



Кушнерова Н.Ф.¹, Рахманин Ю.А.^{2,3}, Момот Т.В.⁴, Рыжова И.Н.², Фоменко С.Е.¹, Спрыгин В.Г.¹

Этнические различия липидного состава и физиологических характеристик эритроцитов у коренного и пришлого населения северных территорий Российской Федерации

¹ФГБУН «Тихоокеанский океанологический институт имени В.И. Ильичева» Дальневосточного отделения Российской академии наук, 690041, Владивосток, Россия;

²Научно-исследовательский институт экологии человека и гигиены окружающей среды имени А.Н. Сысина, ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Федерального медико-биологического агентства, 119121, Москва, Россия;

³ФБун «Федеральный научный центр гигиены имени Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, 1410014, Мытищи, Россия;

⁴ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), 119991, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Для освоения природных ресурсов северных территорий Российской Федерации (Чукотский АО, Эвенкийский АО, Приамурье, Ханты-Мансийский АО и др.) необходимо привлечение трудовых мигрантов. При этом экстремальные климатогеографические факторы влияют на метаболические реакции организма пришлого населения, а коренные жители имеют эволюционно обусловленную биохимическую адаптацию к климату северных территорий.

Материалы и методы. Проведено исследование биохимических параметров мембран эритроцитов здоровых мужчин двух этнических групп в возрасте 20–30 лет, проходящих плановый медицинский осмотр в районной больнице. Обследованы 20 мужчин пришлой популяции (европеоиды) и 20 мужчин коренной популяции чукчей (монголоиды). В группу пришлой популяции входили мужчины, проживающие на северных территориях не более двух лет, что свидетельствует о незавершенной адаптации и сохранении метаболизма, характерного для европеоидов.

Результаты. Проведён сравнительный анализ количественного состава фосфолипидов, жирных кислот мембран эритроцитов крови, их размерных характеристик и гемолитической устойчивости к гемолизирующему воздействию у коренной и пришлой популяций северных территорий Российской Федерации. Получены данные об этнических особенностях метаболических реакций у представителей двух этнических групп. У лиц коренной популяции (чукчи) отмечалось изменение соотношения фосфолипидных фракций в мембране эритроцитов по сравнению с таковыми у лиц пришлой популяции. Наряду с этим отмечались различия в жирнокислотном составе липидов мембран эритроцитов, что подтверждает этнические особенности лиц коренной и пришлой популяций. Выявленные различия состава полиненасыщенных жирных кислот в структурах ФХ и ФЭ предполагают появление модифицированных молекулярных видов этих фракций у лиц коренной популяции.

Ограничения исследования. Исследование ограничено числом обследованных лиц, проходивших плановый медицинский осмотр в районной больнице.

Заключение. Этнические особенности в фосфолипидной составляющей мембран эритроцитов у лиц коренной популяции обуславливают различия в размерных характеристиках эритроцитов и увеличение устойчивости клеток к гемолизирующему воздействию. Наличие этнических особенностей необходимо учитывать при назначении терапии и проведении профилактических мероприятий у групп населения конкретной географической зоны.

Ключевые слова: коренная популяция чукчей; пришлая популяция европеоидов; эритроциты; фосфолипиды; жирные кислоты; размеры эритроцитов; гемолитическая устойчивость

Соблюдение этических стандартов. Все процедуры, выполненные в исследованиях с участием людей, соответствуют этическим стандартам национального комитета по исследовательской этике и Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации 1964 г. и её последующим изменениям или сопоставимым нормам этики. Исследование было одобрено Комиссией по вопросам этики Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичева ДВО РАН (протокол № 17 от 07.04.2021 г.). Все участники дали информированное добровольное письменное согласие на участие в исследовании.

Для цитирования: Кушнерова Н.Ф., Рахманин Ю.А., Момот Т.В., Рыжова И.Н., Фоменко С.Е., Спрыгин В.Г. Этнические различия липидного состава и физиологических характеристик эритроцитов у коренного и пришлого населения северных территорий Российской Федерации. *Гигиена и санитария*. 2026; 105(9): 956–964. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-9-956-964> <https://elibrary.ru/stxxdv>

Для корреспонденции: Кушнерова Наталья Федоровна, e-mail: natasha50@mail.ru

Вклад авторов: Кушнерова Н.Ф. — концепция и дизайн исследования, написание текста; Рахманин Ю.А. — редактирование; Момот Т.В. — дизайн исследования, сбор и обработка материалов, написание текста; Рыжова И.Н. — сбор данных литературы; Фоменко С.Е. — сбор и обработка материала, статистическая обработка; Спрыгин В.Г. — сбор и обработка материала, статистическая обработка. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех её частей.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУН ТОИ ДВО РАН по теме «Экологические и биогеохимические процессы в экосистемах дальневосточных морей». Номер государственной регистрации 124022100077–0.

Поступила: 01.10.2025 / Поступила после доработки 13.10.2025 / Принята к печати: 01.07.2026 / Опубликовано: 20.10.2026

Natalya F. Kushnerova¹, Yury A. Rakhmanin^{2,3}, Tatiana V. Momot⁴, Irina N. Ryzhova², Svetlana E. Fomenko¹, Vladimir G. Sprygin¹

Ethnic differences in lipid composition and physiological characteristics of erythrocytes in the indigenous and alien populations of Russia north areas

¹V.I. Ilyichev Pacific Oceanological Institute FEBRAS, Vladivostok, 690041, Russian Federation;

²A.N. Sysin Research Institute of Human Ecology and Environmental Health of the Centre for Strategic Planning of the Federal medical biological agency, Moscow, 119121, Russian Federation;

³Federal Scientific Center of Hygiene named after F. Erisman, Mytishchi, 141014, Russian Federation;

⁴I.M. Sechenov First Moscow State Medical University Federation (Sechenov University), Moscow, 119991, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. The extreme climatic and geographical factors of the North of Russia affect the metabolic responses of the body in the alien population, which distinguishes them from those of the indigenous inhabitants.

Materials and methods. It was conducted a study of the biochemical parameters of erythrocyte membranes in healthy men of two ethnic groups aged 20–30 years which undergoing routine medical examination in a regional hospital. There were examined 20 men of the alien population (Caucasians) and 20 men of the indigenous Chukchi population (Mongoloids). The group of alien population included men who had been living in the North for no more than 1–2 years. This indicates incomplete adaptation and the preservation of metabolism characteristic in Caucasians.

Results. There was carried out a comparative analysis of the quantitative composition of phospholipids, fatty acids of erythrocyte membranes, their size characteristics and hemolytic resistance to hemolytic effects in indigenous and alien populations of the North of the Russian Federation. It has been obtained the data on the ethnic characteristics of metabolic responses in representatives of two ethnic groups. In the indigenous population (Chukchi), there was a change in the ratio of phospholipid fractions in the erythrocyte membrane compared with those in the alien population. Along with this, there were differences in the fatty acid composition of lipids in erythrocyte membranes, which confirms the ethnic characteristics of indigenous and alien populations. These differences in the composition of polyunsaturated fatty acids in the structures of PC and PE suggest the appearance of modified molecular species of these fractions in the indigenous population.

Limitations. The study is limited to the number of persons examined, conducted medical examination in a district hospital.

Conclusion. Ethnic features in the phospholipid component of erythrocyte membranes in the indigenous population cause differences in the dimension characteristics of erythrocytes and an increasing in cell resistance to hemolytic effects. In our opinion, this is not a deviation from the norm, but one of the variants of human metabolism. The presence of ethnic characteristics must be taken into consideration when appointing a therapy and carrying out preventive measures in population groups of a specific geographical area.

Keywords: indigenous Chukchi population; Caucasian newly arrived population; erythrocytes; phospholipids; fatty acids; diameter; volume of erythrocytes; hemolytic stability

Compliance with ethical standards. All procedures performed in human studies comply with the ethical standards of the National Research Ethics Committee and the 1964 Helsinki Declaration and its subsequent changes or comparable ethical standards. Informed voluntary consent was obtained from each participant included in the study. The study was approved by the Ethics Commission of the V.I. Ilyichev Pacific Oceanological Institute FEBRAS (protocol No. 17 of 04/07/2021).

For citation: Kushnerova N.F., Momot T.V., Rakhmanin Yu.A., Ryzhova I.N., Fomenko S.E., Sprygin V.G. Ethnic differences in lipid composition and physiological characteristics of erythrocytes in the indigenous and alien populations of Russia north areas. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal*. 2026; 105(9): 956–964. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-9-956-964> <https://elibrary.ru/stxxdv> (In Russ.)

