



Оценка антиоксидантного действия дигидрокверцетина у взрослых жителей Севера в условиях неблагоприятных воздействий среды обитания

Л.А. Миняйло¹, Т.Я. Корчина², В.И. Корчин², А.В. Нехорошева², С.В. Нехорошев²

¹ ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в ХМАО-Югре»,
ул. Рознина, д. 72, г. Ханты-Мансийск, 628012, Российская Федерация

² БУ «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия»,
ул. Мира, д. 40, г. Ханты-Мансийск, 628011, Российская Федерация

Резюме

Введение. Техногенное загрязнение окружающей среды (выхлопные газы автомобилей) и употребление питьевой воды некачественной очистки способны играть ключевую роль в активации окислительного стресса у населения северного региона.

Цель – изучить эффективность применения дигидрокверцетина для улучшения адаптационных резервов антиоксидантной защиты у взрослого населения Ханты-Мансийского автономного округа.

Материалы и методы. До и после метаболической коррекции антиоксидантным препаратом растительного происхождения – дигидрокверцетином байкальским в дозе 60 мг/сутки в течение 30 дней в сыворотке крови 156 жителей ХМАО молодого возраста определяли содержание продуктов перекисного окисления липидов (гидроперекиси липидов и тиобарбитуровой кислоты активные продукты) и антиоксидантной защиты организма (общую антиоксидантную активность и тиоловый статус) с помощью тест-наборов. Коэффициент окислительного стресса рассчитывали: гидроперекиси липидов × продукты, реагирующие с 2-тиобарбитуровой кислотой / общую антиоксидантную активность × тиоловый статус.

Результаты. У водителей большегрузного транспорта, подверженных в процессе трудовой деятельности постоянному и длительному воздействию аэрогенных токсикантов выхлопных газов автомобилей, и у жителей городов, употребляющих некачественно очищенную питьевую воду с высоким содержанием ионов железа и марганца, избыточное количество которых при поступлении в организм человека в виде неорганических соединений способно проявлять прооксидантные свойства до коррекции дигидрокверцетином, выявлены превышение показателей перекисного окисления липидов: гидроперекисей липидов и продуктов, реагирующих с 2-тиобарбитуровой кислотой больше верхней границы физиологически оптимальных значений. Установлено снижение параметров антиоксидантной защиты организма: общей антиоксидантной активности и тиолового статуса ниже референтных величин. Коэффициент окислительного стресса превышал верхний предел адекватных значений в группе водителей в 5,4 раза, а у жителей Нягани и Нефтеюганска – в 4,9 раза. После приема дигидрокверцетина в дозе 60 мг в течение 30 дней все показатели окислительного метаболизма в обеих группах пациентов пришли в норму. Установлено достоверное снижение содержания продуктов, реагирующих с тиобарбитуровой кислотой, в обеих группах обследованных лиц соответственно: $p_1 = 0,011$ и $p_2 = 0,002$ в сочетании со статистически значимым увеличением показателя общей антиоксидантной активности ($p_1 = 0,015$ и $p_2 = 0,019$) на фоне наиболее выраженного снижения коэффициента окислительного стресса: $p_1 = 0,019$ и $p_2 = 0,001$, тем не менее не достигшего уровня физиологически адекватных величин. Таким образом, выявленные нами положительные изменения окислительно-восстановительного метаболизма после 30-дневной коррекции антиоксидантным препаратом дигидрокверцетином являются свидетельством восстановления адаптационных ресурсов организма и повышения его сопротивляемости неблагоприятным факторам среды обитания.

Ключевые слова: северный регион, окислительный метаболизм, техногенное загрязнение, питьевая вода, дигидрокверцетин.

Для цитирования: Миняйло Л.А., Корчина Т.Я., Корчин В.И., Нехорошева А.В., Нехорошев С.В. Оценка антиоксидантного действия дигидрокверцетина у взрослых жителей Севера в условиях неблагоприятных воздействий среды обитания // Здоровье населения и среда обитания. 2023. Т. 31. № 4. С. 63–69. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-4-63-69>

Evaluation of the Antioxidant Effect of Dihydroquercetin in Adult Residents of the North under Adverse Environmental Conditions

Larisa A. Minyailo,¹ Tatyana Ya. Korchina,² Vladimir I. Korchin,²
Alexandra V. Nekhorosheva,² Sergey V. Nekhoroshev²

¹ Center for Hygiene and Epidemiology in the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra,
72 Roznin Street, Khanty-Mansiysk, 628012, Russian Federation

² Khanty-Mansiysk State Medical Academy, 40 Mira Street, Khanty-Mansiysk, 628011, Russian Federation

Summary

Introduction: Transport-related air pollution (vehicle exhaust emissions) and the consumption of poor-quality drinking water can play a key role in the activation of oxidative stress in the population of the northern region.

Purpose: To study the effectiveness of taking dihydroquercetin to improve the adaptive reserves of antioxidant protection in the adult population of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug.

Materials and methods: Using test kits, we measured the content of lipid peroxidation products (lipid hydroperoxide and thiobarbituric acid reactive substances) and antioxidant defense of the body (total antioxidant activity and thiol status) in blood serum of 156 young adults residing in the Khanty-Mansi Autonomous Okrug before and after metabolic correction using Baikal dihydroquercetin, an antioxidant herbal preparation, at a dose of 60 mg/day for 30 days. The oxidative stress index was calculated by the formula: lipid hydroperoxides × 2-thiobarbituric acid reactive substances / total antioxidant activity × thiol status.

