

ПОКАЗАТЕЛИ ПЕРЕКИСНОГО ОКИСЛЕНИЯ ЛИПИДОВ У ЖИТЕЛЕЙ ЯКУТИИ

^{1,2}Николаев В.М., ¹Софронова С.И., ¹Ефремова С.Д., ¹Румянцев Е.К., ¹Кириллина М.П.,
²Федорова С.А.

¹ФГБНУ «Якутский научный центр комплексных медицинских проблем», Якутск, e-mail: Tzeentch1993@mail.ru;

²ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», Якутск, e-mail: Nikolaev1126@mail.ru

Авторами проведено исследование уровня показателей перекисного окисления липидов по предложенному Л.Ф. Тимофеевым (2006) медико-экономическому районированию территории Республики Саха (Якутия), оно показало, что в промышленной группе улусов происходит смещение прооксидантно-антиоксидантного равновесия в сторону интенсификации перекисных процессов, как у приезжих, так и у коренных жителей Якутии. Это объясняется тем, что в промышленной зоне улусов коренные жители не придерживаются традиционного образа жизни на фоне высокой антропогенной нагрузки. В сельской группе улусов при сравнении приезжих с коренными жителями достоверного изменения прооксидантно-антиоксидантного равновесия не происходит, так как в данной группе улусов сохраняется традиционный образ жизни, характерный для коренных жителей. Вероятно, приезжие заимствуют традиционное питание (белково-липидный тип) у коренных, о чем свидетельствует достоверное повышение уровня мочевой кислоты. Высокий уровень мочевой кислоты может быть связан с избыточным потреблением мясной пищи. Таким образом, для успешной реализации современных проектов освоения экстремальных территорий Крайнего Севера необходимо полагаться на проверенные временем традиционные здоровьесберегающие практики коренных жителей этих регионов.

Ключевые слова: адаптация, перекисное окисление липидов, антиоксиданты, Крайний Север, медико-экономическое районирование территории РС(Я), стресс-лимитирующая система организма

Данная работа была выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект FSRG-2023-0003).

PARAMETERS OF LIPID PEROXIDATION RESIDENTS OF YAKUTIA

^{1,2}Nikolaev V.M., ¹Sofronova S.I., ¹Efremova S.D., ¹Rumyantsev E.K., ¹Kirillina M.P.,
²Fedorova S.A.

¹Yakut Scientific Center of Complex Medical Problems, Yakutsk, e-mail: Tzeentch1993@mail.ru;

²North-Eastern Federal University named M.K. Ammosov, Yakutsk, e-mail: Nikolaev1126@mail.ru

Our investigation, based on the medical and economic zoning of the Republic of Sakha (Yakutia) as proposed by L.F. Timofeev in 2006, examined the levels of lipid peroxidation indicators. The results revealed that in the industrial group of uluses, both among visitors and native inhabitants of Yakutia, there is a notable shift in the prooxidant-antioxidant balance towards intensified peroxide processes. This shift is attributed to the fact that the indigenous people in the industrial zone have deviated from their traditional way of life under the influence of a high anthropogenic load. In contrast, in the rural group of uluses, no significant changes in the prooxidant-antioxidant balance were observed when comparing newcomers with indigenous individuals, likely due to the preservation of the traditional lifestyle characteristic of the native population. It is possible that newcomers in the rural areas adopt the traditional protein-lipid type of diet from the natives, as indicated by a significant increase in uric acid levels, which may be linked to excessive meat consumption. In light of these findings, successful projects aimed at developing extreme territories in the Far North should incorporate and rely upon the time-tested traditional health-preserving practices of the indigenous people in these regions.

Keywords: adaptation, lipid peroxidation, antioxidants, Far North, medical and economic zoning of the territory of the Republic of Sakha (Yakutia), stress-limiting body system

This work was supported financially by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (project FSRG-2023-0003).

Арктическая зона Российской Федерации является геостратегической территорией, имеющей особое значение для обеспечения устойчивого социально-экономического развития, территориальной целостности и безопасности Российской Федерации. В государственной программе «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации» одной из приоритетных целей является повышение качества жизни населения [1].