For correspondence: Natalia F. Kushnerova, e-mail: natasha50@mail.ru

Contribution: Kushnerova N.F. — the concept and design of the study, writing a text; Momot T.V. — the concept and design of the study, collection material; Rakhmanin Yu.A. — editing; Ryzhova I.N. — collection of literature data; Fomenko S.E., Sprygin V.G. — collection material, statistical processing. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Funding. The work was carried out within the framework of the state assignment of the Ilychev Pacific Oceanological Institute on the topic «Ecological and biogeochemical processes in ecosystems of the Far Eastern seas». State registration number 124022100077-0.

Received: October 1, 2025 / Revised: October 13, 2025 / Accepted: July 1, 2026 / Published: October 20, 2026

Введение

Для освоения природных ресурсов северных территорий Российской Федерации (Чукотский АО, Эвенкийский АО, Приамурье, Ханты-Мансийский АО и др.) необходимо привлечение трудовых мигрантов. При этом экстремальные климатогеографические факторы влияют на метаболические реакции организма пришлого населения, а коренные жители имеют эволюционно обусловленную биохимическую адаптацию к климату северных территорий. Одной из особенностей адаптации является питание, преимущественно состоящее из белков и жиров (морская рыба, мясо диких и морских животных), необходимых для получения значительного количества энергии. Имеющиеся в литературе данные о метаболических реакциях организма коренных народностей Севера (чукчи, эвены и др.) немногочисленны. Известно, что в сыворотке крови этих народностей повы-

шено содержание жирных кислот и холестерина [1], что является физиологической адаптацией к «северному» стрессу, то есть генетически детерминированным процессом [2]. Высокий уровень энергетического обмена требует значительного потребления липидов. Это обусловило активацию липидного метаболического пути [3]. Липиды (фосфолипиды, жирные кислоты и холестерин) играют регуляторную роль в адаптации к низким температурам за счёт изменения вязкости клеточных мембран [4–6].

У коренных жителей Чукотки отмечается более высокое по сравнению с представителями пришлой популяции содержание холестерина липопротеинов высокой плотности (ХС ЛПВП), что соотносится с выраженным риском болезней системы кровообращения, и повышенный уровень полиненасыщенных жирных кислот семейства n-3 в сыворотке крови [7]. У коренных эвенков (Эвенкийский АО) отмечалось снижение уровня холестерина липопротеинов низкой

плотности (ХС ЛПНП) и триацилглицеринов [8]. Аналогичные изменения липидного обмена отмечены у коренных жителей Магаданской области (эвены, коряки) [1], Приамурья (нанайцы, улчи, эвены) [9], Ханты-Мансийского АО (ханты) [10], Якутии (якуты, эвенки) [11, 12]. Так, у аборигенов Приамурья значение коэффициента атерогенности было на 42% ниже по сравнению с мигрантами, а содержание общего холестерина составляло менее 5,2 ммоль/л. Высокая активность ферментов гамма-глутамин-транспептидазы, аланинаминотрансферазы и щелочной фосфатазы у коренной популяции по сравнению с пришлой сочеталась с более низким уровнем глюкозы. Это влияет на биоэнергетику организма, так как позволяет липидам более интенсивно поступать и проходить по метаболическим путям. Повышенная активность лактатдегидрогеназы свидетельствует о приспособленности организма коренных жителей к гипоксии [9].

При анализе биохимических показателей крови у лиц пришлой популяции Якутии отмечался повышенный по сравнению с коренными жителями уровень общего холестерина (ОХС) и атерогенной фракции ХС ЛПНП, причем наиболее высокие значения ОХС отмечались в первый год жизни в условиях Севера. По мнению авторов, это отражает снижение приспособительных реакций организма, что ведёт к формированию различных патологий [12]. У коренных пожилых (60–69 лет) жителей Якутска в крови было выше значение ХС ЛПВП, а значения ОХС, ХС ЛПНП и индекса атерогенности (ИА) оказались ниже по сравнению с показателями пришлых жителей. В то же время у коренных якутов урбанизация Севера нарушает механизм адаптации к экстремальным климатогеографическим факторам, что сопровождается развитием ожирения, сахарного диабета и метаболического синдрома [13].

При исследовании биохимических показателей крови у лиц коренного населения (коряки, эвены) Магаданской области и их сравнении с таковыми у мигрантов отмечался более низкий уровень ОХС, триацилглицеринов (ТАГ), ХС ЛПНП и коэффициента атерогенности, тогда как у пришлых лиц эти величины были статистически достоверно выше, чем у коренных [1]. В условиях гипотермии у пришлых жителей усиливается основной обмен веществ за счёт жирового компонента питания, что приводит к повышению уровня свободных жирных кислот (СЖК) и ХС, обуславливающих дислипидемию [8]. У пришлых жителей Чукотки отмечалась аналогичная направленность изменений липидного профиля крови по сравнению с таковым у коренных жителей (чукчи) [14]. Так, у чукчей в сыворотке крови было снижено содержание общего холестерина, липопротеинов низкой плотности, триацилглицеринов при повышенном уровне полиненасыщенных жирных кислот семейства n-3 (линоленовой, эйкозапентаеновой и докозагексаеновой) [15].

Этнические различия в уровнях сывороточных липидов обнаружены и у жителей г. Аннистона штата Алабама (афроамериканцы и латиноамериканцы). У афроамериканцев отмечались более низкие величины ОХС, ХС ЛПНП, ТАГ и более высокие уровни ХС ЛПВП по сравнению с таковыми у латиноамериканцев [16]. По мнению авторов, в этих различиях играют важную роль генетические факторы. При этом у афроамериканцев выше уровни активности липопротеинлипазы, что обеспечивает снижение уровня ТАГ, тогда как для латиноамериканцев характерна высокая активность печёночной липазы, снижающей уровень ХС ЛПВП [17].

В рамках исследования крови жителей Северного Манхэттена, где испаноязычные являются самым быстрорастущим сегментом населения, также была выявлена дислипидемия, характеризующаяся низким уровнем ХС ЛПВП и высоким ОХС, ТАГ и ХС ЛПНП. Однако при таких значениях липидных показателей авторы отмечали снижение смертности от ишемической болезни сердца, что было названо «испаноязычным парадоксом» [18].

На основании вышеизложенного следует отметить, что у аборигенов Севера сформировался «северный» метаболический тип как наиболее энергетически экономный,

при котором происходит переключение углеводного пути получения энергии, характерного для европеоидов, на липидный [3, 19]. При этом отмечается сдвиг липопротеинового спектра в сторону образования ЛПВП. Значения атерогенных липидов крови у коренных жителей значительно ниже, чем у пришлых европеоидов, у которых присутствует риск формирования ИБС на фоне выраженной дислипидемии. Многие исследователи связывают это с адаптацией к особенностям питания коренных жителей, у которых преобладает жирная пища. Так как углеводная пища (фрукты, овощи, зелень и др.), типичная для европеоидов, в северных районах менее доступна, происходит смена характера питания, что активизирует обмен липидов.

Данные о состоянии обмена веществ у людей разных этнических групп, населяющих территорию России, разрозненны и, как правило, касаются отдельных биохимических показателей. Это не позволяет составить целостную картину метаболизма в целом. Известно, что существуют группы людей с риском возникновения тех или иных болезней. В частности, у представителей монголоидной расы (чукчи, эвены, эскимосы, удэгейцы, корейцы, китайцы, японцы и др.) отмечается быстрое по сравнению с европеоидами формирование симптомов алкоголизма и протекание болезни тяжело и злокачественно [20]. В числе причин интолерантности к алкоголю у монголоидов — генетически обусловленная структурная организация альдегиддегидрогеназы, а также «атипичная» алкогольдегидрогеназа, встречающаяся у 85–90% представителей этих народностей [21]. В настоящее время подробно изучаются адаптивные реакции организма европеоидов, тогда как метаболические реакции у коренного населения Севера исследованы недостаточно. Некоторые из изученных нами биохимических параметров липидного состава мембран эритроцитов в доступной литературе не отражены. В связи с этим был исследован липидный состав мембран эритроцитов у представителей коренного и пришлого населения Чукотки, проживающих в одном населённом пункте.

Цель исследования — изучить физиологические характеристики эритроцитов и липидный состав их мембран у представителей двух этнических групп.