Results: We established increased lipid peroxidation, i.e. higher levels of lipid hydroperoxides and 2-thiobarbituric acid reactive substances, in heavy-duty vehicle drivers occupationally exposed to car exhaust pollutants and urban residents

consuming poor-quality tap water with a high content of iron and manganese ions, the excess of which in the form of inorganic compounds can demonstrate prooxidant properties before correction with dihydroquercetin. We also noted a decrease in the parameters of the antioxidant defense of the body (total antioxidant activity and thiol status) below the reference values. The oxidative stress index was 5.4 and 4.9 times higher than the upper limit of adequate values in the group of drivers and residents of the cities of Nyagan and Nefteyugansk, respectively. After taking dihydroquercetin at a dose of 60 mg/day for 30 days, all indicators of oxidative metabolism in both study groups returned to normal. A significant decrease in the level of thiobarbituric acid reactive substances was found in both groups, respectively: $p_1 = 0.011$ and $p_2 = 0.002$, in combination with a statistically significant increase in the total antioxidant activity ($p_1 = 0.015$ and $p_2 = 0.019$) against the background of the most pronounced decrease in the oxidative stress index: $p_1 = 0.019$ and $p_2 = 0.001$, however, not reaching the level of physiologically adequate values.

Conclusion: Positive changes in redox metabolism observed following a 30-day correction with the antioxidant drug dihydroquercetin give evidence of the restoration of adaptive resources of the human organism and an increase in its resistance to adverse environmental factors.

Keywords: northern region, oxidative metabolism, anthropogenic pollution, drinking water, dihydroquercetin.

For citation: Mynyailo LA, Korchina TYa, Korchin VI, Nekhorosheva AV, Nekhoroshev SV. Evaluation of the antioxidant effect of dihydroquercetin in adult residents of the North under adverse environmental conditions. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2023;31(4):63–69. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-4-63-69>

Введение. Ханты-Мансийский автономный округ (ХМАО) расположен на севере Тюменской области и является приравненным к регионам Крайнего Севера – гипокомфортной зоны проживания для человека из-за неблагоприятных климатогеографических условий: продолжительного холодного периода года, существенных отличий в давлении, температуре, влажностерождении в воздухе, дефиците УФО, усиленном ветровом режиме, геомагнитных возмущениях и пр. [1, 2]. Исследованиями доказано влияние негативных факторов среды обитания на перестройку метаболических процессов и функционирование физиологических систем организма человека [3, 4].

Исследованиями подтверждено значение питьевой воды как одного из основных звеньев пищевой цепи для поступления в организм человека химических элементов [5, 6]. В ходе проведенных исследований природных вод ХМАО установлен их маломинерализованный химический состав с низкой концентрацией кальция (Ca) и магния (Mg) в сочетании с повышенной концентрацией железа (Fe) и марганца (Mn). Являясь жизненно необходимыми химическими элементами для человека, Fe и Mn при попадании в организм человека в избыточных количествах в виде неорганических форм способны спровоцировать понижение продуктивности функционирования антиокислительной системы защиты человеческого организма. В то же время потребление с пищей органических форм этих биоэлементов даже в избыточном количестве не вызывает отрицательного воздействия на организм [7]. Доказано, что базовым метаболическим компонентом неспецифического звена адаптивного синдрома, развившегося в результате влияния негативных факторов среды обитания, является инициация окислительного стресса [8, 9]. От свободно-радикального прессинга здоровый организм защищен естественной многокомпонентной

системой антиоксидантной защиты, способной к нейтрализации вредного воздействия агрессивных радикалов кислорода [10, 11]. Действенный способ предупреждения активирования окислительного стресса – это применение антиоксидантов, к числу которых относится выделенный из древесины лиственницы сибирской природный флавоноид дигидрокверцетин (ДГК) [12, 13]. Механизм антирадикального действия ДГК детерминирован способностью к перехватыванию и нейтрализации свободных радикалов и связыванию металлов, имеющих переменную валентность, а именно ионов Fe. Дигидрокверцетин обладает способностью к выведению из организма тяжелых металлов, токсичных химических элементов и радионуклидов посредством комплексообразования [14–17]. Этот флавоноид успешно используется в комплексной терапии кардиоваскулярных, онкологических, эндокринных заболеваний, обладает иммуномодулирующим и противовирусным действием, является защитой желудка и печени от травмирующих воздействий, активизирует регенерацию слизистой оболочки желудка, способствует укреплению и восстановлению соединительной ткани, соответственно, стимулирует упрочение сосудов и восстановление соединительной ткани, потенцирует снижению уровня холестерина, улучшение микроциркуляции крови и пр. [14, 18–24].

Цель работы – изучить эффективность применения дигидрокверцетина для улучшения адапционных резервов антиоксидантной защиты у взрослого населения Ханты-Мансийского автономного округа.

Материалы и методы. Исследование было проведено в проблемной лаборатории Ханты-Мансийской государственной медицинской академии «Адаптация и экология человека на Севере» с 2019 по 2021 г. Обследовано 156 жителей городов ХМАО-Югры – Ханты-Мансийска, Сургута, Нижневартовска трудоспособного возраста: 1-я группа – 87 лиц

¹ Исследование общественного здоровья в период пандемии COVID-19 осуществляется в рамках государственного задания № 1021062512027-9.

² Указ Президента Российской Федерации от 21.07.2020 № 474 [Электронный ресурс] // Консультант Плюс. Режим доступа: <http://https://demo.consultant.ru/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=357927&dst=0&edition=etD&rnd=0oG7zA#QlaZEVTVW88wRVmqo> (дата обращения: 08.02.2023).

³ Указ Президента Российской Федерации от 02.04.2020 № 239 «О мерах по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения на территории Российской Федерации в связи с распространением новой коронавирусной инфекции (COVID-19)» [Электронный ресурс] // Консультант Плюс. Режим доступа: <https://demo.consultant.ru/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=357927&dst=0&edition=etD&rnd=0oG7zA#QlaZEVTVW88wRVmqo> (дата обращения: 08.02.2023).

