

УДК 796.015.1

DOI 10.5930/1994-4683-2026-3-117-124

## **Влияние долговременной гемодинамической адаптации на спортивную успешность в видах спорта на выносливость**

**Захарова Анна Валерьевна**, кандидат педагогических наук, профессор

*Уральский федеральный университет, Екатеринбург*

*Инновационный центр «Рекордика» Олимпийского комитета России, Москва*

### **Аннотация**

**Цель исследования** – установить влияние параметров долговременной гемодинамической адаптации на спортивную успешность и функциональное состояние лыжников-гонщиков разных возрастов, а также возможность управления спортивной подготовкой лыжников-гонщиков на основе контроля долговременной гемодинамической адаптации.

**Методы и организация исследования.** Контроль долговременной гемодинамической адаптации включал оценку относительных объемных параметров сердца спортсменов с применением гемодинамического мониторинга (метод импедансной реокардиографии, гемодинамический монитор «МАРГ-10-01», Микролюкс, Челябинск) в активной ортостазе у лыжников-гонщиков региональных и национальных сборных команд по лыжным гонкам в возрасте от 15 до 25 лет. Функциональное состояние спортсменов оценивалось максимальным ступенчатым тестом на лыжероллерном тредбане. Спортивная успешность лыжников-гонщиков определялась RUS пунктами Федерации лыжных гонок России. Статистическая обработка данных проводилась с помощью корреляционного анализа.

**Результаты исследования и выводы.** Спортивная успешность лыжников-гонщиков в конце соревновательного сезона наиболее сильно коррелирует с подготовленностью плечевого пояса, скоростно-силовой выносливостью ног и низкой ЧСС аэробного порога, а в конце декабря – с относительными объемами сердца спортсменов. Недостаточная гемодинамическая адаптация лыжников-гонщиков не влияет на функциональную подготовленность в юношеском возрасте, но после 19 лет высокие функциональные показатели определяются высокими значениями относительного объема сердца спортсмена как в положении лежа, так и стоя. Долговременность гемодинамической адаптации в спортивной подготовке и имплицитность (скрытость) в спортивной результативности до юниорского возраста спортсменов, в котором высокий уровень гемодинамической адаптации становится критически важным фактором спортивной успешности, определяют необходимость осуществления педагогического контроля гемодинамической адаптации в циклических видах спорта на всех этапах многолетней подготовки.

**Ключевые слова:** виды спорта на выносливость, лыжные гонки, долговременная гемодинамическая адаптация, контроль общей выносливости, спортивная успешность, возрастные особенности

**Финансирование:** *Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (тема № FEUZ-2026-0036).*

## **Impact of long-term hemodynamic adaptation on athletic performance in endurance sports**

**Zakharova Anna Valeryevna**, candidate of pedagogical sciences, professor

*Ural Federal University, Yekaterinburg*

*Innovation Center «Recordica» of Russian Olympic Committee, Moscow*

### **Abstract**

**The purpose of the study** is to determine the impact of long-term hemodynamic adaptation parameters on the athletic performance and functional state of cross-country skiers of different ages, as well as the possibility of managing the athletic training of cross-country skiers based on monitoring long-term hemodynamic adaptation.

**Research methods and organization.** Control of long-term hemodynamic adaptation included the assessment of relative volumetric parameters of athletes' hearts using hemodynamic monitoring (impedance rheocardiography method, hemodynamic monitor "MARG-10-01", Mikrolux, Chelyabinsk) during an active orthostatic test in cross-country skiers of regional and national teams aged 15 to 25. The functional state of the athletes was evaluated using a maximal incremental test on a roller-ski treadmill. The sporting performance of the cross-country skiers was determined by RUS points of the Russian Ski Federation. Statistical data processing was carried out using correlation analysis.

**Research results and conclusions.** The sports performance of cross-country skiers at the end of the competitive season is most strongly correlated with the preparedness of the shoulder girdle, the speed-strength endurance of the legs, and a low heart rate at the aerobic threshold, while at the end of December it is correlated with the relative heart volumes of the athletes. Insufficient hemodynamic adaptation in cross-country skiers does not affect functional readiness during adolescence, but after the age of 19, high functional indicators are determined by high values of the athlete's relative heart volume both in the supine and standing positions. The long-term nature of hemodynamic adaptation in sports training and its implicit role in sports performance until the junior age, when a high level of hemodynamic adaptation becomes a critically important factor for sports success, determine the necessity of implementing pedagogical control of hemodynamic adaptation in cyclic sports at all stages of long-term training.