Материалы и методы

Проведено исследование биохимических параметров мембран эритроцитов здоровых мужчин 20–30 лет, проживающих в пос. Ола Магаданской области, проходящих плановый медицинский осмотр в районной больнице. Обследованы 20 мужчин пришлой популяции (европеоиды) и 20 мужчин коренной популяции чукчей (монголоиды). В группу пришлой популяции входили мужчины, проживающие в условиях Севера не более двух лет, что, по данным литературы, свидетельствует о незавершённой адаптации и сохранении метаболизма, характерного для европеоидов [12]. У обследуемых исключался приём спиртных напитков за две недели до обследования. На момент обследования уровень этанола в крови не превышал эндогенного. Все процедуры, выполненные в исследованиях с участием людей, соответствуют этическим стандартам Национального комитета по исследовательской этике и Хельсинской декларации Всемирной медицинской ассоциации 1964 г. и её последующим изменениям или сопоставимым нормам этики. От каждого из включённых в исследование участников было получено информированное добровольное согласие. Исследование было одобрено Комиссией по вопросам этики Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичева ДВО РАН (протокол № 17 от 07.04.2021 г.).

Кровь для биохимического исследования отбирали из локтевой вены в утренние часы натощак в вакуумные пробирки с зелёной крышкой Vacuette. Плазму крови и эритроцитарную массу получали общепринятым методом центрифугирования. Для определения среднего объёма и среднего диаметра эритроцитов использовали автоматический гематологический анализатор Abacus (Diatron, Австрия).

Таблица 1 / Table 1

Физиологические показатели эритроцитов здоровых людей пришло и коренной популяций, $M \pm m$ **Physiological parameters of erythrocytes in healthy persons of alien and indigenous populations, $M \pm m$**

Показатель Indices	Пришлая популяция Alien population	Коренная популяция Indigenous population
Средний диаметр эритроцитов (СДЭ, мкм) The average diameter of red blood cells (ADRbc, microns)	7.37 ± 0.11	$7.80 \pm 0.13^*$
Средний объём эритроцитов (СОЭр, мкм ³) Average volume of red blood cells (AVRbc, μm^3)	80.06 ± 3.3	$94.91 \pm 3.8^{**}$
Осмотическая резистентность (% NaCl) Osmotic resistance (% NaCl)	0.45 ± 0.01 0.35 ± 0.01	$0.40 \pm 0.02^*$ $0.30 \pm 0.01^*$

Примечание. Здесь и в табл. 2–4: различия статистически достоверны по сравнению с пришлой популяцией при: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$.

Note: Here and in Tables 2–4: The differences are statistically significant for comparison to the alien population: * – $p < 0.05$; ** – $p < 0.01$.

Осмотическую резистентность оценивали методом определения устойчивости эритроцитов к изменению концентрации NaCl [22]. Для получения мембранной массы эритроциты вносили в дистиллированную воду, где происходил их полный гемолиз. Полученную мембранную массу трижды отмывали охлаждённым до температуры плюс 4 °C изотоническим раствором NaCl с последующим центрифугированием, каждый раз удаляя надосадочную жидкость [23]. Экстракты общих липидов из мембран эритроцитов выделяли по методу Фольча [24]. Суспензию силикагеля марки «КСК» (ООО «Лабхимос», Россия) и пластинки размером 6 × 6 см для двумерной микротонкослойной хроматографии (ТСХ) фосфолипидов и нейтральных липидов готовили по методу В.И. Светашева и В.Е. Васильковского [25]. Для разделения фосфолипидов на фракции использовали системы растворителей, описанные Роузером и соавт. [26]: в первом направлении – смесь хлороформа с метанолом и 28%-м аммиаком в соотношении 65 : 25 : 5 (по объёму), во втором – смесь хлороформа с ацетоном, метанолом, ледяной уксусной кислотой и водой в соотношении 50 : 20 : 10 : 10 : 5 (по объёму). Для обнаружения холинсодержащих фосфолипидов (фосфатидилхолин, лизофосфатидилхолин, сфингомиелин) использовали реактив Драгендорфа [27]: липиды проявлялись в виде оранжевых пятен на жёлтом фоне. Для обнаружения фосфолипидов, содержащих аминогруппу (фосфатидилэтаноламин, лизофосфатидилэтаноламин, фосфатидилсерин), пластинки опрыскивали 5%-м раствором нингидрина в ацетоне с последующим нагреванием в течение 2–3 мин над парами воды до появления розовых пятен на белом фоне [26]. Фосфолипиды, содержащие гидроксильные группы (фосфатидилинозит), обнаруживали с помощью периодатного реактива Шиффа [27], пятна липидов имели розово-сиреневый цвет. Для проявления всех фосфолипидных фракций применяли молибдатный реактив [28]. Липиды проявлялись в виде синих пятен на белом фоне. Для количественного определения каждой фракции использовали 10%-й раствор серной кислоты в метаноле с последующим нагреванием пластинок на закрытой электрической плите.

Количество общих фосфолипидов и отдельных фракций фосфолипидов рассчитывали по методу В.Е. Васильковского и соавт. [28] с принятым алгоритмом количественного определения. Разделение нейтральных липидов для выделения фракции холестерина в липидном экстракте из мембран эритроцитов осуществляли методом одномерной ТСХ на силикагеле в системе растворителей «гексан + серный эфир + уксусная кислота» в соотношении 90 : 10 : 1 (по объёму) [29]. Для идентификации пятен нейтральных липидов использовали очищенные препараты отечественного производства («Реахим», Россия). Количественное определение пятен липидов после хроматографирования выполняли парами йода. Расчёт величин отдельных фракций нейтральных липидов и фосфолипидов выражали в процентах от их общей суммы.

Определение жирнокислотного состава липидного экстракта мембран эритроцитов проводили методом газо-жид-

костной хроматографии (ГЖХ). Метилловые эфиры жирных кислот (МЭЖК) получали при использовании метода переэтерификации липидов [30] и далее очищали с помощью ТСХ, используя систему «гексан + диэтиловый эфир» в соотношении 95 : 5 (по объёму). МЭЖК анализировали на газовом хроматографе «ЛХМ-2000» (ОАО «Хроматограф», Россия) с пламенно-ионизационным детектором, капиллярной колонкой HP-5-MS с 5%-м фенилметилсилоксаном (30 м × 0,25 мм, Agilent, США). Газ-носитель – гелий, температура инжектора – плюс 180 °C. Идентификацию МЭЖК проводили сравнением времени удерживания и сравнением с известными стандартами [31]. Результаты выражали в процентах от суммы жирных кислот.

Количественные данные обрабатывали с использованием статистического пакета Instat 3,0 (GraphPad. Software Inc. USA, 2005) со встроенной процедурой проверки соответствия выборки закону нормального распределения. Полученные количественные данные выражали как среднее значение ± стандартная ошибка. Статистическую значимость различий при межгрупповых сравнениях определяли с использованием непараметрического *U*-критерия Манна – Уитни и параметрического *t*-критерия Стьюдента. Различия считали статистически достоверными при значении $p < 0,05$.

Результаты

Как видно из табл. 1, у лиц коренной популяции величины среднего диаметра (СДЭ) и среднего объёма эритроцитов (СОЭр) были выше на 6% ($p < 0,05$) и 19% ($p < 0,01$) соответственно по сравнению с таковыми значениями у лиц пришлой популяции.

Гемолиз эритроцитов коренного населения при внесении их в растворы NaCl от 0,8 до 0,3% начинался при концентрации $0,4 \pm 0,02\%$ NaCl, то есть позже, чем у пришлых лиц ($0,45 \pm 0,01\%$ NaCl). Завершение гемолиза также происходило позже ($0,3 \pm 0,01\%$ NaCl против $0,35 \pm 0,01\%$ NaCl) у пришлых лиц, что указывает на повышенную устойчивость мембран эритроцитов у коренных жителей к гемолизирующему воздействию.

В мембранах эритроцитов отмечались этнические различия в величинах общих фосфолипидов, фосфолипидных фракций и холестерина (табл. 2).