мужского пола, подверженных продолжительному контакту с вредными выбросами автотранспорта (водители большегрузных автомобилей и бензовозов), средний возраст – $32,6 \pm 6,2$ года (гг. Сургут, Ханты-Мансийск); вторая группа – 69 не занятых в производственной сфере трудящихся – жителей городов ХМАО с низкокачественной очисткой водопроводной воды (гг. Нягань, Нефтеюганск, где после отстаивания артезианская вода обеззараживалась с использованием хлора [29]), среди которых 28 (40,6 %) мужчин и 41 (59,4 %) женщина, приглашенные для обследования в первые шесть дней после менореи, средний возраст – $38,3 \pm 8,9$ года. Исследование проведено с соблюдением требований биомедицинской этики и поддержано решением междисциплинарного этического комитета Ханты-Мансийской государственной медицинской академии (протокол № 134 от 2019 г.). Все обследованные лица подписывали добровольное информированное согласие на проведение исследования и обработку полученных данных.

Показатели перекисного окисления липидов (ПОЛ) и антиоксидантной защиты организма (АОС) у пациентов определяли в сыворотке крови: гидроперекиси липидов (ГПл) и продукты, реагирующие с 2-тиобарбитуровой кислотой (TBARS), с использованием тест-наборов фирмы BCM Diagnostics (Германия) и «АГАТ» (Россия) соответственно. Оценка параметров антиоксидантной системы (АОС) проводилась определением общей антиокислительной активности (ОАА) и тиолового статуса (ТС) коммерческими наборами Cayman Chemical, Immundiagnostik AG (Германия). Коэффициент окислительного стресса (КОС) рассчитывали по формуле: $КОС = ГПл \times TBARS / ОАА \times ТС$.

Метаболическую коррекцию обследуемых лиц проводили антиоксидантом дигидрокверцетином байкальским (свидетельство государственной регистрации № RU. 77.99.88.003.E.002700.06.17; ТУ 10.89.19-001-168222879-2017, производитель ООО «КАХОР-ПРОДУКТ» Россия, Иркутская область, г. Зима) в дозе 60 мг/сутки в течение 30 дней. Дигидрокверцетин был централизованно приобретен непосредственно у производителя лабораторией «Адаптация и экология человека на Севере» на деньги, выделенные для данного исследования Ханты-Мансийской государственной медицинской

академией, и выдан участникам исследования заведующим лабораторией д.т.н. Нехорошевым С.В. (взаимодействует с заводом-изготовителем и занимается выписыванием и получением ДГК) по назначению д.м.н., проф. Корчиной Т.Я. (дигидрокверцетин не является лекарством, это биологически активная добавка к пище). Обследуемые лица принимали ДГК в течение 30 дней, повторный анализ крови был проведен через 3–5 дней после завершения его приема.

Статистическая обработка материала проводилась с использованием лицензионного программного обеспечения Statistica 13.0 MS Excel. При помощи критерия Шапиро – Уилка определен параметрический характер распределения всех полученных значений. Вычисляли среднее арифметическое (M) и среднеквадратичное отклонение (σ). Достоверность различий определяли по критериям Фишера – Стьюдента: статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$.

Результаты. Принимая во внимание тот факт, что всевозможные экотоксиканты, содержащиеся в выхлопных газах автотранспортных средств, способны привести к избыточному образованию свободных радикалов, были изучены показатели окислительно-восстановительного метаболизма у водителей большегрузных автомобилей, в процессе трудовой деятельности подверженных длительному токсическому воздействию выхлопных газов автомобилей, до и после месячной коррекции антиоксидантным препаратом растительного происхождения – дигидрокверцетином, которые представлены в табл. 1.

Важно отметить, что до коррекции ДГК средние величины показателей ПОЛ у обследованных лиц данной группы оказались выше верхнего предела физиологически оптимальных величин, а значения АОС, соответственно, меньше нижней границы референтных значений.

До приема ДГК оптимальные показатели ГПл были выявлены у 13 (14,9 %) водителей северного региона, у 71 (81,6 %) установлено превышение референтных значений, а у 3 (3,5 %) было зарегистрировано более чем 2-кратное превышение данного показателя. Адекватные значения TBARS оказались характерны только для 9 (10,3 %) обследованных лиц этой группы, у 73 (83,9 %) выявлены

Таблица 1. Динамика изменения показателей окислительного метаболизма после коррекции дигидрокверцетином у водителей большегрузных автомобилей и бензовозов северного региона

Table 1. Dynamics of changes in indicators of oxidative metabolism after correction with dihydroquercetin in heavy-duty and fuel truck drivers of the northern region

Показатель / Index	Физиологически оптимальные значения / Physiological optima	Водители / drivers ($n = 87$)		
		до коррекции дигидрокверцетином / before correction with dihydroquercetin	после коррекции дигидрокверцетином / after correction with dihydroquercetin	p_1
		$M \pm \sigma$	$M \pm \sigma$	
ГПл, мкмоль/л / LH, $\mu\text{mol/L}$	225–450,0	$459,7 \pm 47,9$	$391,3 \pm 36,4$	0,257
TBARS, мкмоль/л / $\mu\text{mol/L}$	2,2–4,8	$5,2 \pm 0,23$	$4,4 \pm 0,21$	0,011
ОАА, мкмоль/л / TAA, $\mu\text{mol/L}$	0,5–2,0	$0,46 \pm 0,09$	$0,83 \pm 0,12$	0,015
ТС, ммоль/л / TS, $\mu\text{mol/L}$	430–660	$419,1 \pm 23,9$	$487,6 \pm 26,8$	0,058
КОС, у.е / OSC, CU	1,6–2,3	$12,40 \pm 2,31$	$4,25 \pm 0,89$	0,019

повышенные, а у 5 (5,8 %) – высокие значения продуктов, реагирующих с 2-тиобарбитуровой кислотой.

