

## «ЭЛЕМЕНТНЫЕ ПОРТРЕТЫ» ЖИТЕЛЕЙ ЯМАЛА

ЛЕХАНОВА Е.Н., КИРИЛЮК Л.И., БАХТИНА Е.А.

ГУ НИИ медицинских проблем Крайнего Севера РАМН

info\_np@ttg.gazprom.ru

## АННОТАЦИЯ

В процессе эволюции организмы адаптировались к определенному химическому составу среды. Важную роль в формировании экологической адаптированности организма человека в суровых условиях Севера играют и геохимические факторы внешней среды. Ландшафтно-геохимические особенности Крайнего Севера характеризуются недостаточным содержанием макроэлементов в питьевой воде, изменением соотношения между эссенциальными микроэлементами, что может стать причиной развития ряда патологий у жителей Севера. На сегодняшний день к экологически зависимой патологии высоких широт относят микроэлементозы, которые значительно влияют на течение адаптивных процессов у северян, приводя к развитию патологических процессов в организме человека. Известно, что обмен химических элементов между внешней и внутренней средами организма является системообразующим фактором гомеостаза. В связи с чем одной из первостепенных теоретических проблем экологии человека является изучение эволюционно-генетической типологии и особенностей адаптивных механизмов – создание «элементных портретов» различных групп населения. При этом особенно важно выявить региональную физиологическую норму содержания отдельных элементов у жителей Крайнего Севера с учетом этнической принадлежности.

**Ключевые слова:** элементный статус, взрослое население, этнос, Крайний Север.

## ВВЕДЕНИЕ

Для успешного решения задач по улучшению качества жизни населения России необходимо иметь представление об «экологическом портрете» каждого человека, контингентов лиц и населения в целом. Определение «экологического портрета» было дано Н.А. Агаджаняном в 1981 году [1]. «Экологический портрет» – это совокупность генетически обусловленных свойств и наследственных морфофункциональных признаков, характеризующих специфическую адаптацию индивидуума к конкретному набору основных факторов среды обитания. «Элементный портрет» является составной частью «экологического портрета» человека в условиях высоких широт.

Согласно современным представлениям элементный состав волос лучше других биоиндикаторных сред отражает воздействие на человека как комплекс химических элементов, так и обеспечение физиологических потребностей в них. Поэтому с целью определения «элементных портретов» у различных по этнической принадлежности групп населения Ямала нами был проведен элементный анализ волос.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В ходе проведения эколого-физиологического исследования было обследовано 1512 жителей Ямало-Ненецкого автономного округа в возрасте 20-59

лет. Отбор анализируемого материала осуществлялся в ходе проведения одномоментных эпидемиологических исследований, при этом были изучены особенности накопления тяжелых металлов – меди, кобальта, никеля, железа, марганца, кадмия, цинка, свинца и кальция в волосе. Определение химических элементов в волосах проводилось с использованием современного аналитического оборудования, основанного на принципах атомной абсорбции «Spectr AA-50B» фирмы «Varian» (Австралия) согласно методическим рекомендациям по спектральному определению металлов в биологических материалах и объектах окружающей среды [2]. Результаты сравнивались относительно региональных нормативных показателей [3].

На первом этапе нашего исследования все обследованные лица были разделены на три группы по этническому признаку. В понятие «этнос» мы включали сочетание медико-биологических, расовых и конституциональных особенностей людей, живущих в конкретной среде обитания [4]. К лицам славянской национальности мы отнесли русских, белорусов, украинцев; к тюркской – башкир, казахов, ногайцев, татар, чувашей; к коренной национальности – ханты, ненцев, манси, селькупов и коми-зырян. Средний возраст славян составил  $42,5 \pm 0,4$  года, тюрков –  $41,4 \pm 0,8$  года, коренных малочисленных народов Севера –  $34,7 \pm 0,7$  года. Статистический анализ показал, что значимых возрастных различий среди мигрантов нет, а коренные малочисленные жители оказались моложе пришедших жителей на 7 лет ( $p < 0,001$ ).

Коренные малочисленные жители проживают на территории Ямальского региона с рождения, славяне и тюрки являются мигрантами из других регионов Российской Федерации. Анализируя сроки проживания мигрантов на Крайнем Севере, установлено, что в среднем «северный стаж» в группе славян оказался на 4 года больше, чем в группе обследуемых тюрков ( $20,7 \pm 0,4$  года против  $16,7 \pm 0,8$  года соответственно,  $p < 0,001$ ). Таким образом, по длительности воздействия химических факторов из различных объектов окружающей среды на первом месте оказались коренные малочисленные жители Севера, затем – славяне и тюрки.