Содержание общих фосфолипидов (ОФЛ) в мембране эритроцитов у коренных жителей было выше на 9% ($p < 0,05$), тогда как уровень холестерина (ХС) – ниже на 9% ($p < 0,05$), чем эти же показатели у пришлых. В связи с этим коэффициент ХС/ОФЛ у коренных жителей был на 18% ($p < 0,01$) ниже, чем у пришлых. Величина фосфатидилхолина (ФХ) у коренных была ниже таковой у пришлых на 30% ($p < 0,001$), тогда как значение фосфатидилэтаноламина (ФЭ) – выше на 20% ($p < 0,01$). Одновременно отмечалось увеличение лизофосфатидилхолина (ЛФХ) на 18% ($p < 0,01$) и лизофосфатидилэтаноламина (ЛФЭ) на 7% ($p < 0,05$). Это явление обусловлено активацией фосфолипазы A₂ [32]. Следует отметить

Таблица 2 / Table 2

Содержание липидных фракций в общих липидах мембран эритроцитов здоровых людей пришло и коренной популяций (% от суммы всех фракций)**The content of lipid fractions in the total lipids of erythrocyte membranes in healthy people of alien and indigenous populations (in % of the sum of all fractions)**

Фракции липидов Lipid fractions	Пришлая популяция Alien population	Коренная популяция Indigenous population
Общие фосфолипиды (% от общих липидов) Total phospholipids (% of total lipids)	65 ± 2	71 ± 2*
Холестерин (% от общих липидов) Cholesterol (% of total lipids)	24.5 ± 0.8	22.3 ± 0.5*
Холестерин/фосфолипиды (ХС/ФЛ) Cholesterol/phospholipids (C/PL)	0.38 ± 0.02	0.31 ± 0.01**
Фосфатидилхолин (ФХ) Phosphatidylcholine (PC)	35.34 ± 1.13	24.85 ± 1.62***
Лизофосфатидилхолин (ЛФХ) Lysophosphatidylcholine (LPC)	2.75 ± 0.15	3.24 ± 0.17**
Сфингомиелин (СМ) Sphingomyelin (SM)	20.37 ± 1.13	24.26 ± 1.09*
Фосфатидилэтанолламин (ФЭ) Phosphatidylethanolamine (PE)	20.05 ± 0.96	24.08 ± 0.86**
Лизофосфатидилэтанолламин (ЛФЭ) Lysophosphatidylethanolamine (LPE)	1.48 ± 0.03	1.59 ± 0.04*
Фосфатидилсерин (ФС) Phosphatidylserine (PS)	10.20 ± 0.23	11.22 ± 0.24**
Фосфатидилинозит (ФИ) Phosphatidylinositol (PI)	6.41 ± 0.17	7.18 ± 0.12**
Фосфатидная кислота (ФК) Phosphatidic acid (FA)	2.92 ± 0.13	4.06 ± 0.17***
СМ/ФХ SM/PC	0.58 ± 0.06	0.98 ± 0.07***
(ФЭ + ФС) / (ФХ + СМ) (PE + PS) / (PC + SM)	0.54 ± 0.07	1.38 ± 0.12***
ФК + ФС + ФЭ + ФИ) / (ФХ + СМ) (PA + PS + PE + PI) / (PC + SM)	0.71 ± 0.08	1.11 ± 0.11**

повышенный уровень сфингомиелина (СМ) на 19% ($p < 0,05$) у коренных жителей, что является компенсаторной реакцией на снижение уровня ФХ [33]. Значения фосфатидилсерина (ФС), фосфатидилинозита (ФИ) и фосфатидной кислоты (ФК) были выше на 10; 12 и 39% ($p < 0,01-0,001$) соответственно. Такие изменения величин метаболически активных фракций фосфолипидов (ФС, ФИ и ФК) могут оказывать влияние на активность мембраносвязанной Na^+, K^+ -АТФ-азы [34]. Известно, что ФИ входит в состав внутреннего моно-слоя биомембраны, а для этой фракции характерна высокая

скорость обмена, что необходимо для адаптации к изменившимся условиям среды [35].

При анализе показателей жирных кислот в общих липидах эритроцитарных мембран важно отметить, что у лиц коренной популяции выявлены более высокие уровни полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) семейства n-3, тогда как у пришлых преобладали ПНЖК семейства n-6 (табл. 3).

В результате соотношение n-3/n-6 у коренных жителей было на 9% ($p < 0,05$) выше, чем у пришлых. Сумма насыщенных жирных кислот у коренных также была выше на 8%

Таблица 3 / Table 3

Содержание основных видов жирных кислот в общих липидах мембран эритроцитов здоровых людей пришло и коренной популяций (% от суммы всех жирных кислот)**The content of the main types of fatty acids in the total lipids of erythrocyte membranes in healthy persons of alien and indigenous populations (in % of the sum of all fatty acids)**

Жирные кислоты Fatty acids	Пришлая популяция Alien population	Коренная популяция Indigenous population
Миристиновая кислота (14 : 0) Myristic acid (14 : 0)	1.37 ± 0.06	1.49 ± 0.02
Пальмитиновая кислота (16 : 0) Palmitic acid (16 : 0)	27.84 ± 0.65	30.04 ± 0.71*
Пальмитолеиновая кислота (16 : 1) n-9 Palmitoleic acid (16 : 1) n-9	3.48 ± 0.16	3.97 ± 0.12*
Стеариновая кислота (18 : 0) Stearic acid (18 : 0)	12.61 ± 0.33	13.72 ± 0.36*
Олеиновая кислота (18 : 1) n-9 Oleic acid (18 : 1) n-9	16.33 ± 0.71	11.67 ± 0.62***
Линолевая кислота (18 : 2) n-6 Linoleic acid (18 : 2) n-6	14.87 ± 0.64	14.91 ± 0.69
Линоленовая кислота (18 : 3) n-3 Linolenic acid (18 : 3) n-3	1.55 ± 0.07	1.76 ± 0.03
Арахидоновая кислота (20 : 4) n-6 Arachidonic acid (20 : 4) n-6	9.52 ± 0.37	9.26 ± 0.30
Эйкозапентаеновая кислота (20 : 5) n-3 Eicosapentaenoic acid (20 : 5) n-3	6.55 ± 0.13	6.73 ± 0.15
Докозагексаеновая кислота (22 : 6) n-3 Docosahexaenoic acid (22 : 6) n-3	5.88 ± 0.17	6.45 ± 0.14*
n-3 ПНЖК n-3 PUFA	13.98 ± 0.33	14.94 ± 0.30*
n-6 ПНЖК n-6 PUFA	24.39 ± 0.57	24.17 ± 1.51
n-3/n-6	0.57 ± 0.01	0.62 ± 0.02*
20 : 4 n-6/18 : 2 n-6	0.64 ± 0.01	0.60 ± 0.01**
20 : 4 n-6/20 : 5 n-3	1.45 ± 0.01	1.48 ± 0.01*

Примечание. Здесь и в табл. 4: различия статистически достоверны при: *** — $p < 0,001$ по сравнению с пришлой популяцией.

Note: Here and in Table 4: The differences are statistically significant at: *** — $p < 0.001$ when compared to the alien population.

Таблица 4 / Table 4

Содержание основных видов жирных кислот в фосфатидилхолине и фосфатидилэтаноламине мембран эритроцитов здоровых людей пришло и коренной популяций (% от суммы всех жирных кислот)

The content of the main types of fatty acids in phosphatidylcholine and phosphatidylethanolamine of erythrocyte membranes in healthy people of alien and indigenous populations (in % of the sum of all fatty acids)