Республика Саха (Якутия) является одним из регионов Российской Федерации и занимает примерно 1/3 часть ее Арктической зоны, примерно 40 % территории Якутии находится за полярным кругом [2]. Территория Республики Саха (Якутия) богата биологическими (флора, фауна) и минеральными ресурсами (разнообразные полезные ископаемые). Но территория заселена слабо, плотность населения составляет 0,32 чел./км², является одной из самых низких среди субъектов Российской Федерации [3]. Условия проживания в Якутии очень тяжелые, чему способствует суровый климат, уровень доходов граждан, ситуация на рынке труда, жилищные условия, уровень экономического развития, экологические факторы, развитие транспортной инфраструктуры и т.д. [4].

Качество жизни, по мнению авторов, является субъективным понятием, отражающим благополучие человека, в котором самым главным является его здоровье. Исходя из этого, авторами было принято решение оценить уровень показателей перекисного окисления липидов как интегральный показатель здоровья человека, поскольку доказано, что в основе патогенеза более 200 заболеваний и патологических состояний человека интенсификация перекисного окисления липидов [5]. Немаловажными показателями качества жизни также являются: демографические, социально-медицинские, экономические особенности. Авторами было принято решение использовать территориальное районирование Республики Саха (Якутия) по методу, предложенному Л.Ф. Тимофеевым (2006) [6, с. 15–21]. При этом 35 районов (улусов) были разделены на три основные зоны (арктическую, сельскую и промышленную).

Целью работы является оценка показателей перекисного окисления липидов у жителей Республики Саха (Якутия) в зависимости от зоны проживания.

Материалы и методы исследования

В данной работе было обследовано 357 чел. в возрасте от 18 до 77 лет, из которых 104 – пришлые (русские, украинцы, белорусы, узбеки, киргизы и т.д.) и 253 – коренные (якуты, эвены, эвенки, юкагиры). В данном исследовании этническая принадлежность жителей обеих групп была разнообразной и не учитывалась. Все обследованные были практически здоровыми людьми.

Проводилось анкетирование всех обследуемых по стандартному опроснику оценки качества жизни, модифицированному лабораторией медико-социальных исследований Якутского научного центра комплексных медицинских проблем. Обязательным было получение информированного согласия респондентов на исследование (согласно протоколу Этического комитета ЯНЦ КМП № 49 от 25.03.2018 г.).

Для сравнительного анализа биохимических показателей жителей разных районов применено медико-экономическое районирование территории Республики Саха (Якутия) [6, с. 15–21]. Для разработки данной методики районирования авторы использовали ряд параметров, которые отражают социально-экономические характеристики, медико-демографические особенности территорий, учитывая основные показатели общественного здоровья и здравоохранения. В результате все 35 административно-территориальных единиц республики были разделены на три группы (зоны): арктическую, включающую 12 районов, сельскую с 13 районами и промышленную с 10 районами и городами (рис. 1).



Рис. 1. Разделение территории РС(Я) на три группы улусов согласно медико-экономическому районированию

Материалом исследования служила кровь, которую брали натощак из локтевой вены. Учитываемые биохимические показатели были исследованы в сыворотке крови. Интенсивность перекисного окисления липидов была определена по накоплению ТБК-активных продуктов (ТБК-АП). Принцип данного метода основан на том, что при взаимодействии малонового диальдегида с тиобарбитуровой кислотой в условиях высокой температуры образуется окрашенный триметиновый комплекс, который выявляли при длине волны $\lambda = 532$ нм [7]. Показатели антиоксидантной защиты организма были оценены по суммарному содержанию низкомолекулярных антиоксидантов (НМАО), в англоязычной литературе данный метод обозначается как FRAP (ferric reducing / antioxidant power) [8]. Принцип метода основан на способности спиртового раствора образца восстанавливать Fe(III) до Fe(II). Количество Fe(II) определяли добавлением орто-фенантролина, в результате реакции образовывался окрашенный комплекс, который идентифицировали при длине волны $\lambda = 510$ нм. Уровень аскорбиновой кислоты оценивали по методу, предложенному Byerley et. all (1985) [9] модифицированным Кудряшовым и др. (2005) [10]. Этот метод основан на окислении аскорбиновой кислоты до дегидроаскорбиновой кислоты, при взаимодействии последнего с 2–4 динитрофенилгидразином, в результате образовывался соответствующий озон, который регистрировали с помощью спектрофотометра при длине волны 540 нм. Об активности каталазы (КАТ) судят по уменьшению концентрации перекиси водорода, при длине волны $\lambda = 240$ нм [7]. Для спектрофотометрических исследований был использован спектрофотометр SPECORD 40 "AnalytikJena" (Германия). Уровень мочевой кислоты определяли на биохимическом автоматическом анализаторе LABIO 200 «Mindray» (Китай), с помощью наборов фирмы АО «Вектор-Бест» (Россия).

