

### **РИСК ЭНДОТЕЛИАЛЬНОЙ ДИСФУНКЦИИ И ОБЩАЯ АНТИОКСИДАНТНАЯ СПОСОБНОСТЬ У МОРЯКОВ В УСЛОВИЯХ АРКТИЧЕСКОГО РЕЙСА<sup>1</sup>**

*Н.А. Воробьева*\*/\*\* ORCID: [0000-0001-6613-2485](https://orcid.org/0000-0001-6613-2485)

*А.И. Воробьева*\* ORCID: [0000-0003-4817-6884](https://orcid.org/0000-0003-4817-6884)

*А.А. Марусий*\* ORCID: [0000-0002-7908-0183](https://orcid.org/0000-0002-7908-0183)

\*Северный государственный медицинский университет  
(г. Архангельск)

\*\*Северный филиал ФГБУН «Национальный медицинский исследовательский центр гематологии»  
(г. Архангельск)

Одним из направлений клинической медицины является исследование механизмов адаптации сосудистого эндотелия к экстремальным условиям Арктики. Цель данной работы – определить возможную взаимосвязь развития дисфункции эндотелия и антиоксидантной системы с модифицируемыми факторами риска в условиях кратковременного трансширотного рейса в Арктике. В исследование были включены 32 члена экипажа судна «Михаил Сомов» во время морской научной экспедиции «Трансарктика–2019». Забор образцов венозной крови осуществлялся до выхода судна в рейс (нулевая точка – г. Архангельск (64°33' с. ш. 40°32' в. д.)) и в самой высокой по широте точке экспедиции – о. Хейса (80°34' с. ш. 57°41' в. д.). Иммуноферментным методом определялись концентрация эндотелина-1 и общая антиоксидантная способность сыворотки крови. В результате исследования получены значимые различия (критерий Стьюдента:  $t = -3,6532$ ;  $df = 31$ ;  $p < 0,001$ ) концентрации эндотелина-1 в крови моряков в нулевой (4,79±2,10 пг/мл) и высокой точке (7,02±2,42 пг/мл), что свидетельствует о вазоконстрикции – раннем признаке формирования дезадаптации сосудистого эндотелия. У 84,4 % членов экипажа в высокой точке выявлена высокая общая антиоксидантная способность сыворотки крови, что может свидетельствовать о компенсации механизмов антиоксидантной защиты. Общая антиоксидантная способность сыворотки крови у курящих моряков была статистически значимо выше, чем у не курящих. При этом преобладание среди членов экипажа высокой антиоксидантной активности свидетельствует о повышенной окислительной нагрузке на организм моряков по нейтрализации избыточного количества активных форм кислорода.

**Ключевые слова:** морская медицина, дисфункция эндотелия, эндотелин-1, общая антиоксидантная способность, трансширотный рейс, Арктика.

---

<sup>1</sup>Исследование выполнено при поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 18-00-00814-КОМФИ (18-00-00478)).

**Ответственный за переписку:** Воробьева Надежда Александровна, адрес: 163001, г. Архангельск, просп. Троицкий, д. 51; e-mail: nadejdav0@gmail.com

**Для цитирования:** Воробьева Н.А., Воробьева А.И., Марусий А.А. Риск эндотелиальной дисфункции и общая антиоксидантная способность у моряков в условиях арктического рейса // Журн. мед.-биол. исследований. 2021. Т. 9, № 2. С. 192–200. DOI: 10.37482/2687-1491-Z057

Активное освоение территории Арктики является одним из приоритетных направлений в национально-стратегическом развитии Российской Федерации. В 2013 году президентом РФ была утверждена «Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года» [1]. Северные районы РФ занимают 11 млн км<sup>2</sup>, или 2/3 от всей территории страны, при этом только площадь Арктической зоны РФ, располагающейся севернее Полярного круга, составляет 3,1 млн км<sup>2</sup>, или 18 % от всей территории РФ [2].