Жирные кислоты Fatty acids	Фосфатидилхолин Phosphatidylcholine		Фосфатидилэтаноламин Phosphatidylethanolamine	
	Пришлая популяция Alien population	Коренная популяция Indigenous population	Пришлая популяция Alien population	Коренная популяция Indigenous population
Миристиновая кислота (14 : 0) Myristic acid (14 : 0)	1.13 ± 0.12	1.46 ± 0.07*	1.27 ± 0.13	1.83 ± 0.11**
Пальмитиновая кислота (16 : 0) Palmitic acid (16 : 0)	28.87 ± 0.38	30.21 ± 0.32*	20.47 ± 0.67	21.00 ± 0.73
Пальмитолеиновая кислота (16 : 1) n-9 Palmitoleic acid (16 : 1) n-9	1.88 ± 0.04	2.07 ± 0.06**	4.98 ± 0.19	4.92 ± 0.16
Стеариновая кислота (18 : 0) Stearic acid (18 : 0)	13.00 ± 0.30	14.00 ± 0.33*	18.62 ± 0.60	19.00 ± 0.55
Олеиновая кислота (18 : 1) n-9 Oleic acid (18 : 1) n-9	19.93 ± 0.68	15.21 ± 0.63***	19.10 ± 0.57	17.34 ± 0.49*
Линолевая кислота (18 : 2) n-6 Linoleic acid (18 : 2) n-6	14.83 ± 0.36	13.40 ± 0.32	11.63 ± 0.42	9.2 ± 0.27***
Линоленовая кислота (18 : 3) n-3 Linolenic acid (18 : 3) n-3	1.28 ± 0.12	3.59 ± 0.62***	3.12 ± 0.11	4.40 ± 0.21***
Арахидоновая кислота (20 : 4) n-6 Arachidonic acid (20 : 4) n-6	10.40 ± 0.28	10.38 ± 0.24*	9.52 ± 0.37	10.00 ± 0.35
Эйкозапентаеновая кислота (20 : 5) n-3 Eicosapentaenoic acid (20 : 5) n-3	6.14 ± 0.10	6.28 ± 0.27***	6.80 ± 0.47	6.94 ± 0.43
Докозагексаеновая кислота (22 : 6) n-3 Docosahexaenoic acid (22 : 6) n-3	2.54 ± 0.14	3.40 ± 0.14***	4.49 ± 0.17	5.35 ± 0.20**
n-3 ПНЖК n-3 PUFA	9.96 ± 0.52	13.27 ± 0.77**	9.92 ± 0.65	16.69 ± 0.73***
n-6 ПНЖК n-6 PUFA	25.23 ± 0.54	24.78 ± 0.45	21.15 ± 0.57	19.22 ± 0.48*
n-3/n-6 ПНЖК n-3/n-6 PUFA	0.39 ± 0.01	0.54 ± 0.03***	0.47 ± 0.02	0.87 ± 0.05***
20 : 4 n-6/18 : 2 n-6	0.70 ± 0.01	0.72 ± 0.01	0.82 ± 0.08	1.08 ± 0.07*
20 : 4 n-6/20 : 5 n-3	1.64 ± 0.02	1.65 ± 0.02	1.40 ± 0.01	1.44 ± 0.01**

(45,25 ± 0,6% против 41,82 ± 0,56% у пришлых; $p < 0,001$) за счёт роста пальмитиновой и стеариновой кислот в среднем на 8–9% ($p < 0,05$), что определяет высокую активность синтеза жирных кислот, характерного для «северного» типа метаболизма.

Анализ спектров жирных кислот основных структурных фосфолипидов мембран эритроцитов (фосфатидилхолин и фосфатидилэтаноламин) у лиц двух этнических групп показал достоверные различия (табл. 4).

Так, у коренных жителей в составе ФХ возросла сумма насыщенных жирных кислот до 45,67 ± 0,68%, а у пришлых — до 43 ± 0,57% ($p < 0,001$) в результате повышения уровней миристиновой (на 29%; $p < 0,05$), пальмитиновой (на 5%; $p < 0,05$) и стеариновой (на 8%; $p < 0,05$) жирных кислот. В ряду ПНЖК семейства n-3 величина линоленовой кислоты превышала таковой уровень у коренных жителей в 2,8 раза ($p < 0,001$), а докозагексаеновой кислоты — на 34% ($p < 0,001$).

В спектре жирных кислот ФЭ эритроцитарных мембран лиц коренной популяции сумма насыщенных жирных кислот составляла 41,83 ± 0,6%, а у пришлых — 40,36 ± 0,58% за счёт более высокого уровня миристиновой кислоты (в 2 раза; $p < 0,001$). В ряду ПНЖК семейства n-6 отмечалось снижение линолевой кислоты на 44% ($p < 0,001$). В то же время в ряду ПНЖК семейства n-3 следует отметить повышение линоленовой кислоты на 41% ($p < 0,001$) и докозагексаеновой кислоты на 19% ($p < 0,001$).

Из вышеизложенного следует, что этнические особенности липидной составляющей мембран эритроцитов характеризовались различиями как в величинах фосфолипидных фракций и жирных кислот в составе общих липидов мембран, так и в величинах жирных кислот их основных структурных единиц (ФХ и ФЭ), что, возможно, обусловило различия в физиологических характеристиках эритроцитов и их устойчивости к гемолизирующему воздействию.

Обсуждение

Результаты исследования показали, что величины физиологических показателей эритроцитов, а также значения липидных составляющих их мембран имели статистически значимые различия в зависимости от этнической принадлежности обследуемых лиц. Этнические различия в физиологических характеристиках эритроцитов проявлялись в увеличении среднего диаметра и среднего объёма эритроцитов у лиц коренной популяции по сравнению с пришлой. По-видимому, это связано с повышенным потреблением кислорода при холодовом воздействии, увеличении концентрации гемоглобина в эритроцитах, что влияет на их размеры [36]. Длительное воздействие низкой температуры на организм человека приводит к адаптивной перестройке всех регуляторных систем, в том числе наблюдается изменение мембранных липидов [37].

Снижение значения ХС/ФЛ, а также увеличение соотношения СМ/ФХ (наружный монослой бислоевой мембраны) у коренных жителей обусловило рост осмотической устойчивости к гемолизирующему воздействию, так как известно, что СМ в мембране эритроцитов является стабилизатором, а соотношение СМ/ФХ влияет на осмотическую устойчивость эритроцитов [38]. Кроме того, увеличение соотношения СМ/ФХ также повышает термостабильность эритроцитов и длительность их циркуляции в кровяном русле [39]. Замена ФХ на СМ в наружном монослое липидного бислоя, по-видимому, является защитно-приспособительной реакцией не только на снижение уровня ФХ, но, возможно, и на пребывание в условиях гипотермии. В состав СМ преимущественно входят насыщенные жирные кислоты, и эта фракция менее подвержена перекисидации, что очень важно при наличии высоких концентраций гемоглобина, являющегося пусковым механизмом в окислительных процессах.

Модификация фосфолипидного матрикса затронула и внутренний монослой мембранного бислоя эритроцитов, что подтверждает их структурно-функциональные изменения. Отмечалось увеличение коэффициента асимметрии ФЭ + ФС/ФХ + СМ (отношение суммы фосфолипидов с меньшей насыщенностью к сумме фосфолипидов с большей насыщенностью) у лиц коренной популяции. Увеличение отношения легкоокисляемых фосфолипидов к трудноокисляемым фосфолипидам (ФК + ФС + ФЭ + ФИ)/(ФХ + СМ) свидетельствует об уменьшении жёсткости мембраны [40]. Следует отметить, что рост величин метаболически активных фракций (ФС, ФИ, ФК), которые необходимы для функционирования мембраносвязанных ферментов (Na^+ , K^+ -АТФ-аза, кальцийзависимая АТФаза, ферменты дыхательной цепи митохондрий и др.), способствует активации транспортной функции и энергетического обмена [40]. Кроме того, высокий уровень ФК в мембране эритроцитов лиц коренной популяции (на 39% больше) согласуется со снижением уровня ФХ, при синтезе которого используется этот фосфолипид.

Анализ жирнокислотных спектров общих липидов и структурных фосфолипидов мембран эритроцитов — ФХ и ФЭ также выявил этнические различия. Если у лиц пришлой популяции среди ПНЖК в общих липидах мембран эритроцитов преобладали жирные кислоты семейства n-6, то у лиц коренной популяции преобладали жирные кислоты семейства n-3. Таким образом, у коренных жителей действует адаптивно-компенсаторный механизм, который способствует поддержанию ненасыщенности мембранных фосфолипидов за счёт ПНЖК семейства n-3 [41]. При этом соотношение жирных кислот n-3/n-6 в общих липидах у коренных жителей было выше, чем у пришлых. Эти изменения являются результатом активации ферментов десатураз и элонгаз, которые участвуют в процессах синтеза ПНЖК. Расчёт коэффициентов соотношения величин жирных кислот дал возможность охарактеризовать активность этих ферментов. Так, уменьшение величины $20 : 4 \text{ n-6}/18 : 2 \text{ n-3}$ в общих липидах мембран эритроцитов коренных жителей показывает снижение активного метаболизма n-6 ПНЖК, так как это соотношение характеризует $\Delta 6$ -десатуразу. В то же время увеличение соотношения $20 : 4 \text{ n-6}/20 : 5 \text{ n-3}$ в общих липидах мембран эритроцитов этой группы лиц повышает метаболизм n-3 ПНЖК, так как это соотношение характеризует $\Delta 5$ -десатуразу [42].

