

Щевцов А.В.^а, Мирошников А.Б.

Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», Москва, Российская Федерация

ИНДЕКС ПОЛЯРИЗАЦИИ ДЛЯ ПЯТИЗОННОЙ МОДЕЛИ ИНТЕНСИВНОСТИ ТРЕНИРОВОЧНЫХ НАГРУЗОК: ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

Щевцов Алексей Викторович, Мирошников Александр Борисович

Индекс поляризации для пятизональной модели интенсивности тренировочных нагрузок: теоретическое обоснование

Аннотация. Трёхзональная модель интенсивности и индекс поляризации широко используются для количественной оценки структуры тренировочной нагрузки. Однако в современной спортивной физиологии всё большее распространение получает пятизональная классификация, позволяющая более тонко дифференцировать метаболические и нейромышечные адаптационные механизмы, для которой адаптированный индекс поляризации отсутствует. Цель исследования – разработать и обосновать модификацию индекса поляризации для пятизональной модели интенсивности тренировочной нагрузки. Материалы и методы. Выполнен нарративный обзор литературы в базах PubMed, Google Scholar и eLibrary (2006–2026). На основе анализа физиологических характеристик зон интенсивности и математического моделирования предложена модификация индекса поляризации. Результаты. Предложен индекс $PI_5 = \log_{10} (((Z_1 + Z_2) / (Z_3 \times (Z_4 + Z_5))) \times 100)$, где $Z_1 - Z_5$ – процент времени в соответствующих зонах интенсивности. Объединение Z_1+Z_2 (низкая интенсивность) и Z_4+Z_5 (высокая интенсивность) основано на физиологическом сходстве метаболических механизмов (преимущественно аэробных и анаэробно-алактатных соответственно). Математическое моделирование подтвердило, что $PI_5 > 2$ соответствует поляризованному распределению нагрузки, а $PI_5 < 2$ – неполяризованным структурам. Предложены модификации для граничных случаев (нулевые значения времени в отдельных зонах). Разработанный индекс позволяет количественно оценивать степень поляризации тренировочного процесса в рамках пятизональной модели, сохраняя интерпретационную логику оригинального индекса.

Ключевые слова: поляризованная модель, индекс поляризации, пятизональная модель, распределение интенсивности, тренировочная нагрузка, лактатный порог.

Shevtsov Alexey Viktorovich, Miroshnikov Alexander Borisovich

The polarization index for the five-zone training load intensity model: theoretical justification

Abstract. The three-zone intensity model and the polarization index are widely used to quantify the structure of the training load. However, in modern sports physiology, a five-zone classification is becoming increasingly widespread, allowing for a more subtle differentiation of metabolic and neuromuscular adaptation mechanisms, for which there is no adapted polarization index. The purpose of the study is to develop and justify a modification of the polarization index for a five-zone training load intensity model. Materials and methods. A narrative review of the literature in the PubMed, Google Scholar, and eLibrary databases (2006-2026) has been performed. Based on the analysis of the physiological characteristics of the intensity zones and mathematical modeling, a modification of the polarization index is proposed. Results. The proposed index $PI_5 = \log_{10} (((Z_1 + Z_2) / (Z_3 \times (Z_4 + Z_5))) \times 100)$, where $Z_1 - Z_5$ time percentage in the corresponding zones of intensity. The combination of Z_1+Z_2 (low intensity) and Z_4+Z_5 (high intensity) is based on the physiological similarity of metabolic mechanisms (mainly aerobic and anaerobic-alactate, respectively). Mathematical modeling has confirmed that $PI_5 > 2$ corresponds to a polarized load distribution, and $PI_5 < 2$ corresponds to unpolarized structures. Modifications are proposed for boundary cases (zero time values in certain zones). The developed index makes it possible to quantify the degree of polarization of the training process within the framework of the five-zone model, while maintaining the interpretative logic of the original index.

Key words: polarized model, polarization index, five-zone model, intensity distribution, training load, lactate threshold.