Исторически жизнедеятельность в регионах Крайнего Севера сопровождалась большим числом социально-экономических и медицинских проблем [3]. Вследствие постоянно возрастающего интереса к Арктике увеличивается популяция людей, подвергающихся постоянному или кратковременному воздействию экстремальных условий окружающей среды Крайнего Севера. Как правило, пребывание в Арктике носит временный (вахтовый) характер, что, в свою очередь, не позволяет выработать устойчивую модель механизмов компенсации влияния неблагоприятных факторов и, как следствие, адаптационных механизмов защиты [2, 4, 5]. Климатогеографические, психоэмоциональные условия Арктики неблагоприятно воздействуют на состояние гомеостаза человека, нарушая его циркадные ритмы, образ жизни, алиментарный и психоэмоциональный статус. По мнению С.Г. Кривошекова и С.В. Охотникова, «здоровье людей, осваивающих приполярные и полярные районы, подвергается повышенному риску. Ситуация усугубляется при вахтовых и вахтово-экспедиционных методах организации труда. <...> Сформировалось представление о неблагоприятном влиянии межрегиональных перемещений людей на их здоровье» [6]. В связи с этим адаптационные возможности организма человека в Арктике находятся в постоянном напряжении, которое приводит к декомпенсации адаптации и, как следствие, формирова-

нию новых или прогрессированию уже существующих заболеваний [7, 8].

По официальным данным, в 2005–2017 годах уровень первичной заболеваемости населения, проживающего в районах Крайнего Севера, составил (931,9±7,6) ‰, у населения всей России данный показатель оказался статистически значимо ниже – (781,0±4,5) ‰ ( $p < 0,001$ ) [2, 7]. При этом важно отметить, что, по данным Федеральной службы государственной статистики, в структуре причин смертности населения России лидирующую позицию занимают болезни системы кровообращения. Так, в 2018 году смертность от болезней системы кровообращения составила 579,6 человек на 100 000 населения, а в 2019 году – 573,7 человек на 100 000 населения [8]. В патогенезе развития сосудистой патологии существенную роль играет эндотелиальная дисфункция (ЭД), которая является универсальным механизмом реализации многих факторов риска развития сердечно-сосудистых событий [9–12].

Еще один ключевой фактор формирования синдрома полярного напряжения – окислительный стресс: постоянное образование большого количества свободнорадикальных продуктов постепенно истощает антиоксидантную защиту организма и запускает процессы перекисного окисления липидов, которые оказывают повреждающее воздействие на клеточные мембраны и эндотелий [10]. По отдельным данным, липидная гиперпероксидация является одним из ведущих патогенетических механизмов в развитии у северян ишемической болезни сердца и артериальной гипертензии [5]. В связи с этим актуальным направлением превентивной медицины является исследование механизмов адаптации сосудистого эндотелия к экстремальным условиям Арктики.

Цель данной работы – определить возможную взаимосвязь развития дисфункции эндотелия и антиоксидантной системы с модифицируемыми факторами риска у моряков в условиях кратковременного траншпиротного рейса в Арктике.

**Материалы и методы.** Проспективное клинико-лабораторное исследование было проведено в период с 1 мая по 15 июня 2019 года, во время комплексной морской научной экспедиции «Трансарктика–2019», выполняемой в рамках проекта Росгидромета. Обследованы 32 члена экипажа научно-исследовательского судна «Михаил Сомов».

Критериями включения в исследование явились: письменное добровольное информированное согласие на участие в исследовании; возраст старше 18 лет. Критерии исключения: отказ от участия в исследовании; возраст младше 18 лет; прием биологически-активных добавок или лекарственных средств из группы антиоксидантов.

Исследование было рассмотрено и одобрено локальным этическим комитетом Северного государственного медицинского университета (СГМУ), проводилось в соответствии с принципами Хельсинкской декларации.

Материалом для исследования послужила венозная кровь, полученная путем венепункции локтевой вены. Забор венозной крови осуществлялся с помощью вакуумной системы Ampulab (Корея) с ЭДТА-К3. Полученные образцы крови центрифугировались при скорости 3000 об./мин в течение 15 мин, плазма и сыворотка переносились в микропробирки объемом 0,5 мл, замораживались и хранились в низкотемпературном морозильнике Thermo Scientific Forma 7000 при температуре  $-70^{\circ}\text{C}$ . Забор образцов венозной крови проводился: 1) в нулевой точке (г. Архангельск –  $64^{\circ}33'$  с. ш.  $40^{\circ}32'$  в. д.) до выхода судна в рейс – на кафедре клинической фармакологии и фармакотерапии СГМУ; 2) в самой высокой по широте точке экспедиции (о. Хейса –  $80^{\circ}34'$  с. ш.  $57^{\circ}41'$  в. д.) – на борту судна «Михаил Сомов» (18–20-е сутки плавания).