При исследовании жирнокислотных спектров основных структурных фосфолипидов мембран эритроцитов (ФХ и ФЭ) отмечены аналогичные этнические различия, как и в общих липидах. У коренных жителей в составе ФХ сумма насыщенных жирных кислот и сумма n-3 ПНЖК были выше, чем у пришлых, тогда как сумма n-6 ПНЖК была ниже. В результате соотношение n-3/n-6 у коренных превышало таковую величину у пришлых. В составе жирных кислот ФЭ мембран эритроцитов также прослеживались этнические различия. Сумма насыщенных жирных кислот у коренных жителей имела тенденцию к увеличению, при этом сумма ПНЖК n-3 была выше, а сумма ПНЖК n-6 была ниже, чем у пришлых. В результате соотношение

ПНЖК n-3/n-6 у коренных достоверно превышало таковую величину у пришлых. По-видимому, это обусловлено типом питания: в пище преобладают ПНЖК n-3 над ПНЖК n-6, так как преобладание n-3-десатуразной активности регулируется количеством субстрата [41]. Это согласуется с увеличением содержания докозагексаеновой кислоты ($22 : 6 \text{ n-3}$), что связано с ростом доли её предшественника — α -линоленовой кислоты ($18 : 3 \text{ n-3}$).

Таким образом, проживание в условиях гипотермии и питание преимущественно продуктами морского промысла, содержащими в своём составе ПНЖК семейства n-3, оказывает влияние на количественные характеристики фосфолипидов и их жирных кислот в мембране эритроцитов. Увеличение ненасыщенности жирных кислот как во внешнем, так и внутреннем монослоях мембран эритроцитов (маркёры — ФХ и ФЭ) свидетельствует об их структурных изменениях, которые отражаются на функциональных свойствах (увеличение размеров и повышение устойчивости к гемолизу), формирующихся в процессе адаптации к гипотермии.

Ограничения исследования. Исследование ограничено числом обследованных лиц, проходивших плановый медицинский осмотр в районной больнице.

Заключение

На основании системного биохимического анализа, характеризующего липидную составляющую мембран эритроцитов, их размеры и осмотическую устойчивость к гемолизирующему воздействию, были получены данные об этнических особенностях метаболических реакций у двух этнических групп (коренная популяция и пришлая популяция), проживающих на северных территориях Российской Федерации. У лиц коренной популяции по сравнению с исследованными показателями у лиц пришлой популяции отмечалось увеличение размерных характеристик эритроцитов. Также выявлены различия в фосфолипидном составе их мембран, которые характеризовались снижением величин ФХ и заменой его на СМ, увеличением ФЭ и метаболически активных ФС, ФИ и ФК. В жирнокислотном составе липидов мембран эритроцитов различия характеризовались более высоким уровнем ПНЖК n-3 в составе общих липидов и в составе основных структурных фосфолипидов мембран (ФХ и ФЭ) у лиц коренной популяции, что также является этнической особенностью. Различия в составе ПНЖК в структурах ФХ и ФЭ предполагают появление модифицированных молекулярных видов этих фракций у лиц коренной популяции. По-видимому, этнические особенности в фосфолипидной составляющей мембран эритроцитов у лиц коренной популяции обуславливают различия в размерных характеристиках эритроцитов и увеличение устойчивости клеток к гемолизирующему воздействию. По нашему мнению, это не отклонение от нормы, а один из вариантов обмена веществ у человека.

Наличие этнических особенностей необходимо учитывать при проведении профилактических мероприятий и назначении необходимой терапии выявленных патологий у групп населения конкретной географической зоны.

Литература

(п.п. 5, 16–18, 21, 24–26, 28–32, 38–40 см. References)

1. Аверьянова И.В., Максимов А.Л. Состояние липидного и углеводного обмена у студентов-аборигенов и европеоидов с различными сроками проживания на территории Магаданской области. *Экология человека*. 2015; (9): 44–9. <https://doi.org/10.17816/humecol6990> <https://elibrary.ru/wfruyf>
2. Севостьянова Е.В. Особенности липидного и углеводного метаболизма человека на Севере (литературный обзор). *Бюллетень Сибирской медицины*. 2013; 12(1): 93–100. <https://elibrary.ru/qabarp>
3. Панин Л.Е. Человек в экстремальных условиях Арктики. *Бюллетень Сибирского отделения Российской академии медицинских наук*. 2010; 30(3): 92–8. <https://elibrary.ru/mssfvf>
4. Гончарова С.Н., Костецкий Э.Я., Санина Н.М. Влияние сезонных изменений температуры на липидный состав морских макрофитов. *Физиология растений*. 2004; 51(2): 190–6. <https://elibrary.ru/oxnsth>
5. Коломийцева И.К. Липиды в гериатрии и искусственном гипобиозе млекопитающих (обзор). *Биохимия*. 2011; 76(12): 1604–14. <https://elibrary.ru/onowkl>
6. Кушнерова Н.Ф. Сравнительный анализ метаболических реакций здоровых людей пришлой и коренной популяций Севера. В кн.: *Валеология: Диагностика, средства и практика обеспечения здоровья. Сборник научных трудов. Том 3*. Владивосток: Дальнаука; 1996: 196–202. <https://elibrary.ru/xjpppeg>

Original article

8. Никитин Ю.П., Татаринова О.В., Макаренко К.В. Этнические особенности липидного профиля крови жителей Сибири в возрасте 60–69 лет. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2013; 12(5): 62–7. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2013-5-62-67> <https://elibrary.ru/rflkyt>
9. Рябова Т.И., Попова Т.В. Липидный спектр сыворотки крови у коренного (эвены, нанайцы, ульчи) и пришлого населения Приамурья. *Дальневосточный медицинский журнал*. 2010; (4): 106–8. <https://elibrary.ru/nelsjj>
10. Ефимова Л.П., Кудряшова В.Е. Показатели липидного обмена у аборигенов севера Сибири. *Вестник Санкт-Петербургской медицинской академии им. И.И. Мечникова*. 2009; (1): 66–9. <https://elibrary.ru/nrclor>
11. Воевода М.И., Романова А.Н., Рагина Ю.И., Семаева Е.В. Некоторые особенности факторов риска коронарного атеросклероза у жителей Якутии. *Бюллетень Сибирского отделения Российской академии медицинских наук*. 2010; 30(3): 52–7. <https://elibrary.ru/mssfth>
12. Кривошапкина З.Н., Миронова Г.Е., Семенова Е.И., Олесева Л.Д. Биохимический спектр сыворотки крови как показатель адаптированности жителей Якутии к северным условиям. *Экология человека*. 2015; (11): 19–24. <https://elibrary.ru/uyftnx>
13. Борисова Е.П., Кылбанова Е.С. Показатели липидного профиля у лиц якутской национальности с метаболическим синдромом в сочетании с патологией органов дыхания. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2015; 14(3): 39–42. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2015-3-39-42> <https://elibrary.ru/tzeeqb>
14. Гырголькау Л.А., Щербаклова Л.В., Иванова М.В. Содержание липидов в крови и частота дислипидотемий у коренных жителей Чукотки. *Бюллетень Сибирского отделения Российской академии медицинских наук*. 2011; 31(5): 79–83. <https://elibrary.ru/ouymmqb>
15. Кушнерова Н.Ф., Панченко Л.Ф. Этногенетические различия жирнокислотных спектров у больных алкоголизмом. *Вопросы наркологии*. 1993; (4): 34–8. <https://elibrary.ru/dxspwe>
16. Бойко Е.Р. Физиолого-биохимические основы жизнедеятельности человека на Севере. Екатеринбург; 2005. <https://elibrary.ru/tqogip>
17. Литвякова О.С. Терапевтическая ремиссия алкоголизма у коренного населения Чукотки и ее зависимость от личных характеристик пациента. *Наркология*. 2021; 20(10): 59–68. <https://elibrary.ru/gvyuxa>
18. Меньшиков В.В. *Лабораторные методы исследования в клинике*. М.: Медицина; 1987.
19. Новгородцева Т.П., Эндакова Э.А., Янькова В.И. *Руководство по методам исследования параметров системы «Перекисное окисление липидов – антиоксидантная защита» в биологических жидкостях*. Владивосток; 2003. <https://elibrary.ru/qiftgm>
20. Кейтс М. *Техника липидологии*. Пер. с англ. М.: Мир; 1975.
21. Фоменко С.Е., Кушнерова Н.Ф., Спрыгин В.Г. Эффективность применения липидного экстракта морской зеленой водоросли *Codium fragile* (Suringar) Hariot для репарации мембран эритроцитов мышей при стрессовом воздействии. *Журнал эволюционной биохимии и физиологии*. 2024; 60(1): 73–84. <https://doi.org/10.31857/S0044452924010067> <https://elibrary.ru/zfmpxc>
22. Альбертс Б., Джонсон А., Льюис Д., Рэфф М., Робертс К., Уолтер П. *Молекулярная биология клетки*. Пер. с англ. М.: Ижевск; 2013.
23. Забелинский С.А., Чеботарева М.А., Шуколюкова Е.П., Кривченко А.И. Фосфолипиды, жирные кислоты и гемоглобин крови крыс в условиях стресса (плавание при низкой температуре). *Журнал эволюционной биохимии и физиологии*. 2017; 53(1): 16–22. <https://elibrary.ru/yjhboj>
24. Гуринов В.Н., Гуринов А.В. *Терморегуляция и биологически активные вещества крови*. Минск: Бизнесофсет; 2004.
25. Гуринов В.Н. *Обмен липидов при гипотермии, гипертермии и лихорадке*. Минск: Беларусь; 1986.
26. Покровский А.А. Влияние липидов пищи на структуру и функцию биологических мембран. В кн.: *Липиды. Структура, биосинтез, превращения и функции*. М.: Наука; 1977: 118–30.
27. Эндакова Э.А., Новгородцева Т.П., Светашев В.И. *Модификация состава жирных кислот крови при сердечно-сосудистых заболеваниях*. Владивосток: Дальнаука; 2002. <https://elibrary.ru/yyuxgl>