С позиции теории адаптации период стабилизации метаболических процессов, в том числе и элементного гомеостаза, у мигрантов Крайнего Севера наступает после трех лет. Коренные малочисленные жители к условиям Севера адаптированы, поэтому их «элементный портрет» адекватно отражает фактический элементный гомеостаз и определен группой сравнения.

Следовательно, группы исследования по этническому признаку оказались сопоставимыми по основным исходным показателям.

Статистический анализ проводился с использованием программы «Statistica-6». Поскольку распределение случайных чисел в большинстве случаев

отличалось от нормального, мерой центральной тенденции служила медиана, распределения – интерквартильный размах. Сравнение трех независимых групп проводилось методом Краскела-Уоллиса. Парные сравнения проводились методом Манна-Уитни. Значения считались достоверными с учетом поправки Бонферони [5].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

«Элементный портрет» коренного малочисленного населения характеризовался высоким содержанием дефицита кальция и свинца; «элементный портрет» славян – высоким содержанием никеля в сочетании с дефицитом кальция, кобальта и свинца; «элементный портрет» тюрков – высоким содержанием никеля в сочетании с дефицитом кальция, кобальта, кадмия и свинца (табл. 1). Содержание меди, железа, марганца, никеля, кобальта, кадмия и кальция зависит от принадлежности к этнической группе.

Химический состав воды, почв, воздуха и других объектов окружающей среды средней полосы России

значительно отличается от северных территорий [6]. Коренные малочисленные жители приспособлены к биохимическим характеристикам местности, и эта информация определена в «экологическом портрете» коренных северян. Поэтому «элементный портрет» коренных малочисленных жителей округа мы отнесли к группе сравнения (табл. 2).

У славянского населения концентрация железа на 7,3 ( $p=0,000$ ), марганца на 7,5 ( $p=0,000$ ), кобальта на 94,4 ( $p=0,000$ ), кальция на 0,13% ( $p=0,000$ ) ниже, а концентрация никеля в 100 раз ( $p=0,000$ ) выше по сравнению с коренными малочисленными жителями Ямала. У тюркского населения концентрация железа на 0,6% ( $p=0,004$ ), кобальта в 180 раз ( $p=0,000$ ), кадмия в 7 раз ( $p=0,000$ ) ниже, а никеля в 390 раз ( $p=0,000$ ) выше по сравнению с показателями у коренных малочисленных жителей. Следовательно, исходя из «элементных портретов», можно предположить, что адаптивные перестройки к новым геохимическим условиям Ямала наиболее успешно протекают у

Таблица 1.

Элементный портрет жителей Ямала с учетом этнической принадлежности в неорганизованной популяции в возрасте 20-59 лет.

мкг/г	Этнические группы									Kruskal-Wallis ANOVA	
	Славяне, n=1024			Тюрки, n=144			Коренные малочисленные жители Крайнего Севера, n=344				
	25	50	75	25	50	75	25	50	75	H	p
Zn	80,26	106,00	138,00	84,20	102,24	128,00	65,68	115,80	138,50	1,32	0,516
Cu	2,97	4,20	6,70	2,40	3,60	6,00	2,40	4,45	10,00	6,89	0,031
Fe	11,00	15,00	19,35	11,30	16,00	23,00	13,00	16,10	32,20	42,1	0,000
Mn	0,60	0,93	1,56	0,69	1,06	2,15	0,77	1,00	2,00	19,1	0,000
Ni	0,00	0,10	0,60	0,00	0,39	1,00	0,00	0,00	0,20	63,3	0,000
Co	0,00	0,01	0,10	0,00	0,00	0,48	0,00	0,18	0,60	48,3	0,000
Cd	0,00	0,05	0,12	0,00	0,01	0,10	0,00	0,07	0,12	11,0	0,003
Pb	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,60	0,00	0,00	0,01	3,03	0,219
Ca	72,00	76,90	86,00	76,90	81,80	126,50	76,00	77,00	99,30	13,0	0,001
ЭС	Ca, Co, Pb Ni			Ca, Co, Cd, Pb Ni			Ca, Pb				

Таблица 2.

Сравнительный анализ содержания химических элементов с учетом этнической принадлежности среди неорганизованной популяции Ямала в возрасте 20-59 лет.