Щевцов Алексей Викторович, Мирошников Александр Борисович

Бес аймақтық жаттығу қарқындылығы моделінің поляризация индексі: теориялық негіздеме

Аңдатпа. Үш аймақтық қарқындылық моделі және поляризация индексі жаттығу жүктемесінің құрылымын сандық бағалау үшін кеңінен қолданылады. Дегенмен, қазіргі заманғы спорт физиологиясында бес аймақтық жіктеу барған сайын кең таралуда, бұл метаболикалық және жүйке-бұлшықет бейімделу механизмдерін нәзік дифференциациялауға мүмкіндік береді, бұл үшін бейімделген поляризация индексі жетіспейді. Зерттеудің мақсаты жаттығу жүктемесінің қарқындылығының бес аймақтық моделі үшін поляризация индексі

модификациялауды әзірлеу және негіздеу болды. Материалдар мен әдістер. PubMed, Google Scholar және eLibrary дерекқорларында (2006–2026) әдебиеттерге баяндау шолуы жүргізілді. Қарқындылық аймақтарының физиологиялық сипаттамаларын талдау және математикалық модельдеу негізінде поляризация индексінің модификациялау ұсынылды. Нәтижелер. Ұсынылған индекс $PI_5 = \log_{10} (((Z_1 + Z_2) / (Z_3 \times (Z_4 + Z_5))) \times 100)$, мұндағы $Z_1 - Z_5$ - тиісті қарқындылық аймақтарындағы уақыттың пайызы. $Z_1 + Z_2$ (төмен қарқындылық) және $Z_4 + Z_5$ (жоғары қарқындылық) тіркесімі метаболикалық механизмдердің физиологиялық ұқсастығына негізделген (негізінен аэробты және анаэробты-алактикалық, сәйкесінше). Математикалық модельдеу $PI_5 > 2$ поляризацияланған жүктеме таралуына, ал $PI_5 < 2$ поляризацияланбаған құрылымдарға сәйкес келетінін растады. Шекаралық жағдайлар үшін модификациялар ұсынылады (жеке аймақтардағы нөлдік уақыт мөндері). Әзірленген индекс бастапқы индекстің интерпретациялық логикасын сақтай отырып, бес аймақтық модельдегі жаттығу процесінің поляризациялану дәрежесін сандық бағалауға мүмкіндік береді.

Түйінді сөздер: поляризацияланған модель, поляризация индексі, бес аймақтық модель, қарқындылықтың таралуы, жаттығу жүктемесі, лактат шегі.

Введение. Оптимальное распределение интенсивности тренировочных нагрузок является одним из ключевых вопросов современной теории и методики спортивной подготовки. Распределение интенсивности во времени рассматривается как один из ключевых факторов, определяющих характер физиологических адаптаций к тренировочным нагрузкам. При этом в большинстве видов спорта дальнейшее увеличение тренировочного объема ограничено физиологическими и организационными факторами, что усиливает значение оптимизации структуры интенсивности тренировок. В связи с этим, научное сообщество проявляет повышенный интерес к оптимизации тренировочных программ, включая манипуляции с распределением интенсивности, а также другими параметрами, такими как продолжительность, объем, частота и тип упражнений.

Под интенсивностью физической нагрузки понимается количественная характеристика напряженности выполняемой работы, отражающая уровень физиологического стресса, возникающего в ответ на тренировочный стимул. Интенсивность физической нагрузки можно выражать в абсолютных (например, заданная мощность или сопротивление) или относительных (например, процент от максимальных возможностей человека) показателях. Данный показатель является одним из ключевых факторов, определяющих адаптационные изменения в организме спортсмена. Кроме того, согласно принципу перегрузки, для достижения значимых изменений в структуре, физиологии или состоянии здоровья спортсмена необходимы физические упражнения с интенсивностью, превышающей минимальный порог. Интенсивность ниже этого уровня не создаст достаточной нагрузки для стимуляции адаптации [1]. Ранние исследования в области спортивной физиологии привели к формированию трехзонной модели распределения тренировочной интенсивности, основанной на физиологических характеристиках аэробного и анаэробного мета-

болизма. Данная классификация была основана на ранее изученных характеристиках энергетического обмена и теоретических моделях аэробного и анаэробного порогов. В соответствии с данной моделью тренировочные нагрузки подразделяются на три основные зоны интенсивности, определяемые вентиляционными порогами: низкоинтенсивная (low-intensity training, LIT) – ниже первого вентиляционного порога (ventilatory threshold 1, VT1), умеренная (moderate-intensity training, MIT) – между VT1 и VT2, и высокоинтенсивная (high intensity training, HIT) – выше второго вентиляционного порога (ventilatory threshold 2, VT2) [2]. В последние годы в спортивной физиологии всё шире используются более детализированные модели классификации интенсивности, включающие четыре или пять зон. Пятизонная модель предполагает более детальное разделение диапазона интенсивностей, превышающих аэробный порог, что позволяет выделить несколько уровней высокоинтенсивной работы [3]. Эта пятизонная модель интенсивности широко используется и цитируется норвежскими учеными в научном и прикладном контексте [4, 5].