**Keywords:** endurance sports, cross-country skiing, long-term hemodynamic adaptation, overall endurance control, sports performance, age-related characteristics

**Funding:** *This work was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (Theme No. FEUZ-2026-0036).*

**Введение.** В процессе многолетней спортивной подготовки рост тренированности обеспечивается адаптационными изменениями в организме спортсмена, формирующимися под воздействием физической нагрузки [1]. Тренировка спортсменов основана на теории адаптации к стрессу: физическая нагрузка — это стимул (стресс), на который организм реагирует так называемой реакцией тревоги [2], а повторяющиеся физические нагрузки приводят к адаптации, в результате которой повышается физическая работоспособность.

Адаптации в спорте исключительно многообразны (адаптация к нагрузкам разной интенсивности и направленности), многоступенчаты (этапность многолетнего спортивного совершенствования и микро- и макроструктурность цикла подготовки диктуют необходимость очередного адаптационного скачка [3]) и специфичны (адаптируемые системы в организме и степень их адаптации определяют спортивную успешность в избранном виде спорта).

Для уточнения физиологических процессов, за счет которых преимущественно происходит рост физической работоспособности в видах спорта на выносливость, был введен термин «долговременная гемодинамическая адаптация», который отражает сущность адаптивных изменений в организме спортсменов в видах спорта на выносливость. Долговременная гемодинамическая адаптация — процесс постепенного формирования физиологических изменений в соподчиненных системах организма (кардиореспираторной, системах кровообращения и нейрогуморальной регуляции) в онтогенезе спортсменов в результате длительной и многократной мобилизации функциональной системы в целесообразной тренировочной деятельности с преобладанием аэробных нагрузок.

В наших исследованиях были выявлены гендерные особенности долговременной гемодинамической адаптации спортсменов в лыжных гонках [4] и рассмотрены корреляционные взаимосвязи МПК с показателями комплексного тестирования лыжников-гонщиков разного возраста [5]. Однако влияние степени гемодинамической адаптации на спортивную успешность лыжников-гонщиков осталось неопределенным, а также не установлено влияние степени долговременной адаптации спортсменов на важные для спортивной деятельности показатели функционального состояния организма на порогах аэробного и анаэробного обмена.

**Цель исследования** – установить влияние параметров долговременной гемодинамической адаптации на спортивную успешность и функциональное состояние лыжников-гонщиков разных возрастов, а также возможность управления спортивной подготовкой лыжников-гонщиков на основе контроля долговременной гемодинамической адаптации.

**Методика и организация исследования.** Статистическому анализу подвергались показатели этапного комплексного контроля спортсменов в Инновационном центре «Рекордика» Олимпийского комитета России в период 2024-2025 гг.: результаты контроля долговременной гемодинамической адаптации с использованием гемодинамического монитора «МАРГ-10-01» (Микролюкс, Челябинск) в активной ортопробе — конечно-диастолический индекс (КДИ, мл/м<sup>2</sup>) в положении лежа и стоя; функционального максимального ступенчатого теста на лыжном тредбане Rodby RL3500E (Швеция) — потребление кислорода (мл/мин/кг), ЧСС (уд/мин) и скорость передвижения (км/ч) на аэробном пороге (АЭП), пороге анаэробного обмена (ПАНО) и на уровне максимального потребления кислорода; результаты Вингейт-теста на велоэргометре Monark 894E (Швеция) — максимальная алактатная мощность  $MAM_{\text{ног}}$  (Вт/кг) и средняя мощность Вингейт-теста ( $M_{30s}$ , Вт/кг) и пиковая мощность туловища и рук ( $MAM_{\text{Skierg}}$ ), определяемая в имитационных отталкиваниях одновременными ходами на лыжном эргометре Skierg (США) за 10 секунд. Анализировались результаты успешных лыжников-гонщиков региональных и национальных сборных команд по лыжным гонкам в возрасте от 15 до 25 лет. Спортивная успешность лыжников-гонщиков [6] определялась RUS пунктами Федерации лыжных гонок России. Для выявления связи между показателями использовался корреляционный анализ.