мкг/г	Этнические группы (медиана)			Mann-Whitney			
	Славяне, n=1024	Тюрки, n=144	Коренные малочисленные жители Крайнего Севера, n=344	1 и 3		2 и 3	
	1	2	3	U	p-level	U	p-level
Cu	4,20	3,60	4,45	170639	0,387	21886	0,042
Fe	15,00	16,00	16,10	135129	0,000	20666	0,004
Mn	0,93	1,06	1,00	149401	0,000	23603	0,412
Ni	0,10	0,39	0,00	137308	0,000	15211	0,000
Co	0,01	0,00	0,18	134567	0,000	19314	0,000
Cd	0,05	0,01	0,07	166563	0,131	19760	0,000
Ca	76,90	81,80	77,00	42468	0,009	4483	0,045

Примечание: результаты статистически достоверны с поправкой Бонферони при  $p=0,017$ .

тюркского населения, а у славян оказались наиболее сложными.

Обобщая полученные данные, хотелось бы отметить, что отмечалось сочетание избыточной концентрации никеля и дефицита кобальта, что позволяет выдвинуть рабочую гипотезу об антагонистическом взаимодействии этих элементов в экологических условиях Крайнего Севера.

Второй этап исследования включал изучение особенности накопления анализируемых химических элементов в волосах жителей ЯНАО с учетом пола обследованных лиц. В результате нами были выявлены гендерные статистически значимые различия в каждой этнической группе (табл. 3).

Следовательно, к гендерным особенностям можно отнести у славянского населения – железа, марганца и кобальта; у тюркского населения – марганца.

Известно, что для большинства исследованных жителей в тех или иных регионах характерны особенности элементного статуса, связанные не только с общефизиологическими изменениями в процессе онтогенеза, но и экологическими условиями и биохимическими характеристиками местности [7, 8]. По мнению Ю.А. Рахманина (2006), сами по себе даже высокие концентрации элементов, обнаруженные в биосубстратах человека, еще не говорят о состоянии его здоровья, они лишь подтверждают возможность появления заболеваний, связанных с действием окружающей среды [9].

Таблица 3.

Гендерные различия содержания химических элементов с учетом этноса среди неорганизованной популяции Ямала в возрасте 20-59 лет.

мкг/г	Этнические группы											
	Славяне, n=1024				Тюрки, n=144				Коренные малочисленные жители Крайнего Севера, n=344			
	ж, n=783	м, n=241	Mann-Whitney		ж, n=114	м, n=30	Mann-Whitney		ж, n=287	м, n=57	Mann-Whitney	
			U	p			U	p			U	p
Zn	104,00	109,00	89044	0,186	106,00	98,20	1442	0,187	115,50	119,00	7854	0,635
Cu	4,30	3,80	87674	0,096	4,00	2,73	1352	0,078	4,40	5,00	8126	0,938
Fe	14,80	16,00	80593	0,001	15,68	17,00	1419	0,152	15,75	18,00	7254	0,177
Mn	1,00	0,80	80194	0,000	1,20	0,71	878	0,000	1,00	1,00	7639	0,430
Ni	0,10	0,10	89467	0,224	0,43	0,15	1397	0,123	0,00	0,00	7945	0,732
Co	0,01	0,01	82270	0,003	0,00	0,01	1628	0,685	0,20	0,10	7896	0,679
Cd	0,02	0,10	60436	0,000	0,00	0,10	974	0,000	0,06	0,12	5228	0,000
Pb	0,00	0,10	50968	0,000	0,00	1,20	725	0,000	0,00	0,01	6237	0,005
Ca	77,00	76,90	7890	0,034	81,00	81,80	90	0,570	78,00	76,90	6239	0,031

Примечание: значения достоверны с поправкой Бонферони при  $p=0,008$ .

Как видно из табл. 3, у коренных мужчин концентрация кадмия в 2 раза ( $p=0,000$ ), свинца в 100 раз ( $p=0,005$ ) выше по сравнению с показателями коренных женщин. Сравнительный анализ содержания исследуемых элементов в тюркской группе обследованных показал, что характерным для женщин данной группы явились достоверно более высокие концентрации марганца в 1,7 раза ( $p=0,000$ ) и низкие концентрации кадмия в 100 раз ( $p=0,000$ ), свинца в 120 раз ( $p=0,000$ ) по сравнению с мужчинами-тюрками. При проведении сравнительного анализа количественных значений накопления химических элементов в волосах мужчин и женщин славянской группы установлено, что у мужчин концентрации железа на 8,1% ( $p=0,000$ ), кобальта в 5,5 раза ( $p=0,000$ ), кадмия в 5 раз ( $p=0,000$ ), свинца в 100 раз ( $p=0,000$ ) выше, а марганца на 25,0% ниже аналогичных показателей в группе женщин.