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием программы IBM SPSS Statistics 19. В данной работе количественные показатели представлены в формате (Mean \pm SD). Нормальность распределения совокупности количественных данных проверяли с помощью критерия Колмогорова – Смирнова. Совокупности данных с нормальным распределением сравнивались с использованием t-критерия Стьюдента, данные, отличные от нормального распределения, сравнивались с помощью U-критерия Манна – Уитни. Уровень значимости для принятия нулевой гипотезы принимался при $p < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

Согласно концепции стресс-лимитирующих систем организма, предложенной Ф.З. Меерсоном еще в 1980 г., перекисное окисление липидов играет значительную роль в механизме адаптации человека к суровым условиям Крайнего Севера [11]. В общей стресс-реакции на экстремальные условия Севера происходит формирование срочной адаптации

организма человека, которая заложит основу для развития механизмов долговременной адаптации. Важно отметить, что активные формы кислорода, являющиеся инициаторами перекисного окисления липидов, играют роль связующего звена в развитии как срочной, так и долговременной адаптации [12].

Долговременная адаптация возникает постепенно, как результат воздействия организма факторами окружающей среды в течение продолжительного времени или при повторяющемся воздействии. Эта адаптация формируется не на основе заранее подготовленных физиологических механизмов, а на базе вновь сформированных программ регулирования, которые позволяют организму эффективно приспособиться к новым условиям. Она возникает не на основе готовых физиологических механизмов, а на базе вновь сформированных программ регулирования. Изменение перекисного окисления липидов, по мнению авторов, является важным интегральным неспецифическим биомаркером, отражающим общее состояние здоровья населения.

В процессе анализа биохимических показателей у исследованной выборки ($n = 357$) было выявлено, что уровень ТБК-активных продуктов и показатели антиоксидантной защиты (НМАО, витамин С, мочевая кислота) в организме приезжих жителей ($n = 104$) оказались значительно выше в сравнении с коренными жителями ($n = 253$) (табл. 1).

Таблица 1

Показатели перекисного окисления липидов в организме приезжих и коренных жителей Республики Саха (Якутия)

Показатель	Коренные/приезжие	M+m	p
ТБК-АП (нмоль/л)	Коренные	3,089±0,153	0,050
	Приезжие	3,920±0,213	
НМАО (мкэкв/мл)	Коренные	90,090±2,288	0,032
	Приезжие	101,94±3,886	
КАТ (мкКат/л)	Коренные	0,444±0,018	0,551
	Приезжие	0,496±0,032	
Аскорбиновая кислота (мг/дл)	Коренные	0,151±0,013	0,050
	Приезжие	0,246±0,025	
Мочевая кислота (мкмоль/л)	Коренные	293,280±11,124	0,001
	Приезжие	331,82±19,075	

В дальнейшем, для проведения исследования состояния показателей перекисного окисления липидов в трех основных группах улусов (арктическая, сельская, промышленная) в Республике Саха (Якутия), авторы использовали медико-экономическое районирование территории [6, с. 15–21]. Это районирование учитывает особенности территорий, включая социально-экономические, медико-демографические и основные показатели общественного здоровья и здравоохранения.