Соответствующие физиологической норме значения АОС были установлены в следующих случаях: ОАА – у 12 (13,8 %) и ТС – у 10 (11,5 %) водителей, а пониженные показатели ОАА и ТС – у 75 (86,2 %) и 77 (88,5 %) обследованных лиц соответственно.

Коэффициент окислительного стресса (КОС), являясь интегральным параметром, позволяет оценить нарушение паритета про- и антиоксидантов [28]. В группе водителей ХМАО выявлено превышение КОС в 5,4 раза относительно верхней границы физиологической нормы.

Результатом метаболической коррекции ди-гидрохверцетином явилось достоверное снижение КОС почти в 3 раза, который, однако, не достиг даже верхнего предела физиологически оптимальных значений (табл. 1).

Необходимо отметить, что местом проживания обследованных водителей являлись города ХМАО Ханты-Мансийск и Сургут, в которых уже более 20 лет проводится качественная водоподготовка перед подачей водопроводной воды в распределительные сети: артезианские воды после нескольких этапов обезжелезивания дезинфицируются с использованием ультрафиолетового излучения. Таким образом, влияние негативного фактора некачественно очищенной питьевой воды для данной группы обследованных лиц не характерно.

В то же время водный фактор имел важнейшее значение для второй группы: жителей городов ХМАО Нягань и Нефтеюганск, в силу того что во всех остальных населенных пунктах округа, в том числе и в этих городах, подземные воды подвергаются дезинфицированию при помощи хлорирования [29]. Результаты изменений параметров окислительного метаболизма до и после месячной его коррекции флавоноидом ди-гидрохверцетином представлены в табл. 2.

По аналогии с группой водителей у жителей городов ХМАО, постоянно употребляющих питьевую воду некачественной очистки (Нягань, Нефтеюганск [29]), средние показатели параметров ПОЛ оказались больше верхней границы, а АОС меньше нижнего предела физиологически оптимальных значений.

До коррекции ДГК оптимальные величины ГПл и TBARS были выявлены у 9 (13,0 %) и 7 (10,1 %) обследованных лиц 2-й группы, а в 57 (87,0 %) и в 62 (89,9 %) случаях установлено превышение данных показателей относительно референтных значений.

На этом фоне параметры ОАА и ТС соответствовали физиологической норме только у 14 (20,3 %) и 5 (7,2 %) жителей городов Нягани и Нефтеюганска соответственно, а у остальных были установлены пониженные величины выше названных показателей. Среднее значение КОС оказалось выше верхней границы референтных значений в 4,9 раза (табл. 2).

В результате регулярного приема антиоксидантного препарата растительного происхождения – ди-гидрохверцетина в течение одного месяца были зафиксированы значительные улучшения показателей окислительно-восстановительного гомеостаза: нормализация всех изучаемых параметров в пределах физиологически адекватных значений со снижением показателей ПОЛ более чем в 1,2 раза и повышением параметров АОС почти в 1,2 раза.

После коррекции ДГК было установлено статистически значимое снижение вторичных продуктов ПОЛ (TBARS в группе водителей – $p = 0,011$, а в группе жителей Нягани и Нефтеюганска – $p = 0,002$) в сочетании с повышением общей антиоксидантной активности: ОАА у водителей – $p = 0,015$, у жителей городов ХМАО с некачественной водоочисткой – $p = 0,019$.

В то же время самые выраженные изменения наблюдались в отношении изменений коэффициента окислительного стресса: трехкратное статистически подтвержденное его снижение как в группе водителей ($p = 0,019$), так и в группе жителей ХМАО, употребляющих недостаточно очищенную питьевую воду ($p = 0,001$). Важно подчеркнуть, что в обеих группах обследованных лиц не достигли даже верхнего предела физиологически оптимальных значений (табл. 1, 2).

Обсуждение. Доказано, что активация окислительного стресса – пусковой механизм развития около 200 заболеваний неинфекционного генеза [30, 31]. Это имеет исключительно важное значение для населения Севера, поскольку кроме нарушений окислительно-восстановительного гомеостаза, развивающегося как следствие воздействия токсичных химических элементов и тяжелых металлов, поступающих с вдыхаемым воздухом и питьевой водой, прибавляется и территориальный экологически

Таблица 2. Изменение показателей ПОЛ/АОС после коррекции ди-гидрохверцетином у жителей городов ХМАО с некачественной водоподготовкой

Table 2. Changes in LPO/AOS after correction with dihydroquercetin in urban residents of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug consuming poor-quality tap water

Показатель / Index	Физиологически оптимальные значения / Physiological optima	Жители гг. Нягань и Нефтеюганск / Residents of Nyagan and Nefteyugansk (n = 69)		
		до коррекции ди-гидрохверцетином / before correction with dihydroquercetin	после коррекции ди-гидрохверцетином / after correction with dihydroquercetin	p_2
		$M \pm \sigma$	$M \pm \sigma$	
ГПл, мкмоль/л / LH, $\mu\text{mol/L}$	225–450,0	455,8 $\pm$ 56,1	379,3 $\pm$ 31,6	0,237
TBARS, мкмоль/л / $\mu\text{mol/L}$	2,2–4,8	5,1 $\pm$ 0,22	4,2 $\pm$ 0,191	0,002
ОАА, мкмоль/л / TAA, $\mu\text{mol/L}$	0,5–2,0	0,48 $\pm$ 0,10	0,87 $\pm$ 0,13	0,019
ТС, ммоль/л / TS, $\mu\text{mol/L}$	430–660	426,5 $\pm$ 32,6	498,7 $\pm$ 29,3	0,102
КОС, у.е / OSC, CU	1,6–2,3	11,35 $\pm$ 2,2	3,67 $\pm$ 0,82	0,001

негативный фактор, способный повлечь за собой манифестацию большого числа заболеваний, в первую очередь кардиоваскулярной системы [32].