Поляризованная модель и индекс поляризации. Поляризованная модель тренировок, разработанная в начале XXI века, отводит примерно 75% времени тренировки на интенсивности ниже лактатного порога, 15-20% – на высокоинтенсивные тренировки, значительно превышающие лактатный порог, и только около 5% (или ничего в некоторых случаях) на тренировки средней интенсивности вблизи лактатного порога. Когда эта идея стала популярной, исследователи объединили ее принципы в известный «принцип тренировок 80/20», который гласит, что 80% тренировок должны составлять низкоинтенсивные упражнения [2], а оставшиеся 20% должны состоять из высокоинтенсивной работы. Разработанный индекс поляризации (Polarization Index, PI) позволил количественно оценить степень поляризации в ходе тренировочной программы и адекватно от-

ражал изменения, происходящие в данной модели [6]. Индекс рассчитывается по логарифмической формуле $PI = \log_{10} ((Z_1 / (Z_2 \times Z_3)) \times 100)$, где Z_1 , Z_2 и Z_3 обозначают процентное соотношение времени тренировки, проведенного в соответствующих зонах интенсивности. Если PI больше 2, это указывает на поляризованное распределение; если меньше 2, это отражает неполяризованную структуру. Модифицированная формула $PI = \log_{10} [(Z_1 / (0,01 \times Z_3)) - (0,01 \times 100)]$ применяется, когда Z_2 равно нулю. Данная структура показывает, что стандартная схема распределения при поляризованном тренинге – $Z_1 > Z_3 > Z_2$, при этом зона 1 занимает наибольшую долю и значительно превосходит зоны 2 и 3. Несмотря на широкое распространение трехзонной модели интенсивности, в современной спортивной физиологии все чаще используется более детализированная пятизонная модель. Данная модель получила распространение прежде всего в скандинавской школе подготовки спортсменов и активно применяется как в научных исследованиях, так и в практике тренировочного планирования. Пятизонная модель обеспечивает более детальный анализ структуры тренировочной нагрузки. В трехзонной модели значительный диапазон физиологических состояний объединяется в одну среднюю зону (Zone 2). Однако внутри этой области могут существовать принципиально разные метаболические режимы – от умеренной аэробной работы до интенсивности, близкой к анаэробному порогу. В результате трехзонная модель может скрывать существенные различия в тренировочном стимуле. В пятизонной модели данная проблема частично устраняется. Средняя область интенсивности разделяется на несколько подзон, что позволяет более точно описывать тренировочные нагрузки. В типичной структуре пятизонной системы: 1) $Z_1 - Z_2$ отражают низкоинтенсивную аэробную работу; 2) Z_3 соответствует пороговой

интенсивности; 3) $Z_4 - Z_5$ характеризуют высокоинтенсивную и максимальную работу. Таким образом, пятизонная модель позволяет более детально анализировать распределение тренировочной интенсивности, а также выявлять различия между пороговыми, пирамидальными и поляризованными структурами нагрузки. Однако существующий индекс поляризации Treff был разработан исключительно для трехзонной модели интенсивности и не может быть напрямую применен к пятизонной системе. На основании анализа проблемной ситуации, данных современной научной литературы и запросов специалистов в области спортивной медицины и физиологии, была сформулирована цель исследования.

Цель работы – разработать и теоретически обосновать индекс поляризации тренировочной нагрузки, адаптированный для пятизонной модели распределения интенсивности.

Задачи исследования:

1. На основе анализа физиологических характеристик пяти зон интенсивности и математического моделирования разработать формулу индекса поляризации PI_5 , адаптированную для пятизонной модели, включая модификации для граничных случаев.

2. Теоретически обосновать пороговое значение $PI_5 = 2$ для разделения поляризованного и неполяризованного распределения нагрузок в пятизонной модели, сохранив интерпретационную логику оригинального трёхзонного индекса.