**Результаты исследования.** Система учета спортивных результатов лыжников-гонщиков в официальных спортивных соревнованиях, проводимых Федерацией лыжных гонок России, представляет собой систему начисления RUS-пунктов (очков) в гонке в зависимости от RUS-пунктов победителя и отставания спортсмена по времени от победителя гонки, а также формирование универсальной (средней) индивидуальной оценки результативности лыжников-гонщиков на момент опубликования Листа RUS-пунктов [7]. Система RUS-пунктов помогает ранжировать гонщиков и позволяет объективно отслеживать их прогресс. Лидеры российских лыжных гонок имеют нулевые или близкие к нулю RUS-пункты, а спортсмены с большими значениями RUS-пунктов не допускаются к соревнованиям согласно Положению о соревнованиях.

Средние RUS-пункты в дистанционных гонках спортсменов молодежной (21-23 года) сборной России в апреле 2024 года равнялись  $35,96 \pm 15,78$ , юниорской (19-20 лет) –  $65,83 \pm 23,18$ . Дистанционные RUS-пункты лыжников-гонщиков молодежного и юниорского возраста на 21.04.2024 года, то есть в конце лыжного соревновательного сезона, были связаны с уровнем силовой подготовленности плечевого пояса  $MAM_{\text{Skierg}}$  ( $r = -0,71$ ), скоростно-силовой выносливостью ног  $M_{30s}$  ( $r = -0,49$ ), скоростью бега на ПАНО ( $r = -0,45$ ) и ЧСС АЭП ( $r = 0,42$ ). При этом выявлена слабая корреляционная связь спортивной результативности с МПК ( $r = -0,33$ ) и относительным объемом сердца  $KDI_{\text{стоя}}$  ( $r = -0,26$ ).

Корреляционный анализ показателей функционального тестирования в октябре 2024 года тех же спортсменов с RUS-пунктами на 1 января 2025 года (RUS-пункты улучшились: молодежь —  $29,34 \pm 14,37$ , юниоры —  $59,01 \pm 24,41$ ) выявил, что RUS-пункты в дистанционных гонках статистически связаны с КДИ<sub>стоя</sub> ( $r = -0,71$ ), долей потребления кислорода на ПАО от МПК, % ( $r = -0,48$ ) и  $MAM_{Skierg}$  ( $r = -0,44$ ).

RUS-пункты по результатам лыжного спринта не имели сильной статистической связи ни с одним из показателей тестирования, что объясняется напряженностью спортивной борьбы с непредсказуемыми исходами каждого забега в многотуровом лыжном спринте и определением RUS-пунктов по результатам квалификационного забега.

Таким образом, можно утверждать, что факторы, определяющие спортивную успешность высококвалифицированных лыжников-гонщиков, меняются на протяжении соревновательного периода. Это умозаключение побудило к проведению исследования влияния степени долговременной гемодинамической адаптации (КДИ<sub>лежа</sub> и КДИ<sub>стоя</sub>) лыжников-гонщиков в одном временном интервале (конец соревновательного периода, в течение двух недель после окончания основных соревнований спортивного сезона) на ключевые показатели в нагрузочном тестировании, а именно на потребление кислорода максимальное (МПК, мл/мин/кг), на аэробном пороге (ПК на АЭП, мл/мин/кг) и на анаэробном пороге (ПК на ПАО, мл/мин/кг).

В качестве данных для статистического анализа были использованы результаты комплексного тестирования высококвалифицированных спортсменов 15-25 лет в Инновационном центре Олимпийского комитета России в период с 28 марта по 30 апреля 2025 г. Все спортсмены ( $n=128$ ) провели полноценный соревновательный сезон, и период времени после последних важных стартов не превышал 10 дней. Это удобное время тестирования спортсменов для обеспечения тренера информацией о состоянии спортсмена в «боевой» спортивной форме для планирования следующего макроцикла. Именно в тестировании в конце соревновательного периода можно определить сильные и слабые стороны спортсмена, не позволившие реализоваться в полной мере.

Аналогично результатам нашего исследования по оценке влияния показателей комплексного тестирования на показатель МПК [5], в группе лыжников-гонщиков 15–17 лет и старше 17,5 лет не выявлено сильных корреляционных связей рассматриваемых показателей, за исключением очевидных:

в возрасте 15–17 МПК и ПК на ПАО ( $r=0,95$ ) и ПК на АЭП ( $r=0,78$ ), а также взаимосвязь КДИ<sub>стоя</sub> и ЧСС ( $r = -0,78$ ), фракцией выброса ФВ ( $r=0,74$ ) и тонусом сосудов ( $r = -0,86$ );

в возрасте 17,5 лет-19 лет МПК и ПК на ПАО ( $r=0,92$ ).