Лабораторные исследования после возвращения судна из рейса выполнялись в лаборатории гемостаза и атеротромбоза Регионального центра антитромботической терапии ГБУЗ Архангельской области «Первая городская

клиническая больница им. Е.Е. Волосевич» (г. Архангельск). Концентрация эндотелина-1 (ЭТ-1) в сыворотке крови определялась твердофазным иммуноферментным методом с использованием набора Endothelin-1 Quantikine ELISA Kit (референсный диапазон 1–3 пг/мл). Для оценки состояния антиоксидантной системы устанавливалась общая антиоксидантная способность сыворотки (ОАОС) при помощи набора реагентов ImAnOx (TAS/TAC) Kit (Immundiagnostik, Германия). Для оценки ОАОС применялись референсные нормы, рекомендованные производителями наборов: менее 280 мкмоль/л – низкая; от 280 до 320 мкмоль/л – средняя; более 320 мкмоль/л – высокая.

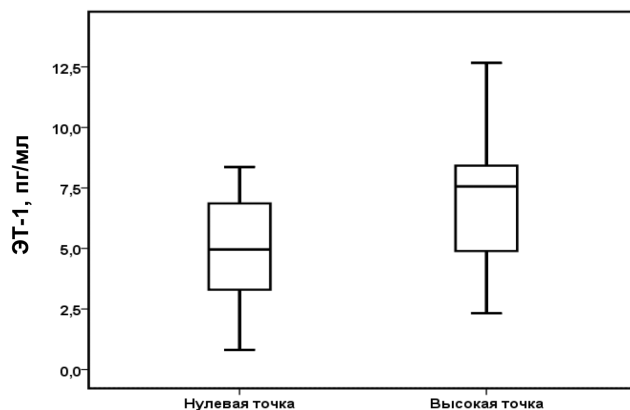
Статистическая обработка данных, полученных в ходе исследования, проводилась с использованием методов описательной и аналитической статистики в программе SPSS Statistics 23.0. Характер распределения данных оценивался с помощью критерия Шапиро–Уилка. Считалось, что распределение данных отличается от нормального при статистическом уровне значимости  $p < 0,05$ . При описании полученных данных, распределение которых не отличалось от нормального, использовались среднее арифметическое значение и стандартное отклонение в формате  $M \pm \sigma$ . Данные, распределение которых отличалось от нормального, представлены в виде медианы ( $Me$ ), первого ( $Q_1$ ) и третьего ( $Q_3$ ) квартилей. Для сравнения зависимых выборок с нормальным типом распределения применялся парный критерий Стьюдента, для сравнения независимых выборок с нормальным типом распределения –  $t$ -критерий Стьюдента для независимых выборок, для сравнения независимых выборок с типом распределения, отличающимся от нормального, – критерий Манна–Уитни. Различия между группами считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ . Оценка взаимосвязи между двумя переменными производилась с помощью коэффициента ранговой корреляции Спирмена.

**Результаты.** Всего обследовано 32 моряка судна «Михаил Сомов» в возрасте 36 (20–63) лет: 29 (90,6 %) мужчин и 3 (9,4 %) женщины. На момент проведения первичного осмотра и анкетирования общий стаж работы в Арктической зоне РФ был отмечен: больше 5 лет – у 11 моряков (34,4 %), от 1 до 5 лет – у 15 (46,85 %), меньше 1 года – у 4 (12,5 %); впервые находились в Арктической зоне РФ 2 человека (6,25 %). Анализ возможных модифицирующих факторов риска развития ЭД показал следующее. Табакокурение присутствовало у большинства моряков (на момент осмотра курящими являлись 19 человек (59,40 %), курение в анамнезе отмечено у 3 человек (9,35 %), некурящие – 10 человек (31,25 %)); употребление алкоголя характерно: до 1-2 раз в месяц – для 11 моряков (34,4 %), до 1 раза в неделю – для 3 (9,4 %), эпизодическое – для 5 (15,6 %), отказ от алкоголя – для 13 (40,6 %). При анализе анамнеза имели место факторы риска развития ЭД: артериальная гипертензия отмечена у 7 человек (21,9 %), поясничный остеохондроз – у 5 (15,6 %), гастродуоденит – у 2 (6,25 %), избыточная мас-

са тела (индекс массы тела 25–30 кг/м<sup>2</sup>) – у 13 (40,63 %), ожирение первой степени (индекс массы тела 30–35 кг/м<sup>2</sup>) – у 6 (18,74 %) человек (индекс массы тела 18–25 кг/м<sup>2</sup> зафиксирован у 13 моряков (40,63 %)).