Материалы и методы. Работа выполнена на базе Федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», г. Москва. Учитывая гетерогенность доступных исследований и преимущественно концептуальный характер рассматриваемой проблемы, в работе использована методология нарративного обзора литературы.

Таблица 1 – Ключевые слова и булевы операторы для поиска литературных источников (Keywords and Boolean operators for searching literary sources)

Научная база	Ключевые слова и булевы операторы	Кол-во статей	Кол-во релевантных статей
PubMed	(«polarized index»[Title/Abstract] OR «polarization index»[Title/Abstract]) AND (sport[Title/Abstract] OR sports[Title/Abstract] OR athletic[Title/Abstract] OR training[Title/Abstract] OR athlete[Title/Abstract]) NOT (optics[Title/Abstract] OR light[Title/Abstract] OR lens[Title/Abstract] OR physics[Title/Abstract])	9	4
Google Scholar	allintitle: «polarization index» (sport OR sports OR athletic OR training)	5	5
eLibrary	((«polarized index» OR «polarization index») AND (sport OR sports OR athletic OR training OR athlete)) NOT (optics OR light OR lens OR physics)	22	1

Исследование проводилось согласно руководству, для написания нарративных обзоров CINAR (Consolidation Items for Narrative Review). Поиск литературы осуществлялся в соответствии с контрольным списком PRESS (Peer Review of Electronic Search Strategies) [7]. Поиск литературы производили в базах: PubMed, Google Scholar и eLibrary. Поиск осуществлялся по следующим ключевым словам (Таблица 1).

Рассматривались исследования за последние ~20 лет (фильтр по дате – с 2006 года по 08.03.2026 года). В исследовании не выставляли языковой барьер.

Заявление об использовании генеративного искусственного интеллекта. При подготовке рукописи использовались инструменты генеративного искусственного интеллекта исключительно для стилистической обработки текста. Авторы полностью контролировали содержание статьи и несут ответственность за представленные данные и выводы.

Результаты. Всего в ходе поиска было выявлено 36 упоминаний, из которых 10 были признаны релевантными на этапе первичного отбора. После применения критериев включения в обзор вошли 4 исследования [5, 8–10]. В доступной научной литературе не выявлено публикаций, в которых индекс поляризации был бы непосредственно адаптирован для пятизонной модели интенсивности.

Логическое расширение индекса на пятизонную модель. При переходе к пятизонной модели тренировочных нагрузок возникает необходимость корректного агрегирования зон с целью сохранения физиологической и математической преемственности исходного индекса. В рамках концепции поляризованного тренинга представляется обоснованным выделение трёх функциональных групп интенсивности: низкая интенсивность (Low, L) – объединяет зоны Z_1 и Z_2 ; $L = Z_1 + Z_2$; средняя (пороговая) интенсивность (Moderate, M) – соответствует зоне Z_3 ; $M = Z_3$; высокая интенсивность (High, H) – объединяет зоны Z_4 и Z_5 ; $H = Z_4 + Z_5$. Данное объединение зон базируется на современных представлениях о физиологических механизмах энергообеспечения мышечной деятельности и фактически представляет собой декомпозицию классической трёхзонной модели на более детализированные подуровни. Следовательно, исходную формулу Treff и соавторов [9] можно обобщить, заменив агрегированные зоны:

$$PI_5 = \log_{10}\left(\frac{L}{M} \times H \times 100\right)$$

где PI_5 – индекс поляризации для пятизонной модели; L (low) – низкая интенсивность (объединение зон 1 и 2); M (moderate) – средняя (пороговая) интенсивность (зона 3); H (high) – высокая интенсивность (объединение зон 4 и 5).

Подставляя выражения для зон, получаем детализированную формулу:

$$PI_5 = \log_{10}\left(\frac{Z_1 + Z_2}{Z_3} \times (Z_4 + Z_5) \times 100\right)$$

где Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_5 – процент времени, проведенного в соответствующих зонах интенсивности.