Таблица 2

Показатели перекисного окисления липидов в организме жителей РС(Я)

в зависимости от зоны проживания

Показатель		Группы улусов	n	M+m	p ₁₋₂	p ₁₋₃	p ₂₋₃
ТБК-АП (нмоль/л)	1	Арктическая	74	2,371±0,201	0,024	0,007	0,002
	2	Сельская	75	3,026±0,119			
	3	Промышленная	208	3,886±0,182			
НМАО (мкэкв/мл)	1	Арктическая	74	73,190±3,948	0,001	0,040	0,820
	2	Сельская	75	91,730±2,218			
	3	Промышленная	208	92,730±2,859			
КАТ (мкКат/л)	1	Арктическая	74	0,346±0,048	0,008	0,001	0,020
	2	Сельская	75	0,460±0,016			
	3	Промышленная	208	0,516±0,014			
Аскорбиновая кислота (мг/дл)	1	Арктическая	74	0,385±0,061	0,000	0,006	0,009
	2	Сельская	75	0,179±0,012			
	3	Промышленная	208	0,240±0,015			
Мочевая кислота (мкмоль/л)	1	Арктическая	74	322,860±16,983	0,352	0,467	0,473
	2	Сельская	75	301,800±9,406			
	3	Промышленная	208	309,250±5,618			

Согласно полученным данным, биохимический показатель ТБК-АП, указывающий на интенсификацию перекисных процессов, был в среднем намного выше у жителей промышленных групп улусов по сравнению с жителями арктических и сельских групп улусов, в 1,63 и 1,28 раза соответственно (табл. 1). Повышение уровня ТБК-активных продуктов в крови жителей промышленной группы улусов, очевидно, объясняется антропогенной нагрузкой горнодобывающих предприятий, расположенных на территории промышленных улусов. В данных Роспотребнадзора РС(Я) по уровням загрязнения воздуха и воды отмечено, что экологическая ситуация хуже всего в промышленных улусах и лучше – в арктических улусах [13].

Увеличение уровня продуктов перекисного окисления липидов способствует активации антиоксидантной защиты организма, что проявляется в повышении активности каталазы и увеличении концентрации низкомолекулярных антиоксидантов (НМАО). Активность каталазы у жителей промышленной группы улусов была выше в 1,50 раза по сравнению с жителями арктической группы и в 1,12 раза выше по сравнению с жителями сельской группы улусов. Содержание НМАО жителей промышленных улусов было выше в 1,27 раза по сравнению с жителями арктических улусов. По содержанию мочевой кислоты значимых отличий между исследованными группами не было обнаружено.

Следует отметить, что концентрация аскорбиновой кислоты в крови жителей арктических улусов была достоверно выше по сравнению с жителями сельских (в 2,15 раза) и промышленных (в 1,6 раза) улусов (табл. 2). Высокое содержание в организме жителей арктических улусов экзогенного антиоксиданта – аскорбиновой кислоты, вероятнее всего, объясняется более высоким уровнем потребления рыбы (рис. 2), а также дикоросов. Проведенный анкетный опрос показал, что 92 % жителей арктической зоны занимаются сбором ягод и других дикоросов, в промышленной зоне этот показатель снижен до 84,7 %, в сельской – 87,7 %. Достоверных различий в потреблении мясной пищи у жителей разных зон не наблюдается (рис. 2). Уровень аскорбиновой кислоты у жителей промышленных зон, по-видимому, восполняется за счет повышенного потребления фруктов и овощей (рис. 3).