References

1. Averyanova I.V., Maximov A.L. Lipid and carbohydrate metabolism observed in aboriginal and European students having different terms of residing in territory of Magadan region. *Ekologiya cheloveka*. 2015; (9): 44–9. <https://doi.org/10.17816/humeco16990> <https://elibrary.ru/wfruyt> (in Russian)
2. Sevostyanova Ye.V. Some features of human lipid and carbohydrate metabolism in the North. *Byulleten' Sibirskoi meditsiny*. 2013; 12(1): 93–100. <https://elibrary.ru/qabarp> (in Russian)
3. Panin L.E. Man in extreme conditions in the Arctic. *Byulleten' Sibirskogo otdeleniya Rossiiskoi akademii meditsinskikh nauk*. 2010; 30(3): 92–8. <https://elibrary.ru/mssfvp> (in Russian)
4. Goncharova S.N., Kostetsky E.Ya., Sanina N.M. The effect of seasonal shifts in temperature on the lipid composition of marine macrophytes. *Russian Journal of Plant Physiology*. 2004; 51(2): 169–75. <https://doi.org/10.1023/B:RUPP.0000019209.10747.9d> <https://elibrary.ru/lisncr>
5. Sanina N.M., Goncharova S.N., Kostetsky E.Y. Seasonal changes of fatty acid composition and thermotropic behavior of polar lipids from marine macrophytes. *Phytochemistry*. 2008; 69(7): 1517–27. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2008.01.014> <https://elibrary.ru/llhjix>
6. Kolomyitseva I.K. Lipids in mammalian hibernation and artificial hypobiosis. *Biochemistry (Moscow)*. 2011; 76(12): 1291–9. <https://doi.org/10.1134/S00066297911120029> <https://elibrary.ru/perbnj>
7. Kushnerova N.F. Comparative analysis of metabolic reactions of healthy people in come and native populations of North. In: *Valeology: Diagnosis, Remedies and Practice of Health Maintenance. Collection of Scientific Papers. Volume 3 [Valeologiya: Diagnostika, sredstva i praktika obespecheniya zdorov'ya. Sbornik nauchnykh trudov. Tom 3]*. Vladivostok: Dal'nauka; 1996: 196–202. <https://elibrary.ru/xjppge> (in Russian)
8. Nikitin Yu.P., Tatarinova O.V., Makarenkova K.V. Ethnic features of blood lipid profile in Siberians aged 60–69 years. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika*. 2013; 12(5): 62–7. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2013-5-62-67> <https://elibrary.ru/rflkyt> (in Russian)
9. Ryabova T.I., Popova T.V. Lipid spectrums in blood serum in the natives population (nanais, ulchis, evens) and new comers of the amur river region. *Dal'nevostochnyi meditsinskii zhurnal*. 2010; (4): 106–8. <https://elibrary.ru/nelsjj> (in Russian)
10. Efimova L.P., Kudryashov V.E. Parameters of lipid metabolism in the native population of Siberia north. *Vestnik Sankt-Peterburgskoi meditsinskoi akademii im. I.I. Mechnikova*. 2009; (1): 66–9. <https://elibrary.ru/nrclor> (in Russian)
11. Voevoda M.I., Romanova A.N., Ragino Yu.I., Semaeva E.V. Some features of coronary atherosclerosis risk factors in the inhabitants of Yakutia. *Byulleten' Sibirskogo otdeleniya Rossiiskoi akademii meditsinskikh nauk*. 2010; 30(3): 52–7. <https://elibrary.ru/mssfth> (in Russian)
12. Krivoshepkina Z.N., Mironova G.E., Semyonova E.I., Olesova L.D. Biochemical spectrum of blood serum as indicator of Yakutia residents adaptedness to northern conditions. *Ekologiya cheloveka*. 2015; (11): 19–24. <https://elibrary.ru/uyftnx> (in Russian)
13. Borisova E.P., Kылбанова Е.С. Lipid profile parameters in the persons of Yakut ethnicity with metabolic syndrome comorbid with respiratory pathology. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika*. 2015; 14(3): 39–42. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2015-3-39-42> <https://elibrary.ru/tzeeqb> (in Russian)
14. Gyrkol'kau L.A., Shcherbakova L.V., Ivanova M.V. The content of lipids in the blood and the frequency of dyslipoproteinemia in the indigenous inhabitants of Chukotka. *Byulleten' Sibirskogo otdeleniya Rossiiskoi akademii meditsinskikh nauk*. 2011; 31(5): 79–83. <https://elibrary.ru/ouymmqb> (in Russian)
15. Kushnerova N.F., Panchenko L.F. Ethnogenetic differences in fatty acid spectra in patients with alcoholism. *Voprosy narkologii*. 1993; (4): 34–8. <https://elibrary.ru/dxspwe> (in Russian)
16. Aminov Z., Haast R., Olson J.R. Racial differences in levels of serum lipids and effects of exposure to persistent organic pollutants on lipid levels in residents of Anniston, Alabama. *Environ. Int.* 2014; 73: 216–23. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2014.07.022>
17. Sumner A.E., Vega G.L., Genovese D.J., Finley K.B., Bergman R.N., Boston R.C. Normal triglyceride levels despite insulin resistance in African Americans: role of lipoprotein lipase. *Metabolism*. 2005; 54(7): 902–9. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2005.03.001>
18. Willey J.Z., Rodriguez C.J., Carlino R.F., Moon Y.P., Paik M.C., Boden-Albala B., et al. Race-ethnic differences in the association between lipid profile components and risk of myocardial infarction: The Northern Manhattan Study. *Am. Heart J.* 2011; 161(5): 886–92. <https://doi.org/10.1016/j.ahj.2011.01.018>
19. Boiko E.R. *Physiological and Biochemical Foundations of Human Activity in the North [Fiziologo-biokhimicheskie osnovy zhiznedejatel'nosti cheloveka na Severe]*. Ekaterinburg; 2005. <https://elibrary.ru/tqogip> (in Russian)
20. Litvyakova O.S. Therapeutic remission of alcoholism in the indigenous population of Chukotka and its dependence on the personal characteristics of the patient. *Narkologiya*. 2021; 20(10): 59–68. <https://elibrary.ru/gvyuxa> (in Russian)
21. Crabb D.W., Matsumoto M., Chang D., You M. Overview of the role of alcohol dehydrogenase and aldehyde dehydrogenase and their variants in the genesis of alcohol-related pathology. *Proc. Nutr. Soc.* 2004; 63(1): 49–63. <https://doi.org/10.1079/pns2003327>
22. Men'shikov V.V. *Laboratory Methods of Research in the Clinic [Laboratornye metody issledovaniya v klinike]*. Moscow: Meditsina; 1987. (in Russian)
23. Novgorodtseva T.P., Endakova E.A., Yan'kova V.I. *Guide to Methods for Studying the Parameters of the System «Perexic Lipid Oxidation – Antioxidant Protection» in Biological Fluids [Rukovodstvo po metodam issledovaniya parametrov sistemy «Perekisnoe okislenie lipidov – antioksidantnaya zashchita» v biologicheskikh zhidkostyakh]*. Vladivostok; 2003. <https://elibrary.ru/qiftgm> (in Russian)
24. Folch J., Lees M., Sloane Stanley G.H. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *J. Biol. Chem.* 1957; 226(1): 497–509.
25. Svetashev V.I., Vaskovsky V.E. A simplified technique for thin-layer microchromatography of lipids. *J. Chromatogr.* 1972; 67(2): 376–8. [https://doi.org/10.1016/s0021-9673\(01\)91245-2](https://doi.org/10.1016/s0021-9673(01)91245-2) <https://elibrary.ru/zzbhvp>
26. Rouser G., Kritchevsky G., Yamamoto A. *Lipid Chromatographic Analysis. Volume 1*. New York: Marcell Dekker Inc; 1967: 99–162.
27. Kates M. *Techniques of Lipidology: Isolation, Analysis and Identification of Lipids*. New York; 1972: 129–41.
28. Vaskovsky V.E., Kostetsky E.Y., Vasendin I.M. A universal reagent for phospholipid analysis. *J. Chromatogr.* 1975; 114(1): 129–41. [https://doi.org/10.1016/s0021-9673\(00\)85249-8](https://doi.org/10.1016/s0021-9673(00)85249-8) <https://elibrary.ru/zyxwgj>

