Eskimos // Am. J. Clin. Nutr. 1975. Vol. 28. P. 958–966.
- Egeland G.M., Ponce R., Bloom N.S. et al. Hair methylmercury levels of mummies of the Aleutian Islands, Alaska // Environ. Res. 2009. Vol. 109 (3). P. 281–286.
- Galster W.A. Mercury in Alaskan Eskimo mothers and infants // Environ. Health. Perspect. 1976. Vol. 15. P. 135–140.
- Harvey L.J., Ashton K., Hooper L. et al. Methods of assessment of copper status in humans: A systematic review // Am. J. Clin. Nutr. 2009. Vol. 89 (6). P. 2009–2024.
- Hylander L.D., Goodsite M.E. Environmental costs of mercury pollution // Science of the Total Environment. 2006. Vol. 368. P. 352–370.
- Lowe N.M., Fekete K., Decsi T. Methods of assessment of zinc status in humans: A systematic review // Am. J. Clin. Nutr. 2009. Vol. 89(6). P. 2040–2051.
- Prasad A.S., Miale A. jr., Farid Z. et al. Biochemical studies on dwarfism, hypogonadism, and anemia // Archives of Internal Medicine. 1963. Vol. 111. P. 407–428.
- Ristic-Medic D., Piskackova Z., Hooper L. et al. Methods of assessment of iodine status in humans: A systematic review // Am. J. Clin. Nutr. 2009. Vol. 89 (6). P. 2052–2069.

Москва, МГУ им. М.В. Ломоносова
albu_pa@mail.ru
vbatsevich@rambler.ru
kazeeva.a@gmail.com
zorinadaria.10.3@gmail.com
okyasina@mail.ru

The paper presents rating of interrelation between concentration of certain microelements in the hair and morphological features with representatives of two groups of the Arctic adaptive type, examined on the territory of the Chukotka Peninsula. The analysis of grade correlations showed that statistically reliable distinctions between the populations of the Chukchi and Eskimos being mainly fixed in the male sample groups, while in the female groups one finds similarity between their morphological and microelement status. The tendencies discovered in the male groups could be considered as a probable reflection of the distinctions in nutrition of Eskimos and the Chukchi, with a bigger share of seafood in the diet of the former. Lack of correlations with females from different ethnic groups could be explained by decreasing of the intergroup distinctions against stronger sex dimorphism. The biggest number of statistically reliable correlations was obtained between morphological features and concentration levels of such microelements as zinc, chrome, iron, mercury and manganese. They discovered positive correlation in the interrelation between levels of zinc, chrome, manganese in the hair and values of certain lengthwise, wrapping and cross-cut body measurements, which to some extent makes it possible to explain reducing variability of the total measurements in the Arctic groups due to specific level of delivery of these microelements from the environment. In particular, it concerns decreased concentrations of zinc. Analyzing statistical relations with development indicators of body fat one finds two differently directed tendencies: positive interrelation between measurements of fat rolls and concentrations of mercury; and negative correlations between fat measurements on extremities and level of iron. The results of this investigation attest to a possibility of using the discovered correlations as the estimation of the impact level of geochemical environmental factors on a human body, which is particularly urgent under analysis of adaptive potential of a population in the extreme environment.

Anthropoecology, body morphology, trace elements in the hair, Eskimos, the Chukchi, Arctic adaptive type, geochemical human ecology.