В качестве маркера дисфункции эндотелия нами был использован уровень ЭТ-1, исследование было выполнено в нулевой точке (до выхода судна в рейс – г. Архангельск) и в самой высокой по широте точке (о. Хейса). Во время трансширотного рейса были получены статистически значимые различия ( $t = -3,6532$ ,  $df = 31$ ,  $p < 0,001$ ) концентрации ЭТ-1 в сыворотке крови моряков ( $M \pm \sigma$ ): в нулевой точке –  $4,79 \pm 2,10$  пг/мл ( $Q_1 = 0,814$  пг/мл;  $Q_3 = 8,369$  пг/мл); в высокой точке –  $7,02 \pm 2,42$  пг/мл ( $Q_1 = 2,321$  пг/мл;  $Q_3 = 12,662$  пг/мл). Данные свидетельствовали о наличии исходной дисфункции эндотелия у 43 % моряков и значимом ее прогрессировании до 90,6 % по мере продвижения судна в высокие широты (см. рисунок).

Определение ОАОС для оценки функционального состояния антиоксидантной системы организма человека было выполнено однократ-



Сравнение концентрации эндотелина-1 в сыворотке крови членов экипажа трансширотного рейса «Трансарктика–2019» в нулевой (г. Архангельск) и высокой по широте (о. Хейса) точках ( $M \pm \sigma$ )

Comparison of endothelin-1 serum concentration in the crew members of the TransArctic–2019 translatitudinal expedition at the zero (Arkhangelsk) and high (Hayes Island) points ( $M \pm \sigma$ )

но в высокой точке исходя из того, что данный показатель изменяется в условиях развития оксидативного стресса и/или при проведении антиоксидантной терапии, что было исключено в нулевой точке. Исследование показало высокую антиоксидантную способность в высокой точке у 27 моряков и среднюю антиоксидантную способность у 5 человек. ОАОС в исследуемой группе составила 370 (354,5–381,5) мкмоль/л.

Следующим этапом исследования явился анализ влияния модифицирующих факторов развития ЭД на динамику концентрации ЭТ-1 и общей антиоксидантной способности организма. Был проведен сравнительный анализ концентрации ЭТ-1 в нулевой и высокой точках, общей ОАОС в зависимости от факторов риска (см. таблицу).

В ходе сравнительного анализа не было получено статистически значимых отличий концентрации ЭТ-1 в нулевой и высокой точках в зависимости от таких внешних предикторов, как употребление алкоголя, табакокурение, стаж

работы в Арктической зоне РФ. При этом статистически значимые различия были получены по показателю ОАОС в зависимости от табакокурения: ОАОС у курящих моряков была статистически значимо выше, чем у не курящих.

Анализ не показал статистически значимых корреляций: между ОАОС и концентрацией ЭТ-1 в высокой точке ( $k = 0,256$ ;  $p = 0,142$ ); между возрастом и концентрацией ЭТ-1 в нулевой точке ( $k = -0,171$ ;  $p = 0,349$ ); между возрастом и концентрацией ЭТ-1 в высокой точке ( $k = -0,260$ ;  $p = 0,150$ ); между возрастом и ОАОС ( $k = -0,010$ ;  $p = 0,959$ ).