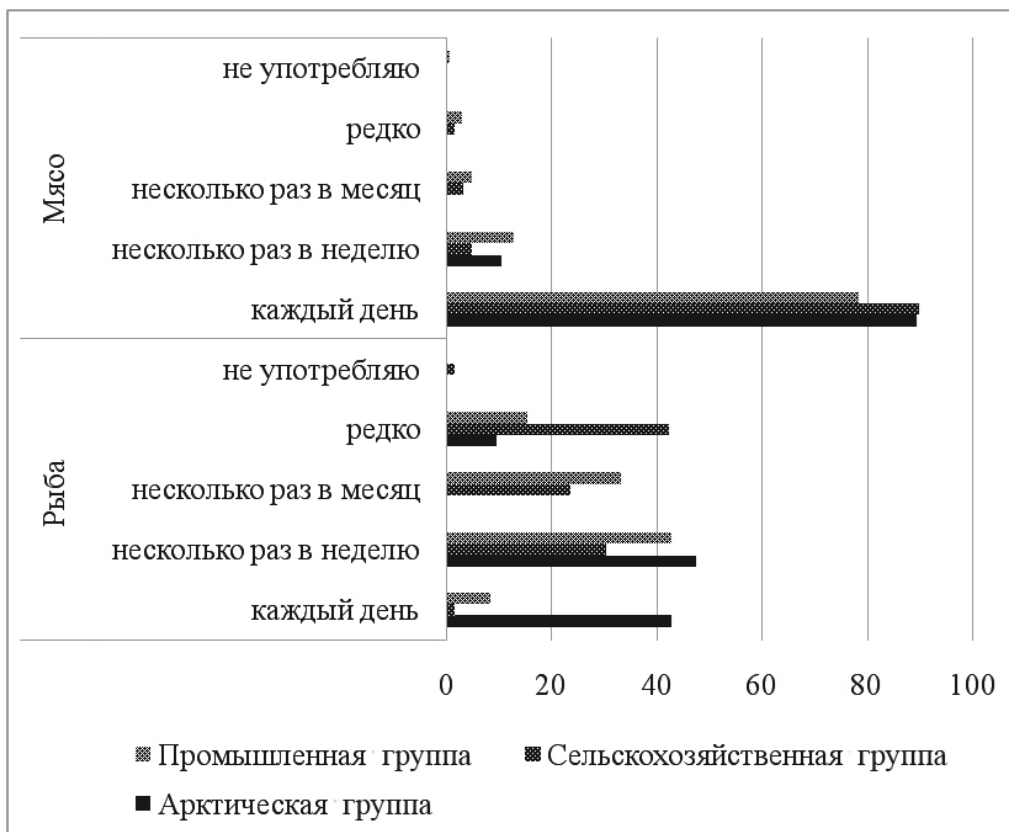


Рис. 2. Частота потребления мяса и рыбы у жителей разных зон

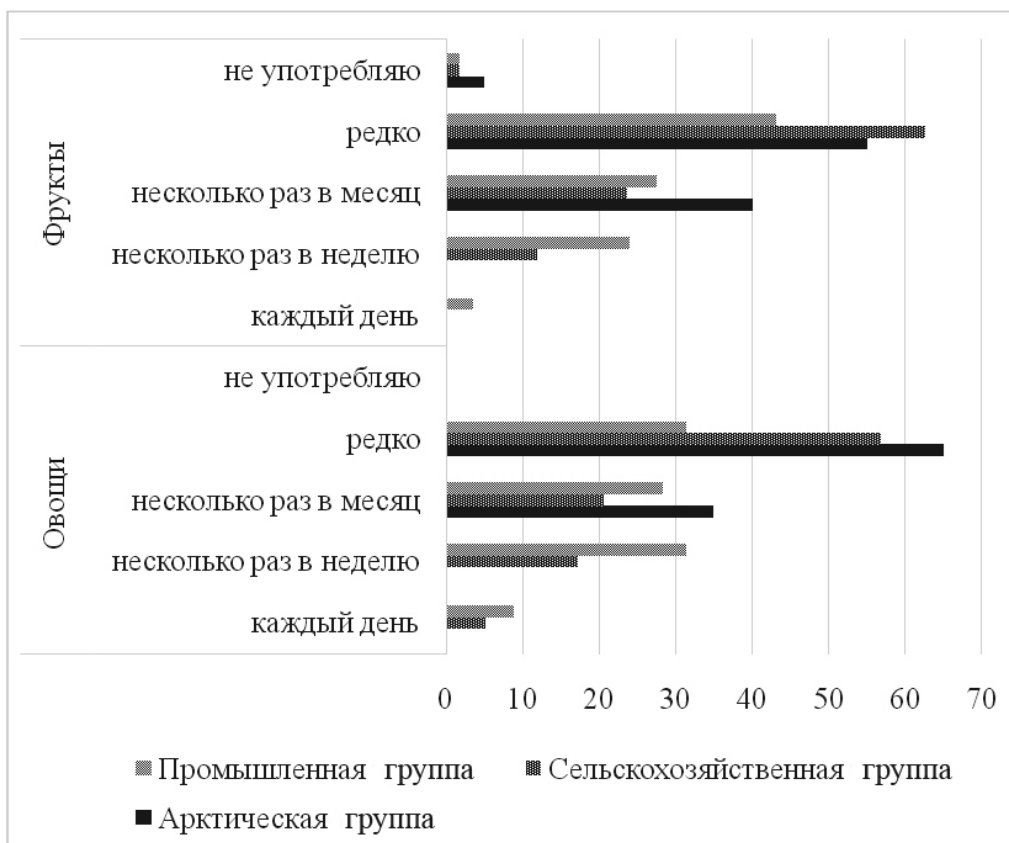


Рис. 3. Частота потребления овощей и фруктов у жителей РС(Я) разных зон

Между выделенными зонами проживания наблюдаются существенные различия в условиях жизни, а следовательно, и в уровне здоровья населения. Исходя из предположения, что организмы приезжих и коренных жителей по-разному реагируют на климато-экологические, социально-экономические и прочие условия жизни в рассмотренных медико-экономических зонах авторы изучили изменение показателей перекисного окисления липидов и антиоксидантной защиты у приезжих и коренных жителей Якутии (табл. 3).

Таблица 3

Показатели перекисного окисления липидов в организме приезжих и коренных жителей РС(Я), проживающих в арктической, сельской и промышленной группах улусов

Показатель	n	Коренные/приезжие	M+m	p
Арктическая группа улусов				
ТБК–АП (нмоль/л)	74	Коренные	2,426±0,215	–
	0	Приезжие	–	
НМАО (мкэкв/мл)	74	Коренные	73,191±3,94	–
	0	Приезжие	–	
КАТ (мкКат/л)	74	Коренные	0,357±0,229	–
	0	Приезжие	–	

Аскорбиновая кислота (мг/дл)	74	Коренные	0,361±0,066	–
	0	Приезжие	–	
Мочевая кислота (мкмоль/л)	74	Коренные	324,260±18,43 6	–
	0	Приезжие	–	
Сельская группа улусов				
ТБК–АП (нмоль/л)	48	Коренные	3,038±0,147	0,947
	27	Приезжие	3,015±0,215	
НМАО (мкэкв/мл)	48	Коренные	92,530±2,738	0,194
	27	Приезжие	87,250±4,191	
КАТ (мкКат/л)	48	Коренные	0,424±0,013	0,584
	27	Приезжие	0,502±0,026	
Аскорбиновая кислота (мг/дл)	48	Коренные	0,165±0,012	0,170