Предложенная формула сохраняет все фундаментальные свойства индекса Treff и соавторов [9]. Поляризованная модель предполагает, что доля низкоинтенсивной нагрузки превышает долю высокоинтенсивной работы, а последняя – долю пороговой нагрузки ($L > H > M$), это эквивалентно $(Z_1 + Z_2) > (Z_4 + Z_5) > Z_3$. Если доля средней зоны Z_3 увеличивается, знаменатель дроби растет, что приводит к снижению значения индекса. При фиксированных значениях остальных компонентов увеличение доли $Z_4 + Z_5$ приводит к снижению значения индекса, поскольку суммарная высокоинтенсивная нагрузка входит в знаменатель выражения. Вместе с тем в условиях поляризованной модели диагностическое значение имеет не изолированное увеличение H, а сочетание высокой доли L, умеренной доли H и минимальной доли M. Логарифмирование выполняет ту же функцию, что и в оригинальной формуле Treff и соавторов [9] – оно сглаживает распределение значений и приближает зависимость к линейной шкале.

Обсуждение. Обоснование эффективности предложенного индекса. Разработанный индекс поляризации представляет собой прямое обобщение классической формулы Treff и соавторов [9] на пятизонную модель интенсивности. Объединение зон $Z_1 + Z_2$ в показатель низкой интенсивности (L) и $Z_4 + Z_5$ в показатель высокой интенсивности (H) основано на физиологических характеристиках метаболизма. Зоны 1 и 2 характеризуются преимущественно аэробным энергообеспечением, соответствуя работе ниже первого лактатного порога и между первым и вторым порогами с преобладанием аэробных механизмов. В свою очередь, зоны 4 и 5 отражают интенсивность работы с существенным вкладом анаэробных источников энергии. Зона 3 (Z_3) сохраняет свою роль «пороговой» зоны, где аэробные и анаэробные процессы уравновешены. Такое объединение позволяет сохранить трёх-

компонентную структуру поляризованной модели (низкая, средняя, высокая интенсивность), но с возможностью более детального учёта распределения объёмов внутри каждой из групп благодаря использованию исходных пяти зон. Сравнение эффективности нового PI_5 -индекса и оригинального трёхзонного индекса PI_3 следует рассматривать в нескольких аспектах.

Сохранение интерпретационных свойств. Для трёхзонной модели установлено, что значение $PI_3 > 2$ указывает на поляризованное распределение, а $PI_3 < 2$ – на неполяризованное (пирамидальное или пороговое) [9]. Проведённое нами математическое моделирование различных

профилей тренировочной нагрузки в пятизонной модели подтверждает, что пороговое значение $PI_5 = 2$ также эффективно разделяет поляризованные и неполяризованные структуры. Для проверки чувствительности индекса было выполнено моделирование нескольких типовых структур распределения тренировочной интенсивности (поляризованной, пирамидальной и пороговой). Полученные значения PI_5 демонстрируют четкое различие между моделями распределения нагрузки, что подтверждает диагностическую пригодность предложенного показателя. В таблице 2 представлены примеры расчёта PI_5 для характерных распределений интенсивности.

Таблица 2 – Значения PI_5 для различных типов распределения тренировочной нагрузки (в процентах от общего времени) (PI_5 values for different types of training load distribution (as a percentage of total time))

Тип распределения	$Z_1, \%$	$Z_2, \%$	$Z_3, \%$	$Z_4, \%$	$Z_5, \%$	$L (Z_1+Z_2), \%$	$M (Z_3), \%$	$H (Z_4+Z_5), \%$	PI_5
Поляризованное	70	10	5	4	1	80	5	5	2,5
Пирамидальное	40	40	10	5	5	80	10	10	1,9
Пороговое	40	20	30	5	5	60	30	10	1,3

Примечание. Z (zone) – зона; PI (polarization Index) – индекс поляризации; L (low) – низкая интенсивность; M (moderate) – средняя интенсивность; H (high) – высокая интенсивность.

Как видно из таблицы, только поляризованное распределение (с преобладанием L и минимальной долей M) даёт значение PI_5 выше 2, что согласуется с логикой оригинального индекса. Таким образом, предложенный индекс сохраняет диагностическую ценность своего предшественника.