За последние годы зарегистрировано ухудшение здоровья работоспособного населения Российской Федерации [25], более половины из которого в процессе трудовой деятельности испытывают постоянное воздействие химических веществ [26]. Доказано значение автотранспорта как преобладающего источника антропогенного загрязнения окружающей среды [27]. Неблагоприятная в экологическом плане обстановка приводит к снижению устойчивости организма и изменениям метаболических процессов в результате воздействия поступающих в среду обитания токсических веществ из всевозможных техногенных загрязнителей.

Важнейшим звеном адаптивного процесса, развивающимся в ответ на влияние неблагоприятных факторов, является активизация ПОЛ для активизации протективных резервов организма человека. Эффективными путями решения данной проблемы является, в одном случае, донозологическая диагностика функциональных изменений в организме человека, подверженного негативным воздействиям, а в другом случае – улучшение адаптационных ресурсов человека, подверженного в процессе трудовой деятельности техногенному прессингу [28].

Среди прочих антиоксидантов дигидрокверцетин выделяется следующими преимуществами: безопасность использования, высокая антиоксидантная активность, широкий спектр действия и пр. [12, 13, 15–17, 23].

Заключение. В результате проведенного исследования было выявлено, что прием дигидрокверцетина на протяжении 1 месяца способствовал снижению концентрации макромолекулярных ингредиентов свободнорадикального окисления, значимому уменьшению коэффициента окислительного стресса и повышению биоуровня антиоксидантной системы защиты организма, что является свидетельством восстановления адаптационных резервов организма и повышения его сопротивляемости неблагоприятным факторам окружающей среды. Достоин внимания также тот факт, что дигидрокверцетин не только оказывал тормозное влияние на процессы чрезмерно активной выработки пероксидных радикалов, но также активизировал комплексные составляющие антиоксидантной системы защиты организма, в первую очередь механизмы детоксикации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Козырева Т.В. Климатогеографические и социальные факторы, влияющие на состояние здоровья населения Ханты-Мансийского автономного округа – Югры (обзор публикаций) // Вестник угроведения. 2016. № 4 (27). С. 169–179.
2. Щербакова А.С. Фактор климата в жизнедеятельности северян: объективные данные и субъективные оценки // Экология человека. 2019. № 7. С. 24–32. doi: 10.33396/1728-0869-2019-7-24-32
3. Корчин В.И., Корчина Т.Я., Бикбулатова Л.Н., Терникова Е.М., Лапенко В.В. Влияние климатогеографических факторов Ямало-Ненецкого автономного округа на здоровье населения // Журнал медико-

- биологических исследований. 2021. № 1. С. 77–88. doi: 10.37482/2687-1491-2046
4. Лапенко В.В., Бикбулатова Л.Н., Терникова Е.М. Эколого-физиологическая оценка химического состава водопроводной воды городов Ханты-Мансийск и Салехарда // Ульяновский медико-биологический журнал. 2020. № 3. С. 159–167. doi: 10.34014.2227-1848-2020-3-159-167
5. Allaire M, Wu H, Lall U. National trends in drinking water quality violations. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2018;115(9):2078-2083. doi: 10.1073/pnas.1719805115
6. Стехин А.А., Рахманин Ю.А., Яковлева Г.В., Иксанова Т.И. Роль воды организма в этиологии хронических неинфекционных заболеваний (обзор литературы) // Гигиена и санитария. 2021. Т. 100. № 6. С. 584–593. doi: 10.47470.0016-9900-2021-100-6-584-593
7. Корчин В.И., Миняйло Л.А., Корчина Т.Я. Содержание химических элементов в водопроводной питьевой воде с различным уровнем очистки (на примере городов Ханты-Мансийского автономного округа) // Журнал медико-биологических исследований. 2018. Т. 6. № 2. С. 188–197. doi: 10.17238/issn2542-1298.2018.6.2.188
8. Колесникова Л.И., Даренская М.А., Колесников С.И. Свободнорадикальное окисление: взгляд патофизиолога // Бюллетень сибирской медицины. 2017. № 16 (4). С. 6–29. doi: 10.20538/682-0363-2017-4-16-29. EDN: YQMXVI.
9. Корчина Т.Я., Корчин В.И. Корреляционные связи между показателями про- и антиоксидантной активности у трудящихся северного региона с различным уровнем техногенной нагрузки // Гигиена и санитария. 2018. Т. 97. № 9. С. 831–834. doi: 10.18821/0016-9900-2018-97-9-831-834
10. Миняйло Л.А., Корчина Т.Я., Корчин В.И. Сравнительная характеристика свободно-радикального окисления и антиоксидантной системы защиты у взрослого населения северного региона, проживающего в городах с различной очисткой питьевой воды // Евразийский Союз Ученых. 2019. № 6 (63). С. 34–38.
11. Skalnaya MG, Skalny AV. *Essential Trace Elements in Human Health: A Physician's View*. Tomsk: Tomsk State University Publ.; 2018. EDN YNPIRF.
12. Фомичев Ю.П., Никанова Л.А., Дорожкин В.И. и др. Дигидрокверцетин и арабиногалактан – природные биорегуляторы в жизнедеятельности человека и животных, применение в сельском хозяйстве и пищевой промышленности. Москва : Издательский дом «Научная библиотека», 2017. 702 с. EDN YUNXZA.
13. Яшин А.Я., Веденин А.Н., Яшин Я.И., Василевич Н.И. Антивирусные полифенолы – антиоксиданты: структура, пищевые источники и механизм действия // Лаборатория и производство. 2020. № 5 (14). С. 76–86. doi: 10.32757/2619-0923.2020.5.14.76.86
14. Самбукова Т.В., Овчинников Б.В., Ганапольский В.П. Перспективы использования фитопрепаратов в современной фармакологии // Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии. 2017. № 15 (2). С. 56–63. doi: 10.17816/RCF15256-63
15. Бабенкова И.В., Осипов А.Н., Теселкин Ю.О. Влияние дигидрокверцетина на каталитическую активность ионов железа (II) в реакции фентона // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2018. Т. 165, № 3. С. 321–324. doi: 10.1007/s10517-018-4167-x
16. Mohammed HA, Almahmoud SA, El-Ghaly EM, et al. Comparative anticancer potentials of taxifolin and quercetin methylated derivatives against HCT-116 cell lines: Effects of O-methylation on taxifolin and quercetin as preliminary natural leads. *ACS Omega*. 2022;7(50):46629–46639. doi: 10.1021/acsomega.2c05565
17. Sunil C, Xu B. An insight into the health-promoting effects of taxifolin (dihydroquercetin). *Phytochemistry*. 2019;166:112066. doi: 10.1016/j.phytochem.2019.112066
18. Batty M, Bennett MR, Yu E. The role of oxidative stress in atherosclerosis. *Cells*. 2022;11(23):3843. doi: 10.3390/cells11233843