**Обсуждение.** Суровые климатогеографические условия высоких широт Арктики предъявляют к организму моряков повышенные требования по компенсации гомеостаза. В результате на поддержание гомеостаза организма в целом и сердечно-сосудистой системы в частности используются дополнительные ресурсы, недостаточность или истощение которых в совокупности с действием индивидуальных факторов риска вызывает состояние дезадапта-

**ПОКАЗАТЕЛИ ЭТ-1, ОАОС В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УПОТРЕБЛЕНИЯ АЛКОГОЛЯ, КУРЕНИЯ, СТАЖА РАБОТЫ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РФ**

**PARAMETERS OF ENDOTHELIN-1 AND TOTAL ANTIOXIDANT CAPACITY DEPENDING ON ALCOHOL CONSUMPTION, SMOKING, AND LENGTH OF SERVICE IN THE ARCTIC ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION**

Предиктор	n	Возраст, М±σ, годы	ЭТ-1, М±σ, пг/мл		ОАОС, Ме (Q <sub>1</sub> ; Q <sub>3</sub> ), мкмоль/л
			в нулевой точке	в высокой точке	
Табакокурение	19 (59,4 %)	36,32±12,46	4,86±2,10	7,38±2,22	373 (364; 383)*
Отказ от табакокурения	13 (40,6 %)	42,62±14,47	4,69±2,19	6,49±2,69	355 (294,5; 376)*
Употребление алкоголя больше 1-2 раз в месяц	14 (43,7 %)	35,43±11,71	4,80±2,21	6,22±2,60	370 (352,75; 381,25)
Употребление алкоголя меньше 1-2 раз в год	18 (56,3 %)	41,56±14,42	4,79±2,08	7,64±2,14	368 (350,75; 383)
Стаж меньше 1 года	8 (25,0 %)	33,75±11,38	4,99±2,67	6,62±2,57	371,5 (313; 383,75)
Стаж больше 1 года	24 (75,0 %)	40,58±13,87	4,73±1,94	7,15±2,41	366 (353,5; 382,5)

Примечание: \* – установлены значимые отличия показателя в зависимости от табакокурения ( $U = 68$ ;  $p = 0,033$ ).

ции (синдром полярного напряжения). Нагрузка, которую испытывают адаптационные механизмы моряков в условиях Крайнего Севера, во многом обусловлена дефицитом нутриентов (витаминов, минералов) в рационе питания и воздействием комплекса метеорологических и гелиофизических факторов [5, 6, 11].

В настоящее время считается доказанным, что в патогенезе многих заболеваний лежат механизмы активации окислительных процессов, сопровождающиеся угнетением антиоксидантной защиты [10]. В экспериментальном исследовании [13] показано, что концентрация ЭТ-1 в плазме крови наиболее высока у пациентов с артериальной гипертензией (АГ), сочетающейся с атеросклеротическим поражением артерий, а также у пациентов, перенесших мозговые инсульты или транзиторные ишемические атаки. Также было установлено, что у пациентов в возрасте от 20 до 45 лет с АГ I степени концентрация ЭТ-1 в 2 и более раз выше по сравнению со здоровыми лицами; данный факт указывает на риск развития сердечно-сосудистых осложнений и стенокардических состояний.

В нашем исследовании было выявлено, что в условиях кратковременного транширотного арктического рейса в крови моряков статистически значимо увеличивается уровень ЭТ-1, что, возможно, свидетельствует о первых лабораторных признаках формирования дезадаптации сосудистого эндотелия в виде состояния вазоконстрикции при нахождении человека в высоких широтах. С нашей точки зрения, важно отметить, что у 84,4 % членов экипажа в высокой точке на 18–20-е сутки нахождения в высоких широтах была отмечена высокая общая

антиоксидантная способность, а у остальных моряков – средняя антиоксидантная способность, что можно интерпретировать как достаточность механизмов антиоксидантной защиты на данном этапе арктического рейса. При этом преобладание среди членов экипажа высокой ОАОС, по нашему мнению, свидетельствует о повышенной окислительной нагрузке на организм моряков исходя из того, что антиоксидантная система адаптирована к нейтрализации избыточного количества активных форм кислорода. Важно отметить, что в исследуемой группе у курящих моряков ОАОС была значительно выше, чем у некурящих; это требует дополнительного изучения и анализа.