Повышение разрешающей способности анализа. Трёхзонная модель объединяет в средней зоне (Z_2) широкий диапазон интенсивностей – от умеренной аэробной работы до нагрузок, близких к анаэробному порогу. Это может маскировать важные нюансы тренировочного стимула. Пятизонная модель, напротив, дифференцирует этот диапазон на зоны Z_2 и Z_3 , что позволяет точнее описывать распределение объёмов. Хотя сам PI_5 оперирует суммарными показателями L, M и H, он базируется на данных, полученных в пятизонной классификации. Данная возможность позволяет провести декомпозицию структуры и оценить влияние каждой из пяти зон на итоговый показатель. Например, два спортсмена могут иметь одинаковые значения L, M и H, но разное соотношение Z_1/Z_2 или Z_4/Z_5 , что при трёхзонном подходе осталось бы незамеченным.

Использование пятизонной модели в сочетании с PI_5 позволяет тренеру или физиологу не только количественно оценить поляризацию, но и качественно интерпретировать её компоненты.

Преимственность и универсальность.

Предложенная формула является естественным обобщением: при условии, что Z_2 и Z_4 отсутствуют (или объединены с соседними зонами), PI_5 сводится к оригинальному PI_3 . Например, если принять $Z_2 = 0$ и $Z_4 = 0$, а Z_1 , Z_3 и Z_5 считать аналогами трёх зон, то выражение принимает вид $PI = \log_{10}((Z_1 / (Z_3 \times Z_5)) \times 100)$, что полностью соответствует структуре Treff и соавторов [9]. Это обеспечивает совместимость новых данных с ранее опубликованными результатами, полученными с использованием трёхзонной модели.

Учёт граничных случаев. Подобно оригинальному индексу, PI_5 требует модификации при обращении в ноль знаменателя. На основе подхода, предложенного Treff и соавторов [9], мы предлагаем следующие корректировки:

Если $Z_3 = 0$, то $PI_5 = \log_{10}(((Z_1 + Z_2) / (0,01 \times (Z_4 + Z_5)) - 1) \times 100)$;

Если $Z_4 + Z_5 = 0$, то $PI_5 = \log_{10}(((Z_1 + Z_2) / (0,01 \times Z_3) - 1) \times 100)$;

В случае одновременного отсутствия Z_3 и $(Z_4 + Z_5)$ расчёт индекса не имеет смысла, так как подобное распределение (100% времени в $Z_1 + Z_2$) не соответствует никакой из рассматриваемых моделей тренировки.

В рамках проведённого нарративного обзора не было обнаружено исследований, которые бы предлагали количественный индекс поляризации для пятизонной модели. Работы Treff и соавторов [10], Montenegro и соавторов [9] и Cove и соавторов [8] используют трехзонный подход, что ограничивает возможность детального анализа в современных системах классификации. Таким образом, предложенный PI_5 заполняет существующий пробел и может служить инструментом для дальнейших исследований, направленных на изучение взаимосвязи между распределением интенсивности в пяти зонах и адаптационными реакциями организма спортсменов.

В результате проведённого нарративного обзора и математического моделирования предложен и обоснован индекс поляризации для пятизонной модели интенсивности тренировочных нагрузок. Индекс рассчитывается по формуле $PI_5 = \log_{10}(((Z_1 + Z_2) / (Z_3 \times (Z_4 + Z_5))) \times 100)$ и сохраняет интерпретационные свойства оригинального трехзонного индекса (значение выше 2 соответствует поляризованному распределению). Агрегирование зон $Z_1 + Z_2$ и $Z_4 + Z_5$ базируется на физиологически обоснованном разделении нагрузок на низкоинтенсивные (аэробные), пороговые и высокоинтенсивные (анаэробные). Основным преимуществом предложенного индекса является возможность его использования в рамках более детализированной пятизонной классификации, что позволяет точнее описывать структуру тренировочного процесса и выявлять скрытые ранее особенности распределения интенсивности. Предложены модификации для граничных случаев (отсутствие времени в пороговой или высокой зонах). Перспективным направлением дальнейших исследований является эмпирическая валидация индекса PI_5 на основе анализа реальных тренировочных данных спортсменов различных видов спорта и уровней квалификации.

Ограничения исследования. Настоящее исследование имеет ряд ограничений, которые следует учитывать при интерпретации полученных результатов.

Теоретический характер. Предложенный индекс PI_5 разработан на основе математического моделирования и физиологического обоснования агрегирования зон, однако не прошел эмпи-

рическую валидацию на реальных тренировочных данных спортсменов. Пороговое значение $PI_5 = 2$, разделяющее поляризованные и неполяризованные структуры, принято по аналогии с оригинальным индексом Treff и соавторов [9] и требует подтверждения в лонгитюдных исследованиях с участием спортсменов различных специализаций и уровней подготовленности.