19. Черепанова К.А. Корректирующее влияние дигидро-кверцетина на состояние окислительного метаболизма у больных сахарным диабетом 2 типа, проживающих на Севере // Ульяновский медико-биологический журнал. 2021. № 2. С. 16–24. doi: 10.34014/2227-1848-2021-2-16-24
20. Asmi KS, Lakshmi T, Balusamy SR, Parameswari R. Therapeutic aspects of taxifolin – An update. *J Adv Pharm Educ Res.* 2017;7(3):187–189.
21. Li Y, Yao J, Han C, et al. Quercetin, inflammation and immunity. *Nutrients.* 2016;8(3):167. doi: 10.3390/nu8030167
22. Martínez G, Mijares MR, De Sanctis JB. Effects of flavonoids and its derivatives on immune cell responses. *Recent Pat Inflamm Allergy Drug Discov.* 2019;13(2):84–104. doi: 10.2174/1872213X13666190426164124
23. Minyailo LA, Korchina TYa, Korchin VI. Correcting influence of dihydroquercetin on the state of oxidizing metabolism at persons resident in the cities of Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug with low quality of plumbing water treatment. In: *Scientific Research of the SCO Countries: Synergy and Integration: Proceedings of the International Conference, September 14, 2019, Beijing, PRC.* 2019:130–135.
24. Lankin VZ, Tikhaze AK, Kosach VY, Doroshchuk AD. Blood plasma lipoproteids: Oxidizability and participation in the transport of acylhydroperoxy-derivatives of phospholipids. *Dokl Biochem Biophys.* 2022;507(1):294–297. doi: 10.1134/S1607672922060072
25. Рахманин Ю.А., Михайлова Р.И. Окружающая среда и здоровье: приоритеты профилактической медицины // Гигиена и санитария. 2014. Т. 93. № 5. С. 5–10. EDN SZEVLf.
26. Бычков А.В. Влияние выхлопных газов автотранспорта на здоровье человека // Новая наука: опыт, традиции, инновации. 2016. № 3–2(71). С. 162–164. EDN: VQBTFR.
27. Винокурова М.В., Винокуров М.В., Воронин С.А. Влияние автомобильно-дорожного комплекса г. Сургута на загрязнение атмосферного воздуха и здоровье населения // Гигиена и санитария. 2015. Т. 94. № 1. С. 57–61.
28. Корчин В.И., Макаева Ю.С., Корчина Т.Я., Шагина Е.А. Влияние техногенного загрязнения на показатели состояния свободнорадикального окисления и микронутриентного статуса у работников автозаправочных станций, проживающих на территории ХМАО – Югры // Здоровье населения и среда обитания. 2017. № 3 (288). С. 39–42.
29. Kurt AH, Olutas EB, Avcioglu F, et al. Quercetin- and caffeic acid-functionalized chitosan-capped colloidal silver nanoparticles: one-pot synthesis, characterization, and anticancer and antibacterial activities. *Beilstein J Nanotechnol.* 2023;14:362–376. doi: 10.3762/bjnano.14.31
30. Мартусевич А.К., Карузин К.А., Самойлов А.С. Антиоксидантная терапия: современное состояние, возможности и перспективы // Биорадикалы и антиоксиданты. 2018. Т. 5. № 1. С. 5–23.
31. Kattoor AJ, Pothineni NVK, Palagiri D, Mehta JL. Oxidative stress in atherosclerosis. *Curr Atheroscler Rep.* 2017;19(11):42. doi: 10.1007/s11883-017-0678-6
32. Lankin VZ, Tikhaze AK. Role of oxidative stress in the genesis of atherosclerosis and diabetes mellitus: A personal look back on 50 years of research. *Curr Aging Sci.* 2017;10(1):18–25. doi: 10.2174/1874609809666160926142640
33. Korchin VI, Korchina TYa, Ternikova EM, Bikbulatova LN, Lapenko VV. Influence of climatic and geographical factors of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug on the health of its population (review). *Zhurnal Mediko-Biologicheskikh Issledovaniy.* 2021;9(1):77–88. (In Russ.) doi: 10.37482/2687-1491-Z046