Анализ диаграммы рассеяния (рис. 1) не выявил взаимосвязи между объемными гемодинамическими параметрами лыжников и их МПК. При этом у лыжников 19 лет и старше выявлена зависимость потребления кислорода как с КДИ<sub>стоя</sub>, так и с КДИ<sub>лежа</sub>, но еще более сильная связь с суммой КДИ<sub>стоя</sub> + КДИ<sub>лежа</sub> (рис. 2). Объемные параметры кардиосистемы спортсменов линейно и сильно влияют на потребление кислорода на аэробном ( $R^2=0,88$ ) и на анаэробном пороге ( $R^2=0,77$ ), где  $R^2$  - степень достоверности аппроксимации линейной зависимости.

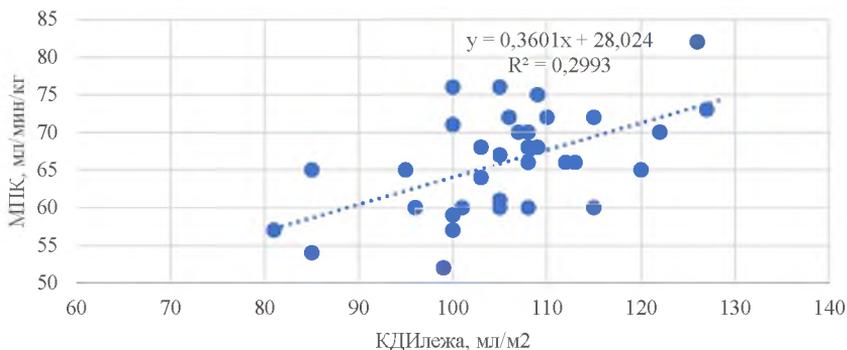


Рисунок 1 – Диаграмма рассеяния для КДИ<sub>лежа</sub> и МПК у лыжников-гонщиков 17,5 лет и старше

Угловые коэффициенты  $a$  в линейной зависимости  $y=ax+b$ , характеризуют угол наклона прямой. Угловой коэффициент  $a$  (рис. 2) увеличивается в линейных зависимостях от 0,17 на аэробном пороге до 0,33 на МПК. Это значит, что: (1) прирост КДИ с большей степенью значимости обеспечивает улучшение потребления кислорода на аэробном пороге; (2) но еще сильнее поднимает аэробные способности спортсмена на пределе его возможностей; (3) для контроля долговременной гемодинамической адаптации важны оба показателя КДИ спортсменов в активной ортопробе, так как они отражают степень долговременной гемодинамической адаптации к физической нагрузке и вертикальному положению – положению тела лыжника в соревновательной деятельности.

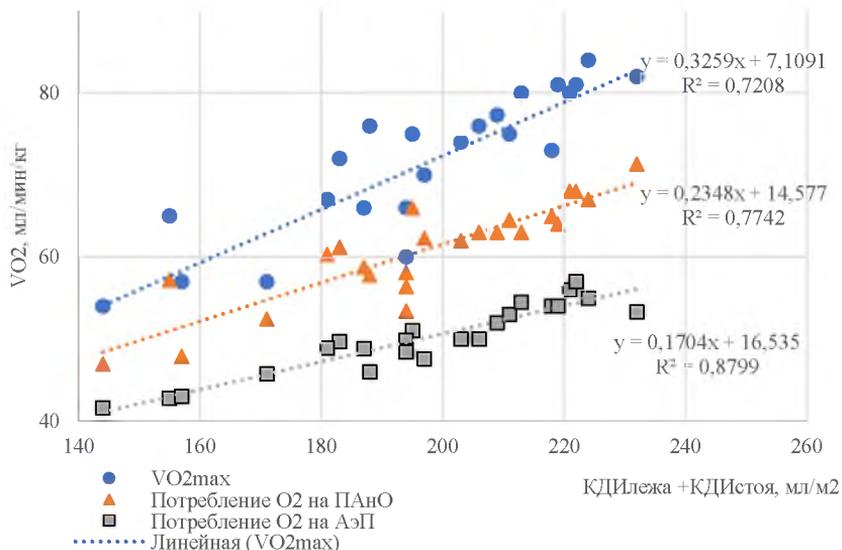


Рисунок 2 – Взаимосвязь суммы КДИ в активной ортопробе высококвалифицированных лыжников-гонщиков старше 19 лет и потребления кислорода в критических точках в конце соревновательного сезона

Проведенные исследования зависимостей объемных гемодинамических параметров выявили сильные взаимосвязи КДИ спортсменов с МПК, RUS-пунктами в дистанционных гонках и линейную зависимость потребления кислорода в ступенчатом нагрузочном стресс-тестировании лыжников-гонщиков старше 19 лет.