Другими словами, для мужчин характерно более высокое содержание железа и кобальта по сравнению с женщинами в славянской группе; для женщин характерна более высокая концентрация марганца как в славянской, так и тюркской группах. Установлено, что концентрация кадмия и свинца в волосах была достоверно выше у мужчин, чем у женщин в каждой этнической группе. По нашему мнению, содержание в организме мужчин металлов-поллютантов свинца и кадмия, вероятно, является следствием более частых производственных и бытовых контактов с ними, особенностей питания, курения и т.д.

По данным отечественных исследователей, существует очень узкий диапазон концентраций химических веществ, соответствующий оптимальному содержанию, которое обеспечивает нормальное функционирование органов и систем [10, 11]. Поэтому, с помощью центильных шкал нами предпринята попытка установления региональных физиологических границ концентраций химических элементов в волосах обследованных лиц с учетом этнической принадлежности. Для характеристики разброса количественных значений микроэлементов в волосах жителей региона были отброшены значения до 25 и более 75% результатов измерений, а данный интервал рассматривался нами в качестве «нормы»; значения от 10 до 25% и от 75 до 90% как состояние «предболезни», а от 0 до 10% и от 90 до 100% – состояние болезни [12]. Полученные для каждой анализируемой этнической группы диапазоны были сопоставлены с референтными величинами А.В. Скального (2000) по 25 и 75 центилей (табл. 4).

При этом диапазон концентраций цинка, кобальта, кадмия, свинца и кальция (Н.В. Bowen, 1979) [13] в волосах трех представленных этнических групп имел существенные различия с заметным смещением показателей в сторону снижения нижней и верхней границ физиологической нормы. При сравнении диапазона марганца и железа с общероссийскими данными наблюдается противоположная картина, при этом для всех этнических групп характерно смещение в сторону повышения нижней границы нормы с естес-

Таблица 4.

Референтные показатели химических элементов в волосах у жителей Ямала с учетом этнической принадлежности в возрасте 20-59 лет, по данным одномоментных эпидемиологических исследований.

мкг/г	Славянские жители, n=1024					Тюркские жители, n=144					Коренные малочисленные жители Крайнего Севера, n=344					ЯНО Л.И. Кирилюк, 2006	
	10	25	50	75	90	10	25	50	75	90	10	25	50	75	90	25	75
Zn	66,75	80,26	106,00	138,00	160,0	67,65	84,20	102,24	128,00	151,00	44,28	65,68	115,80	138,50	163,00	79,3	135
Cu	2,04	2,97	4,20	6,70	10,0	2,00	2,40	3,60	6,00	10,00	1,60	2,40	4,45	10,00	11,00	2,7	7,0
Fe	7,30	11,00	15,00	19,35	31,0	8,00	11,30	16,00	23,00	30,00	11,00	13,00	16,10	32,20	82,50	12	22
Mn	0,40	0,60	0,93	1,56	3,0	0,40	0,69	1,06	2,15	3,80	0,60	0,77	1,00	2,00	8,30	0,6	1,7
Ni	0,00	0,00	0,10	0,60	1,2	0,00	0,00	0,39	1,00	1,20	0,00	0,00	0,00	0,20	0,60	<0,1	
Co	0,00	0,00	0,01	0,10	1,0	0,00	0,00	0,00	0,48	1,00	0,00	0,00	0,18	0,60	1,20	0,02	0,75
Cd	0,00	0,00	0,05	0,12	0,2	0,00	0,00	0,01	0,10	0,20	0,00	0,00	0,07	0,12	0,20	0,03	0,13
Pb	0,00	0,00	0,00	0,10	1,0	0,00	0,00	0,00	0,60	2,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,40	0,02	0,10
Ca	58,00	72,0	76,90	86,00	144,6	72,00	76,90	81,80	126,50	439,50	61,60	76,00	77,00	99,30	239,10	-	

твенным увеличением верхних значений марганца в отношении железа только для группы коренной национальности. При сравнении физиологических диапазонов меди, кобальта и никеля с российскими показателями отмечается смещение значений по меди в сторону снижения нижней и верхней границ у групп славянской и тюркской национальности, а по кобальту и никелю в группе коренных малочисленных жителей. Смещение в сторону снижения нижней и повышения верхней границ наблюдается по никелю в группах славян и тюрков, аналогичная ситуация складывается в отношении кобальта в тюркской группе и меди в группе лиц коренной национальности.

По нашему мнению, данное взаимодействие химических элементов у коренного этноса связано с высоким усвоением железа из объектов окружающей среды. Ранее проведенные нами исследования свидетельствуют о том, что концентрации железа и марганца в питьевой воде региона превышают соответствующие ПДК: железа в 6,0 раз, марганца в 9,0 раз. При этом показана прямая корреляционная связь между содержанием цинка, меди, железа, марганца и никеля в воде и волосах населения Ямала [6].