34. Lapenko VV, Bikbulatova LN, Ternikova EM. Ecological and physiological assessment of the chemical composition of tap water in cities Khanty-Mansiysk and Salekhard. *Ul'yanovskiy Mediko-Biologicheskii Zhurnal.* 2020;3(3):159–167. (In Russ.) doi: 10.34014/2227-1848-2020-3-159-167
35. Allaire M, Wu H, Lall U. National trends in drinking water quality violations. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2018;115(9):2078–2083. doi: 10.1073/pnas.1719805115
36. Stekhin AA, Rakhmanin YuA, Yakovleva GV, Iksanova TI. The role of body water in the etiology of chronic non-communicable diseases (literature review). *Gigiena i Sanitariya.* 2021;100(6):584–593. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-6-584-593
37. Korchin VI, Minyaylo LA, Korchina TYa. The chemical composition of tap water with different quality of purification (exemplified by the cities of Khanty-Mansi Autonomous Area). *Zhurnal Mediko-Biologicheskikh Issledovaniy.* 2018;6(2):188–197. (In Russ.) doi: 10.17238/issn2542-1298.2018.6.2.188
38. Kolesnikova LI, Darenskaya MA, Kolesnikov SI. Free radical oxidation: a pathophysiological view. *Byulleten' Sibirskoy Meditsiny.* 2017;16(4):16–29. (In Russ.) doi: 10.20538/682-0363-2017-4-16-29
39. Korchina TYa, Korchin VI. Correlation between the indices of pro- and antioxidant activity in workers of the northern region with different levels of the anthropogenic load. *Gigiena i Sanitariya.* 2018;97(9):831–834. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2018-97-9-831-834
40. Minyaylo LA, Korchina TYa, Korchin VI. Comparative characteristics of free radical oxidation and antioxidant system of protection in the adult population of the northern region living in cities with different treatment of drinking water. *Evrasiyskiy Soyuz Uchenykh.* 2019;6(63):34–38. (In Russ.)
41. Skalnaya MG, Skalny AV. *Essential Trace Elements in Human Health: A Physician's View.* Tomsk: Tomsk State University Publ.; 2018.
42. Fomichev YuP, Nikanova LA, Dorozhkin VI, et al. *Dihydroquercetin (Taxifolin) and Arabinogalactan – Natural Bioregulators in Human and Animals, Using in Agriculture and Food Industry.* Moscow: Nauchnaya Biblioteka Publ.; 2017. (In Russ.)
43. Yashin AY, Vedenin AN, Yashin Yal, Vasilevich NI. Antiviral antioxidant polyphenols: structure, dietary sources, and mechanism of action. *Laboratoriya i Proizvodstvo.* 2020;5(14):76–86. (In Russ.) doi: 10.32757/2619-0923.2020.5.14.76.86
44. Sambukova TV, Ovchinnikov BV, Ganapol'sky VP, Yatmanov AN, Shabanov PD. Prospects for phytopreparations (botanicals) use in modern pharmacology. *Obzory po Klinicheskoy Farmakologii i Lekarstvennoy Terapii.* 2017;15(2):56–63. (In Russ.) doi: 10.17816/RCF15256-63
45. Babenkova IV, Osipov AN, Teselkin YO. The effect of dihydroquercetin on catalytic activity of iron (II) ions in the Fenton reaction. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine.* 2018;165(3):347–350. doi: 10.1007/s10517-018-4167-x
46. Mohammed HA, Almahmoud SA, El-Ghaly EM, et al. Comparative anticancer potentials of taxifolin and quercetin methylated derivatives against HCT-116 cell lines: Effects of O-methylation on taxifolin and quercetin as preliminary natural leads. *ACS Omega.* 2022;7(50):46629–46639. doi: 10.1021/acsomega.2c05565
47. Sunil C, Xu B. An insight into the health-promoting effects of taxifolin (dihydroquercetin). *Phytochemistry.* 2019;166:112066. doi: 10.1016/j.phytochem.2019.112066
48. Batty M, Bennett MR, Yu E. The role of oxidative stress in atherosclerosis. *Cells.* 2022;11(23):3843. doi: 10.3390/cells11233843