	27	Приезжие	0,256±0,023	
Мочевая кислота (мкмоль/л)	48	Коренные	290,40±5,265	0,044
	27	Приезжие	330,98±11,968	
Промышленная группа улусов				
ТБК-АП (нмоль/л)	131	Коренные	3,728±0,106	0,049
	77	Приезжие	4,228±0,352	
НМАО (мкэкв/мл)	131	Коренные	91,480±3,194	0,065
	77	Приезжие	108,440±6,747	
КАТ (мкКат/л)	131	Коренные	0,513±0,016	0,840
	77	Приезжие	0,522±0,042	
Аскорбиновая кислота (мг/дл)	131	Коренные	0,226±0,015	0,643
	77	Приезжие	0,248±0,043	
Мочевая кислота (мкмоль/л)	131	Коренные	306,87±6,244	0,153
	77	Приезжие	332,96±14,053	

Как видно из табл. 3, существенный дисбаланс прооксидантно-антиоксидантного равновесия при сравнении коренных и пришлых жителей отмечается в промышленной группе улусов: так, в организме приезжих было отмечено достоверно более высокое содержание ТБК-активных продуктов – в 1,13 раз ($p = 0,049$), тогда как значимых отличий в показателях антиоксидантной защиты между приезжими и коренными не обнаружено.

В сельской группе улусов достоверных различий по биохимическим показателям между коренными и приезжими не обнаружено, кроме увеличения уровня мочевой кислоты

у приезжих в 1,14 раз ($p = 0,044$), что, вероятно, связано с потреблением ими избыточного количества мясной пищи.

Заключение

Таким образом, у обследованного населения Арктики наблюдаются наиболее низкие уровни ТБК-активных продуктов. Вероятно, это связано с тем, что, в отличие от других групп улусов, у жителей Арктики сохраняется тип питания, основанный на белках и жирах, который является характерным для большинства коренных жителей Севера.