Получается, что вклад объемных параметров сердца лыжников-гонщиков мужского пола в высокую физическую работоспособность наиболее ярко проявляется с юниорского возраста и становится критически важным. При этом функциональная подготовленность до юниорского возраста может быть обеспечена разными аспектами физической подготовленности. Так как формирование достаточных объемов сердца – задача долговременной гемодинамической адаптации в видах спорта на выносливость, то без систематического контроля степени долговременной гемодинамической адаптации в детско-юношеском спорте, где ее уровень слабо влияет на спортивный результат, невозможно организовать целесообразное управление спортивной подготовкой лыжников-гонщиков. Вышесказанное подчеркивает необходимость дополнения комплексного педагогического контроля спортсменов циклических видов спорта с преимущественным проявлением выносливости оценкой уровня гемодинамической адаптации на всех этапах многолетней спортивной подготовки.

Контроль гемодинамической адаптации используется в научно-методическом сопровождении спортсменов Федерации лыжных гонок Свердловской области с 2017 года. Под наблюдением и контролем находились 25 спортсменов основного состава сборной Свердловской области с 2017 по 2023 год, а также спортсмены, не входящие в сборную области, но занимающие лидирующие позиции в соревнованиях, и лыжники-гонщики, в которых личный тренер увидел потенциал в дальнейшем спортивном совершенствовании.

Спортсмены основного состава спортивной сборной проходили этапный контроль минимум два раза в год. По итогам этапного контроля спортсмены получали полноценный отчет с анализом функционального состояния и подробными рекомендациями по планированию подготовки. Рекомендации учитывали все аспекты физической подготовленности в совокупности, с опорой на их взаимосвязь и с учетом результатов соревновательной деятельности. Все результаты первого и последующих этапных обследований дополняли первый отчет, что позволяло отслеживать динамику показателей или ее отсутствие, и обсуждать с тренером как результаты тестирования и соревновательной деятельности, так и дальнейшие пути спортивного развития лыжника-гонщика, а также проводить аналитическую обработку данных, полученных по итогам этапного и текущего контроля спортсменов.

Отбор спортсменов с опорой на успешную гемодинамическую адаптацию по возрасту позволил обеспечить рост индивидуальной спортивной успешности и существенное улучшение выступлений сборной команды Свердловской области в Первенствах России по юношам и девушкам (табл. 1).

Критериями эффективности тренировочного процесса с контролем гемодинамического состояния спортсменов и научно-обоснованным спортивным отбором в региональной сборной команде являются: (i) спортивный результат сборной команды Свердловской области по лыжным гонкам, одержавшей убедительные победы на

Спартакиаде учащихся России в 2022 году и юниорской Спартакиаде молодежи России в 2023 году; (ii) планомерный рост результативности спортсменов в юношеском и юниорском возрасте с призовыми местами в эстафетных гонках на протяжении 2018–2023 гг.; (iii) повышение уровня Свердловской области в рейтинге Федерации лыжных гонок России в комплексном зачете среди 54 субъектов Российской Федерации (табл. 1); (iv) выполнение нормативов мастера спорта большой группой свердловских спортсменов: звание мастера спорта присвоено 3, 5 и 18 лыжникам-гонщикам в 2020, 2021 и 2022 годах соответственно; (v) улучшение личных RUS-пунктов лыжников-гонщиков с гемодинамической адаптацией под контролем.

Таблица 1 – Итоги выступлений лыжников-гонщиков Свердловской области в официальных соревнованиях за период 2015–2025 гг.

Сезон/ Группа	2015/ 2016	2016/ 2017	2017/ 2018	2018/ 2019	2019/ 2020	2020/ 2021	2021/ 2022	2022/ 2023	2023/ 2024	2024/ 2025
Основной зачет (М+Ж)	11	10	15	12	19	14	20	23	17	14
Молодежный зачет (М+Ж)	14	10	20	11	13	10	20	7	7	4
Юниорский зачет (М+Ж)	7	16	12	19	9	9	9	2	2	8
Юношеский зачет (М+Ж)	12	9	9	6	4	1	1	5	6	9
Комплексный зачет	<b>14</b>	<b>11</b>	<b>15</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	7	7

**Выводы.** Спортивная успешность в лыжных гонках определяется разными факторами в разное время соревновательного сезона: в декабре преимущество дают достаточно высокие объемные показатели сердечно-сосудистой системы, в конце сезона – силовая подготовленность туловища и рук, скоростно-силовая выносливость ног на фоне хорошей общей выносливости.