Результаты, полученные в ходе данного исследования, демонстрируют неблагоприятное влияние климатогеографических условий Крайнего Севера на состояние сосудистого эндотелия в виде прогрессирования ЭД. Однако данная работа рассматривает изменение лишь одного из возможных маркеров дисфункции эндотелия [14–16]. В связи с этим возникает необходимость дальнейшего комплексного анализа и мониторинга маркеров развития ЭД в период адаптации моряков к арктическим условиям. В перспективе это позволит внедрить мониторинг наиболее значимых и информативных маркеров дезадаптации эндотелия и антиоксидантного статуса в практику морской медицины для более эффективного анализа состояния здоровья моряков, работающих в условиях Арктической зоны РФ.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией статьи.

## Список литературы

1. Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года: указ Президента Рос. Федерации от 20 февр. 2013 г. № 232. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. Евдокимов В.И. Циркумпольярная медицина: метаанализ отечественных научных статей (2005–2018 гг.). СПб.: Политехника-сервис, 2019. 267 с.
3. Синенко П.В. Особенности социально-экономического развития районов Крайнего Севера и Арктической зоны Российской Федерации // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2016. № 12. С. 18–25.

4. Депутат И.С., Дерябина И.Н., Нехорошкова А.Н., Грибанов А.В. Влияние климатоэкологических условий Севера на процессы старения // Журн. мед.-биол. исследований. 2017. Т. 5, № 3. С. 5–17. DOI: [10.17238/issn2542-1298.2017.5.3.5](https://doi.org/10.17238/issn2542-1298.2017.5.3.5)
5. Солонин Ю.Г., Бойко Е.Р. Медико-физиологические проблемы в Арктике // Изв. Коми науч. центра Урал. отд-ния РАН. 2017. № 4(32). С. 33–40.
6. Кривошеков С.Г., Охотников С.В. Производственные миграции и здоровье человека на Севере. Новосибирск, 2000. 118 с.
7. Российский статистический ежегодник. 2018: стат. сб. / Росстат. М., 2018. 694 с.
8. Сведения о смертности населения по причинам смерти по Российской Федерации за январь–декабрь 2019 года. URL: [https://www.gks.ru/free\\_doc/2019/demo/edn12-19.htm](https://www.gks.ru/free_doc/2019/demo/edn12-19.htm) (дата обращения: 15.04.2021).
9. Вьюницкая Л.В. Маркеры дисфункции эндотелия // Лаб. диагностика. Вост. Европа. 2015. № 3-4(15-16). С. 37–51.
10. Зинчук В.В., Глебов А.Н. NO-зависимые механизмы формирования кислородсвязывающих свойств крови при окислительном стрессе // Журн. Гродн. гос. мед. ун-та. 2007. № 1. С. 139–142.
11. Хаснулин В.И., Хаснулин П.В. Современные представления о механизмах формирования северного стресса у человека в высоких широтах // Экология человека. 2012. № 1. С. 3–11.
12. Aird W.C. Phenotypic Heterogeneity of the Endothelium: I. Structure, Function, and Mechanisms // Circ. Res. 2007. Vol. 100, № 2. P. 158–173. DOI: [10.1161/01.RES.0000255691.76142.4a](https://doi.org/10.1161/01.RES.0000255691.76142.4a)
13. Шурыгин М.Г., Шурыгина И.А., Каня О.В., Дремнина Н.Н., Лушиникова Е.Л., Непомнящих Л.М. Значение повышения продукции эндотелина при инфаркте миокарда // Фундам. исследования. 2015. № 1-6. С. 1281–1287.
14. Ho E., Karimi Galoughi K., Liu C.C., Bhindi R., Figtree G.A. Biological Markers of Oxidative Stress: Applications to Cardiovascular Research and Practice // Redox Biol. 2013. Vol. 1, № 1. P. 483–491. DOI: [10.1016/j.redox.2013.07.006](https://doi.org/10.1016/j.redox.2013.07.006)
15. Strobel N.A., Fassett R.G., Marsh S.A., Coombes J.S. Oxidative Stress Biomarkers as Predictors of Cardiovascular Disease // Int. J. Cardiol. 2011. Vol. 147, № 2. P. 191–201. DOI: [10.1016/j.ijcard.2010.08.008](https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2010.08.008)
16. Rochette L., Lorin J., Zeller M., Guillard J.C., Lorgis L., Cottin Y., Vergely C. Nitric Oxide Synthase Inhibition and Oxidative Stress in Cardiovascular Diseases: Possible Therapeutic Targets? // Pharmacol. Ther. 2013. Vol. 140, № 3. P. 239–257. DOI: [10.1016/j.pharmthera.2013.07.004](https://doi.org/10.1016/j.pharmthera.2013.07.004)