29. Amenta J.S. A rapid chemical method for quantification of lipids separated by thin-layer chromatography. *J. Lipid. Res.* 1964; 5: 270–2.
30. Carreau J.P., Dubacq J.P. Adaptation of a macro-scale method to the micro-scale for fatty acid methyl transesterification of biological lipid extracts. *J. Chromatogr. A.* 1978; 151: 384–90. [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(00\)88356-9](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(00)88356-9)
31. Christie W.W. Equivalent chain-lengths of methyl ester derivatives of fatty acids on gas chromatography. A reappraisal. *J. Chromatogr. A.* 1988; 447(3): 305–14. [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(01\)91490-6](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(01)91490-6)
32. Adibhatla R.M., Hatcher J.F. Phospholipase A(2), reactive oxygen species and lipid peroxidation in CNS pathologies. *BMB Rep.* 2008; 41(8): 560–7. <https://doi.org/10.5483/bmbrep.2008.41.8.560> <https://elibrary.ru/hrysux>
33. Fomenko S.E., Kushnerova N.F., Sprygin V.G. Marine green alga *Codium fragile* lipid extract promotes erythrocyte membrane repair in stress-exposed mice. *Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology.* 2024; 60(1): 72–83. <https://doi.org/10.1134/S002209302401006X> <https://elibrary.ru/fimjwz>
34. Alberts B., Johnson A., Lewis J., Raff M., Roberts K., Walter P. *Molecular Biology of the Cell.* New York: Garland Science; 2008.
35. Zabelinskii S.A., Chebotareva M.A., Shukolyukova E.P., Krivchenko A.I. Phospholipids, fatty acids and hemoglobin in rat erythrocytes under stress conditions (swimming at low temperature). *Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology.* 2017; 53(1): 17–24. <https://doi.org/10.1134/S0022093017010021> <https://elibrary.ru/yvmfwf>
36. Gurin V.N., Gurin A.V. *Thermoregulation and Biologically Active Substances of Blood [Termoregulyatsiya i biologicheski aktivnye veshchestva krovi]*. Minsk: Biznesofset; 2004. (in Russian)
37. Gurin V.N. *Lipid Metabolism During Hypothermia, Hyperthermia and Fever [Obmen lipidov pri gipotermii, gipertermii i likhoradke]*. Minsk: Belarus'; 1986. (in Russian)
38. Gomara M.J., Nir S., Nieva J.L. Effects of sphingomyelin on melittin pore formation. *Biomembranes.* 2003; 1612: 83–9. [https://doi.org/10.1016/S0005-2736\(03\)00107-X](https://doi.org/10.1016/S0005-2736(03)00107-X) <https://elibrary.ru/xqbrjn>
39. Ivanov I.T. Allometric dependence of the life span of mammal erythrocytes on thermal stability and sphingomyelin content of plasma membranes. *Comp. Biochem. Physiol. A Mol. Integr. Physiol.* 2007; 147(4): 876–84. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2007.02.016> <https://elibrary.ru/mfmvfe>
40. Broncel M., Chojnowska-Jezierska J., Koter-Mikhalak M., Franiak I. Erythrocyte fluidity in patients with hyperlipidemia during statins therapy. *Pol. Arch. Med. Wewn.* 2005; 113(6): 531–5. (in Polish)
41. Pokrovskii A.A. Effects of food lipids on the structure and function of biological membranes. In: *Lipids. Structure, Biosynthesis, Transformations and Functions [Lipidy. Struktura, biosintez, prevrashcheniya i fuktsii]*. Moscow: Nauka; 1977: 118–30. (in Russian)
42. Endakova E.A., Novgorodtseva T.P., Svetashev V.I. *Modification of Blood Fatty Acids Composition in Case of Cardio-Vascular Diseases [Modifikatsiya sostava zhirnykh kislot krovi pri serdechno-sosudistykh zabolevaniyakh]*. Vladivostok: Dal'nauka; 2002. <https://elibrary.ru/yyxgcl> (in Russian)

Сведения об авторах

Кушнерова Наталья Федоровна, доктор биол. наук, профессор, зав. лаб. биохимии ТОИ ДВО РАН, 690041, Владивосток, Россия. E-mail: natasha50@mail.ru

Рахманин Юрий Анатольевич, доктор мед. наук, профессор, академик РАН, Заслуженный деятель науки РФ, гл. науч. сотр. НИИ ЭЧ и ГОС им. А.Н. Сысина ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, 119121, Москва, Россия. E-mail: YuRakhmanun@csfmba.ru

Момот Татьяна Викторовна, доктор мед. наук, профессор каф. биологической химии Института цифрового биодизайна и моделирования живых систем ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), 119991, Москва, Россия. E-mail: momot_t_v@staff.sechenov.ru

Рыжова Ирина Николаевна, канд. мед. наук, вед. специалист отд. гигиены, НИИ ЭЧ и ГОС им. А.Н. Сысина ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, 119121, Москва, Россия. E-mail: IRyzhova@csfmba.ru

Фоменко Светлана Евгеньевна, канд. биол. наук, вед. науч. сотр. лаб. биохимии ТОИ ДВО РАН, 690041, Владивосток, Россия. E-mail: sfomenko@poi.dvo.ru

Спрыгин Владимир Геннадьевич, канд. биол. наук, вед. науч. сотр. лаб. биохимии ТОИ ДВО РАН, 690041, Владивосток, Россия. E-mail: vsprygin@poi.dvo.ru

About the authors

Natalya F. Kushnerova, DSc (Biology), professor, head, Laboratory of Biochemistry, V. I. Ilyichev Pacific Oceanological Institute, Far Eastern Branch of the RAS, Vladivostok, 690041, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-6476-0039> E-mail: natasha50@mail.ru

Yuri A. Rakhmanin, DSc (Medicine), professor, academician of the Russian Academy of Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation, chief researcher, A.N. Sytin Research Institute of Human Ecology and Environmental Health, Centre for Strategic Planning of the Federal medical biological agency, Moscow, 119121, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-2067-8014> E-mail: YuRakhmanun@csfmba.ru

Tatiana V. Momot, DSc (Medicine), professor, Department of Biological Chemistry, Institute of Digital Biodesign and Modeling of Living Systems, Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), 119991, Moscow, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-3873-0343> E-mail: momot_t_v@staff.sechenov.ru

Irina N. Ryzhova, MD, PhD, leading specialist, Department of Hygiene, A.N. Sytin Research Institute of Human Ecology and Environmental Hygiene, Centre for Strategic Planning of the Federal medical biological agency, Moscow, 119121, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-0696-5359> E-mail: IRyzhova@csfmba.ru

Svetlana E. Fomenko, PhD (Biology), leading researcher, Laboratory of Biochemistry, V. I. Ilyichev Pacific Oceanological Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, 690041, Vladivostok, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-0261-0190> E-mail: sfomenko@poi.dvo.ru

Vladimir G. Sprygin, PhD (Biology), leading researcher, Laboratory of Biochemistry, V. I. Ilyichev Pacific Oceanological Institute, Far Eastern Branch of the RAS, 690041, Vladivostok, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-7400-909X> E-mail: vsprygin@poi.dvo.ru