Степень долговременной гемодинамической адаптации спортсменов в видах спорта на выносливость, оцениваемая по относительному объему сердца (конечно-диастолическому индексу, мл/м<sup>2</sup>), определяет функциональную подготовленность только с возраста 19 лет. Гемодинамические объемные параметры наиболее значимо влияют на потребление кислорода на пороге аэробного обмена, однако увеличение КДИ в результате тренировки обеспечивает более сильное увеличение потребления кислорода на пороге анаэробного обмена и при предельной физической нагрузке.

Представленное исследование с опытно-экспериментальной работой в региональной сборной команде акцентирует внимание на необходимости контроля степени долговременной гемодинамической адаптации спортсменов в видах спорта на выносливость для оптимизации управления спортивной подготовкой на всех ее этапах.

#### Список источников

1. Меерсон Ф. З., Пшенникова М. Г. Адаптация к стрессорным ситуациям и физическим нагрузкам. Москва : Медицина, 1988. 256 с. : ил.
2. Rusko H. Training for cross country skiing // Handbook of sports medicine and science. Cross country skiing / Ed. H. Rusko. Oxford : Blackwell Science Ltd., 2003. P. 62–100.
3. Платонов В. Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и её практические приложения. Москва : Советский спорт, 2005. 820 с. : ил. ISBN 5-9718-0047-7.

4. Захарова А. В., Винокурова К. Р. Гендерные особенности долговременной гемодинамической адаптации спортсменов циклических видов спорта (на примере лыжных гонок). DOI 10.14529/hsm250402 // Человек. Спорт. Медицина. 2025. Т. 25, № 4. С. 16–22. EDN: RGGQTD.
5. Захарова А. В., Тарбева Н. М. Корреляционные взаимосвязи максимального потребления кислорода с показателями комплексного тестирования лыжников-гонщиков разного возраста. DOI 10.24412/2588-0225-2025-20-4-310-316 // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. 2025. Т. 20, № 4. С. 310–316. EDN: HBFDJY.
6. Зелянина А. Н., Корельская И. Е. Представление об успешности спортивной деятельности у спортсменов // Теория и практика физической культуры. 2020. № 11. С. 42. EDN: KJASNN.
7. Регламент и схема расчета RUS пунктов в лыжных гонках (соревновательный сезон 2024–2025 гг.). Москва : Федерация лыжных гонок России, 2024. 10 с.

#### References

1. Meerson F. Z., Pshennikova M. G. (1988), “Adaptation to stressful situations and physical load”, Medicine, Moscow.
2. Rusko H. (2003), “Training for cross country skiing. Handbook of sports medicine and science. Cross country skiing”, Blackwell Science Ltd., Oxford.
3. Platonov V. N. (2005), “The system of training athletes in Olympic sports. General theory and its practical applications”, Moscow, ISBN 5-9718-0047-7.
4. Zakharova A. V., Vinokurova K. R. (2025), “Gender-specific features of long-term hemodynamic adaptation of cyclical sports athletes (on the example of cross-country skiing)”, *Human. Sport. Medicine*, Vol. 25, No. 4, pp. 16–22, DOI 10.14529/hsm250402.
5. Zakharova A. V., Tarbeeva N. M. (2025), “Correlation relationships of maximum oxygen consumption with indicators of complex testing of cross-country skiers of different ages”, *Pedagogical, psychological, and biomedical problems of physical culture and sports*, Vol. 20, No. 4, pp. 310–316, DOI 10.24412/2588-0225-2025-20-4-310-316.
6. Zelyanina A. N., Korelskaya I. E. (2020), “The idea of the success of sports activities among athletes”, *Theory and practice of physical culture*, No. 11, p. 42.
7. Russian Cross-country Skiing Federation (2024), “Regulations and calculation scheme for RUS points in cross-country skiing (2024-2025 competitive season)”, Moscow.

#### Информация об авторах:

**Захарова А.В.**, профессор кафедры физической культуры Института физической культуры, спорта и молодежной политики, эксперт управления научно-методического сопровождения спортивной подготовки Инновационного центра «Рекордика» Олимпийского комитета России, ORCID: 0000-0002-8170-2316, SPIN-код 8139-3742.

*Поступила в редакцию 06.02.2026.*

*Принята к публикации 23.02.2026.*