## References

1. Strategy for the Development of the Arctic Zone of the Russian Federation and Ensuring National Security for the Period Until 2020: Decree of the President of the Russian Federation No. 232, Dated 20 February 2013. Accessed from Consultant Plus Assistance System (in Russ.).
2. Evdokimov V.I. *Tsirkumpolyarnaya meditsina: metaanaliz otechestvennykh nauchnykh statey (2005–2018 gg.)* [Circumpolar Medicine: A Meta-Analysis of Russian Scientific Articles (2005–2018)]. St. Petersburg, 2019. 267 p.
3. Sinenko P.V. Osobennosti sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya rayonov Kraynego Severa i Arkticheskoy zony Rossiyskoy Federatsii [Features of the Socio-Economic Development of the Far North and the Arctic Zone of the Russian Federation]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra*, 2016, no. 12, pp. 18–25.
4. Deputat I.S., Deryabina I.N., Nekhoroshkova A.N., Griбанov A.V. Effect of Climatic and Ecological Conditions of the North on Ageing Processes. *J. Med. Biol. Res.*, 2017, vol. 5, no. 3, pp. 5–17. DOI: [10.17238/issn2542-1298.2017.5.3.5](https://doi.org/10.17238/issn2542-1298.2017.5.3.5)
5. Solonin Yu.G., Boyko E.R. Mediko-fiziologicheskie problemy v Arktike [Medical and Physiological Problems of the Arctic]. *Izvestiya Komi nauchnogo tsentra Ural'skogo otdeleniya RAN*, 2017, no. 4, pp. 33–40.
6. Krivoshchekov S.G., Okhotnikov S.V. *Proizvodstvennyye migratsii i zdorov'e cheloveka na Severe* [Work Migration and Human Health in the North]. Novosibirsk, 2000. 118 p.
7. *Rossiyskiy statisticheskiy ezhegodnik. 2018* [Russian Statistical Yearbook. 2018]. Moscow, 2018. 694 p.

8. *Population Mortality Data by Causes of Death in the Russian Federation for January – December 2019*. Available at: [https://www.gks.ru/free\\_doc/2019/demo/edn12-19.htm](https://www.gks.ru/free_doc/2019/demo/edn12-19.htm) (accessed: 15 April 2021) (in Russ.).
9. V'yunitskaya L.V. Markery disfunktsii endoteliya [Endothelial Dysfunction Markers]. *Laboratornaya diagnostika. Vostochnaya Evropa*, 2015, no. 3-4, pp. 37–51.
10. Zinchuk V.V., Glebov A.N. NO-zavisimye mekhanizmy formirovaniya kislorodsvyazyvayushchikh svoystv krovi pri okislitel'nom stresse [NO-Dependent Mechanisms of Blood Oxygen-Binding Properties Formation in Oxidative Stress]. *Zhurnal Grodnenskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta*, 2007, no. 1, pp. 139–142.
11. Khasnulin V.I., Khasnulin P.V. Sovremennye predstavleniya o mekhanizмах formirovaniya severnogo stressa u cheloveka v vysokikh shirotakh [Modern Concepts of the Mechanisms Forming Northern Stress in Humans in High Latitudes]. *Ekologiya cheloveka*, 2012, no. 1, pp. 3–11.
12. Aird W.C. Phenotypic Heterogeneity of the Endothelium: I. Structure, Function, and Mechanisms. *Circ. Res.*, 2007, vol. 100, no. 2, pp. 158–173. DOI: [10.1161/01.RES.0000255691.76142.4a](https://doi.org/10.1161/01.RES.0000255691.76142.4a)
13. Shurygin M.G., Shurygina I.A., Kanya O.V., Dremina N.N., Lushnikova E.L., Nepomnyashchikh L.M. Znachenie povysheniya produktsii endotelina pri infarkte miokarda [Significance of the Increased Production of Endothelin in Myocardial Infarction]. *Fundamental'nye issledovaniya*, 2015, no. 1-6, pp. 1281–1287.
14. Ho E., Karimi Galougahi K., Liu C.C., Bhindi R., Figtree G.A. Biological Markers of Oxidative Stress: Applications to Cardiovascular Research and Practice. *Redox Biol.*, 2013, vol. 1, no. 1, pp. 483–491. DOI: [10.1016/j.redox.2013.07.006](https://doi.org/10.1016/j.redox.2013.07.006)
15. Strobel N.A., Fassett R.G., Marsh S.A., Coombes J.S. Oxidative Stress Biomarkers as Predictors of Cardiovascular Disease. *Int. J. Cardiol.*, 2011, vol. 147, no. 2, pp. 191–201. DOI: [10.1016/j.ijcard.2010.08.008](https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2010.08.008)
16. Rochette L., Lorin J., Zeller M., Guillard J.C., Lorgis L., Cottin Y., Vergely C. Nitric Oxide Synthase Inhibition and Oxidative Stress in Cardiovascular Diseases: Possible Therapeutic Targets? *Pharmacol. Ther.*, 2013, vol. 140, no. 3, pp. 239–257. DOI: [10.1016/j.pharmthera.2013.07.004](https://doi.org/10.1016/j.pharmthera.2013.07.004)