По данным А.В. Скального (2004), железо имеет синергетическое взаимодействие с марганцем, кобальтом, медью и антагонистическое с цинком и кальцием [14]. Если учесть, что на фоне высокой концентрации железа физиологический диапазон концентрации никеля сузился, то можно предположить рабочую гипотезу об их антагонистическом взаимодействии.

## ВЫВОДЫ

Таким образом, результаты нашего исследования позволяют сделать ряд выводов.

«Элементный портрет» жителей Крайнего Севера зависит от этнической и половой принадлежности.

«Элементный портрет» коренных малочисленных жителей Ямала характеризуется дефицитом кальция и свинца.

«Элементный портрет» славянских жителей Ямала характеризуется высокой концентрацией никеля и дефицитом кальция, кобальта и свинца.

«Элементный портрет» тюркских жителей Ямала характеризуется избыточной концентрацией никеля и дефицитом кальция, кобальта, кадмия и свинца.

Региональные референтные диапазоны концентраций химических элементов с учетом этнической принадлежности отличаются от российских «норм».

## ЛИТЕРАТУРА

1. Агаджанян Н.А., Скальный А.В. Химические элементы в среде обитания и экологический портрет человека. – М., 2001. – 105 с.
2. Методические рекомендации по спектральному определению тяжелых металлов в биологических материалах и объектах окружающей среды//Утв. Сидоренко Г.И. М., 1986. – 52 с.
3. Кирилюк Л.И. Качество питьевой воды тюменского Севера: Автореф. дисс. на соискание уч. степени к. экол. н. – Надым, 1998. – 16 с.
4. Агаджанян Н.А. Мера всему – человек: этнос, природа и цивилизация. – М., 2000. – 53 с.
5. Реброва О.Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ STATISTICA. – М., 2003. – 312 с.
6. Кирилюк Л.И. Гигиеническая значимость тяжелых металлов в оценке состояния здоровья населения Крайнего Севера: Автореф. дисс. на соискание уч. степени д.б.н. – Надым, 2006. – 36 с.
7. Ревич Б.А. Химические элементы в волосах человека как индикатор воздействия загрязнения производственной и окружающей среды// Гигиена и санитария. – 1990. – № 3. – С. 55-59.
8. Боев В.М. Среда обитания и экологически обусловленный дисбаланс микроэлементов у населения урбанизированных и сельских территорий// Гигиена и санитария. – 2002. – № 5. – С. 3-8.
9. Рахманин Ю.А., Новиков С.М., Румянцев Г.И. Пути совершенствования методологии оценки риска здоровью от воздействия факторов окружающей среды// Гигиена и санитария. – 2006. – № 2. – С. 2-5.
10. Панченко Л.Ф., Маев И.В., Гуревич К.Г. Клиническая биохимия микроэлементов. – М., ГОУ ВУНМЦ МЗ РФ. – 2004. – 368 с.
11. Скальный А.В., Кудрин А.В. Радиация, микроэлементы, антиоксиданты и иммунитет. М. – 2000. – 421 с.
12. Скальный А.В. Установление границ допустимого содержания химических элементов в волосах детей с применением центильных шкал// Вестн. Санкт-Петербургской ГМА им. И.И. Мечникова. – 2004. – № 1. 2(3). – С. 62-65.
13. Bowen H.J.M. Environmental Chemistry of the Elements. – London, Academic Press, 1979. – 166 с.
14. Скальный А.В., Рудаков И.А. Биоэлементы в медицине. – М.: Мир, – 2004. – 272 с.

## РЕЗЮМЕ

Проведенные популяционные исследования концентрации химических элементов в волосах жителей Ямало-Ненецкого автономного округа в возрасте 20-59 лет показали, что биогеохимические особенности местности вносят значительный вклад в формирование элементного статуса. «Элементный портрет» северян зависит от этнической принадлежности и пола. Региональные физиологические референтные величины с учетом этнической принадлежности значительно отличаются от аналогичных российских «норм».

**Ключевые слова:** элементный статус, взрослое население, этнос, Крайний Север.

## ABSTRACT

The epidemiologic population researches show that the concentration of chemical elements in hair of Yamal residents aged 20-59 depends a lot on biogeochemical peculiarities of the given region. «Elementary portrait» of people residing in northern territories depend also on ethnos and gender. Regional physiologic reference indices, if take ethnos into account, differ a lot from analogous Russian norms.

**Key words:** elementous state, adults, ethnos, the Far North.