У жителей сельской группы улусов, как приезжих, так и коренных, достоверного изменения прооксидантно-антиоксидантного равновесия не происходит. Авторы считают, что это можно объяснить тем, что в данной группе улусов в большей степени сохраняется традиционный образ жизни и тип питания, характерный для коренных жителей. Вероятно, приезжие жители заимствуют у коренных белково-липидный тип питания, о чем свидетельствует достоверное повышение уровня мочевой кислоты, связанное с избыточным потреблением мясной пищи.

В связи с этим авторы считают, что для реализации современных проектов освоения экстремальных территорий надо полагаться на проверенные временем традиционные здоровьесберегающие практики и тип питания коренных жителей.

Список литературы

1. Постановление Правительства РФ от 30 марта 2021 г. № 484 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации "Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации"» [Электронный ресурс]. URL: <http://government.ru/docs/all/133682/> (дата обращения: 02.08.23).
2. Республика Саха (Якутия) // Общие сведения [Электронный ресурс]. URL: <https://arctic-council-russia.ru/useful/regions/respublika-sakha-yakutiya/> (дата обращения: 02.08.23).
3. Численность населения по полу, по субъектам Российской Федерации на 1 января 2022 года (с учетом итогов Всероссийской переписи населения 2020 г.) // Федеральная служба государственной статистики. 30 декабря 2022.
4. РИА Рейтинг. // Рейтинг регионов по качеству жизни – 2022 [Электронный ресурс]. URL: <https://riarating.ru/infografika/20230213/630236602.html/> (дата обращения: 02.08.23).
5. Гречканев Г.О., Котова Т.В., Мотовилова Т.М. и др. Роль усиления липопероксидации в патогенезе пролапса тазовых органов у женщин // Российский вестник акушера-гинеколога. 2020. № 20 (1). С. 22–26.

6. Тимофеев Л.Ф., Кривошапкин В.Г. *Здравоохранение территорий с низкой плотностью населения: на примере Республики Саха (Якутия)*. Новосибирск: Наука, 2006. 211 с.
 7. Meca A.D., Turcu-Stiolica A., Stanciulescu E.C., et al. Variations of Serum Oxidative Stress Biomarkers under First-Line Antituberculosis Treatment: A Pilot Study // *J Pers Med*. 2021. № 11 (2). P. 112. Published 2021 Feb 9. DOI: 10.3390/jpm11020112.
 8. Berker K.I., Güçlü K., Tor I., Apak R. Comparative evaluation of Fe(III) reducing power-based antioxidant capacity assays in the presence of phenanthroline, batho-phenanthroline, tripyridyltriazine (FRAP), and ferricyanide reagents // *Talanta*. 2007. № 72 (3). P. 1157–1165. DOI: 10.1016/j.talanta.2007.01.019.
 9. Byerley L.O., Kirksey A. Effects of different levels of vitamin C intake on the vitamin C concentration in human milk and the vitamin C intakes of breast-fed infants // *Am. J. Clin. Nutr.* 1985. № 41 (4). P. 665–671. DOI: 10.1093/ajcn/41.4.665.
 10. Кудряшов А.М., Титова Н.М., Савченко А.А., Кудряшова Е.В. Содержание аскорбиновой кислоты и ее окисленных форм при старении эритроцитов, продуцированных в условиях нормального и напряженного эритропоэза // *Биомедицинская химия*. 2005. Т. 51. № 1. С. 53–59.
 11. Панкова Н.Б. Механизмы срочной и долговременной адаптации // *Патогенез*. 2020. Т. 18. № 3. С. 77–86. DOI: 10.25557/2310-0435.2020.03.77-86.
- Николаев В.М., Софронова С.И., Олесова Л.Д., Ефремова С.Д., Гольдерова А.С., Винокурова Ф.В., Охлопкова Е.Д., Константинова Л.И., Яковлева А.И., Ефремова А.В., Румянцев Е.К., Степанов К.М., Григорьева А.А., Чирикова Н.К., Попова А.С., Федорова С.А. Показатели перекисного окисления липидов в организме приезжих жителей Якутии // *Якутский медицинский журнал*. 2019. № 4 (68). С. 60–63. DOI: 10.25789/УМЖ.2019.68.16.
12. Тимофеев Л.Ф., Кривошапкин В.Г., Лазебник О.А. Медико-картографические аспекты состояния окружающей среды в Республике Саха (Якутия) // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2013. № 8-1. С. 86–88.