DOI: 10.37482/2687-1491-Z057

*Nadezda A. Vorob'eva*\*/\*\* ORCID: [0000-0001-6613-2485](https://orcid.org/0000-0001-6613-2485)

*Alena I. Vorob'eva*\* ORCID: [0000-0003-4817-6884](https://orcid.org/0000-0003-4817-6884)

*Anastasiya A. Marusiy*\* ORCID: [0000-0002-7908-0183](https://orcid.org/0000-0002-7908-0183)

\*Northern State Medical University  
(Arkhangelsk, Russian Federation)

\*\*Northern Branch of the National Medical Research Centre for Haematology  
(Arkhangelsk, Russian Federation)

## RISK OF ENDOTHELIAL DYSFUNCTION AND TOTAL ANTIOXIDANT CAPACITY IN SEAFARERS DURING AN ARCTIC VOYAGE

Among other areas of research, clinical medicine studies the adaptation mechanisms of the vascular endothelium to the extreme conditions of the Arctic. This paper dwells on the possible relationship of the development of endothelial dysfunction and the antioxidant system with modifiable risk factors during a short translatitudinal voyage in the Arctic. The study involved 32 crew members of the research vessel *Mikhail Somov* during the TransArctic–2019 research expedition. Venous blood sampling was carried out before the voyage at the zero point (Arkhangelsk, 64°33'N 40°32'E) and at the highest point of the expedition (Hayes Island, 80°34'N 57°41'E). Endothelin-1 concentration and serum total



antioxidant capacity were determined using the enzyme-linked immunosorbent assay. We found statistically significant differences (Student's *t*-test:  $t = -3.6532$ ;  $df = 31$ ;  $p < 0.001$ ) in endothelin-1 concentration at the zero point ( $4.79 \pm 2.10$  pg/ml) and high point ( $7.02 \pm 2.42$  pg/ml), which indicates vasoconstriction, i.e. the first signs of the formation of vascular endothelium maladaptation. In 84.4 % of the crew members at the high point we detected high total antioxidant capacity, which can indicate compensation of antioxidant defence mechanisms. Noteworthy, serum total antioxidant capacity in smokers was statistically significantly higher than in non-smokers. Moreover, the predominance of high antioxidant activity among the crew members points to an increased oxidative load on the sailors' body having to neutralize the excess amount of reactive oxygen species.

**Keywords:** *marine medicine, endothelial dysfunction, endothelin-1, total antioxidant capacity, translatitudinal voyage, Arctic.*

Поступила 17.11.2020

Принята 12.05.2021

Received 17 November 2020

Accepted 12 May 2021

---

**Corresponding author:** Nadezda Vorob'eva, *address:* prosp. Troitskiy 51, Arkhangelsk, 163001, Russian Federation; *e-mail:* nadejdav0@gmail.com

**For citation:** Vorob'eva N.A., Vorob'eva A.I., Marusiy A.A. Risk of Endothelial Dysfunction and Total Antioxidant Capacity in Seafarers During an Arctic Voyage. *Journal of Medical and Biological Research*, 2021, vol. 9, no. 2, pp. 192–200. DOI: 10.37482/2687-1491-Z057