REFERENCES

1. Kozyreva TV. Climatic, geographical and social factors influencing a state of health of the population of Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – Yugra (review of publications). *Vestnik Ugrovedeniya.* 2016;4(27):169–179. (In Russ.)
2. Shcherbakova AS. The climate factor in vital activity of northerners: Objective data and subjective assessments. *Ekologiya Cheloveka (Human Ecology).* 2019;7(7):24–32. (In Russ.) doi: 10.33396/1728-0869-2019-7-24-32

19. Cherepanova KA. Corrective impact of dihydroquercetin on oxidative metabolism in patients with type 2 diabetes mellitus living in the North. *Ul'yanovskiy Mediko-Biologicheskii Zhurnal*. 2021;(2):16-24. (In Russ.) doi: 10.34014/2227-1848-2021-2-16-24
20. Asmi KS, Lakshmi T, Balusamy SR, Parameswari R. Therapeutic aspects of taxifolin – An update. *J Adv Pharm Educ Res*. 2017;7(3):187-189.
21. Li Y, Yao J, Han C, et al. Quercetin, inflammation and immunity. *Nutrients*. 2016;8(3):167. doi: 10.3390/nu8030167
22. Martínez G, Mijares MR, De Sanctis JB. Effects of flavonoids and its derivatives on immune cell responses. *Recent Pat Inflamm Allergy Drug Discov*. 2019;13(2):84-104. doi: 10.2174/1872213X13666190426164124
23. Minyailo LA, Korchina TYa, Korchin VI. Correcting influence of dihydroquercetin on the state of oxidizing metabolism at persons resident in the cities of Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug with low quality of plumbing water treatment. In: *Scientific Research of the SCO Countries: Synergy and Integration: Proceedings of the International Conference, September 14, 2019, Beijing, PRC*. 2019:130-135.
24. Lankin VZ, Tikhaze AK, Kosach VY, Doroshchuk AD. Blood plasma lipoproteids: Oxidizability and participation in the transport of acylhydroperoxy-derivatives of phospholipids. *Dokl Biochem Biophys*. 2022;507(1):294-297. doi: 10.1134/S1607672922060072
25. Rakhmanin YuA, Mikhaylova RI. Environment and health: priorities for preventive medicine. *Gigiena i Sanitariya*. 2014;93(5):5-10. (In Russ.)
26. Bychkov AV. [Influence of vehicle exhaust gases on human health.] *Novaya Nauka: Opyt, Traditsii, Innovatsii*. 2016;(3-2(71)):162-164. (In Russ.)
27. Vinokurova MV, Vinokurov MV, Voronin SA. Effect of auto-road complex in the city of Surgut on air pollution and population health. *Gigiena i Sanitariya*. 2015;94(1):57-61. (In Russ.)
28. Korchin VI, Makaeva YuS, Korchina TYa, Shagina EA. Influence of tehnogenic contamination on indexes of the state of free-radical oxidization and micronutrient status for workers of the fillings stations, residents of KHAMAO – Yugra. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2017;(3(288)):39-42. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2017-288-3-39-42
29. Kurt AH, Olutas EB, Avcioglu F, et al. Quercetin- and caffeic acid-functionalized chitosan-capped colloidal silver nanoparticles: one-pot synthesis, characterization, and anticancer and antibacterial activities. *Beilstein J Nanotechnol*. 2023;14:362-376. doi: 10.3762/bjnano.14.31
30. Martusevich AK, Karuzin KA, Samoylov AS. [Antioxidant therapy: current state, possibilities and prospects.] *Bioradikalny i Antioksidanty*. 2018;5(1):5-23. (In Russ.)
31. Kattoor AJ, Pothineni NVK, Palagiri D, Mehta JL. Oxidative stress in atherosclerosis. *Curr Atheroscler Rep*. 2017;19(11):42. doi: 10.1007/s11883-017-0678-6
32. Lankin VZ, Tikhaze AK. Role of oxidative stress in the genesis of atherosclerosis and diabetes mellitus: A personal look back on 50 years of research. *Curr Aging Sci*. 2017;10(1):18-25. doi: 10.2174/1874609809666160926142640

Сведения об авторах:

✉ **Миняйло** Лариса Анатольевна – заместитель главного врача ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в ХМАО-Югре»; e-mail: MinyailoLA@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0159-5742>.

Корчина Татьяна Яковлевна – д.м.н., профессор, профессор кафедры общей и факультетской хирургии БУ «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия»; e-mail: t.korchina@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2000-4928>.

Корчин Владимир Иванович – д.м.н., профессор кафедры физиологии и спортивной медицины БУ «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия»; e-mail: vikhmngmi@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1818-7550>.

Нехорошева Александра Викторовна – д.т.н., главный научный сотрудник ПНИЛ БУ «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия»; e-mail: av.nehorosheva@hmgma.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0769-1858>.

Нехорошев Сергей Викторович – д.т.н., главный научный сотрудник ПНИЛ БУ «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия»; e-mail: sv.nehoroshev@hmgma.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9175-2563>.

Информация о вкладе авторов: сбор и обработка материала: *Миняйло Л.А.*; написание текста статьи: *Корчина Т.Я.*; интерпретация результатов исследования: *Корчин В.И.*; концепция и дизайн исследования: *Нехорошева А.В.*; редактирование текста: *Нехорошев С.В.* Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: Исследование проведено с соблюдением требований биомедицинской этики и поддержано решением междисциплинарного этического комитета Ханты-Мансийской государственной медицинской академии (протокол № 134 от 25.12.2019 г.). Все обследованные лица подписывали добровольное информированное согласие на проведение исследования и обработку полученных данных.

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

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

Статья получена: 31.01.23 / Принята к публикации: 13.04.23 / Опубликовано: 28.04.23

Author information:

✉ **Larisa A. Minyailo**, Deputy Chief Physician, Center for Hygiene and Epidemiology in the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra; e-mail: MinyailoLA@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0159-5742>.

Tatyana Ya. Korchina, Dr. Sci. (Med.), Prof.; Professor of the Department of General and Faculty Surgery, Khanty-Mansiysk State Medical Academy; e-mail: t.korchina@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2000-4928>.

Vladimir I. Korchin, Dr. Sci. (Med.), Professor, Department of Physiology and Sports Medicine, Khanty-Mansiysk State Medical Academy; e-mail: vikhmngmi@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1818-7550>.

Alexandra V. Nekhorosheva, Dr. Sci. (Tech.), Chief Researcher, Khanty-Mansiysk State Medical Academy; e-mail: av.nehorosheva@hmgma.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0769-1858>.

Sergey V. Nekhoroshev, Dr. Sci. (Tech.), Chief Researcher, Khanty-Mansiysk State Medical Academy; e-mail: sv.nehoroshev@hmgma.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9175-2563>.

Author contributions: study conception and design: *Nekhorosheva A.V.*; data collection: *Minyailo L.A.*; analysis and interpretation of results: *Korchin V.I.*; draft manuscript preparation: *Korchina T.Ya.*; editing: *Nekhoroshev S.V.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript

Compliance with ethical standards: The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki, and approved by the Interdisciplinary Ethics Committee of the Khanty-Mansiysk State Medical Academy (protocol 134 of December 25, 2019). All subjects signed voluntary informed consent for participation in the study and processing of the data obtained.

Funding: The authors received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

Conflict of interest: The authors have no conflicts of interest to declare.

Received: January 31, 2023 / Accepted: April 13, 2023 / Published: April 28, 2023