Гетерогенность пятизонных классификаций. В пятизонной модели интенсивности, используемой в различных научных школах и странах, могут наблюдаться различия в физиологическом обосновании границ зон (по лактату, ЧСС, мощности, вентиляционным порогам). Предложенный индекс предполагает стандартизованное понимание зон: $Z_1 - Z_2$ как низкоинтенсивная аэробная работа, Z_3 как пороговая зона, $Z_4 - Z_5$ как высокоинтенсивная анаэробная работа. При использовании иных принципов выделения зон интерпретация индекса может требовать корректировки.

Отсутствие учета нелинейности адаптационных реакций. Индекс поляризации PI_5 , как и его оригинальная версия, оперирует исключительно количественными показателями распределения времени в зонах интенсивности и не учитывает индивидуальные особенности адаптации спортсменов, кумулятивный эффект тренировочных нагрузок, качественные характеристики тренировочных сессий (непрерывные, интервальные) и их последовательность в микро- и мезоциклах.

Ограниченность нарративного подхода. Выбранная методология нарративного обзора не позволяет провести количественный мета-анализ имеющихся данных. Поиск литературы, хотя и выполнялся в соответствии с рекомендациями PRESS, мог не охватить все релевантные исследования, особенно не индексируемые в выбранных базах данных или опубликованные на языках, отличных от английского и русского.

Граничные условия. Предложенные модификации для случаев отсутствия времени в пороговой ($Z_3 = 0$) или высокоинтенсивной ($Z_4 + Z_5 = 0$) зонах являются математической адаптацией оригинального подхода и не имеют эмпирического обоснования. Особого внимания требует случай $Z_3 = 0$ и $Z_4 + Z_5 = 0$, при котором расчет индекса признан нецелесообразным, что ограничивает применение индекса для сугубо низкоинтенсивных программ тренировок.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на преодоление указанных ограничений путем проведения проспективных когортных исследований с использованием стандартизованных протоколов оценки интенсивности и

сопоставления значений PI_5 с объективными показателями функционального состояния и спортивной результативности.

Заключение.

На основе физиологического анализа пяти зон интенсивности и математического моделирования разработан индекс поляризации для пятизонной модели:

$$PI_5 = \log_{10} \left(\frac{(Z_1 + Z_2)}{(Z_3 \times (Z_4 + Z_5))} \right) \times 100.$$

Объединение $Z_1 + Z_2$ и $Z_4 + Z_5$ отражает сходство метаболических механизмов (аэробных и анаэробно-алактатных соответственно). Предложены модификации для граничных случаев $Z_3 = 0$ или $Z_4 + Z_5 = 0$), обеспечивающие корректность расчётов.

Математическое моделирование типовых распределений подтвердило, что значение $PI_5 > 2$ соответствует поляризованной структуре нагрузки ($L > H > M$), а $PI_5 < 2$ – неполяризованным (пирамидальной или пороговой). Сохранение порога 2 обеспечивает преемственность с оригинальным трёхзонным индексом, а использование пятизонной классификации повышает разрешающую способность анализа распределения интенсивности тренировочных нагрузок.

Финансирование. Данное исследование не получало финансирования.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы / References

1. Bishop D.J., Beck B., Biddle S.J.H., et al. Physical Activity and Exercise Intensity Terminology: A Joint American College of Sports Medicine (ACSM) Expert Statement and Exercise and Sport Science Australia (ESSA) Consensus Statement // *Medicine and Science in Sports and Exercise*. – 2025. – Vol. 57. – №11. – pp. 2599–2613. – DOI: 10.1249/MSS.0000000000003795.
2. Sun Q., Yu Y., Cui J., et al. Recent Advances in Training Intensity Distribution Theory for Cyclic Endurance Sports: Theoretical Foundations, Model Comparisons, and Periodization Characteristics // *Frontiers in Physiology*. – 2025. – Vol. 16. – Art. 1657892. – DOI: 10.3389/fphys.2025.1657892.
3. Seiler-Viken S.A., Mentzoni F., Seiler S., Skarli S., Losnegard T. Contextualizing the Norwegian standardized intensity zone framework in an international sample of endurance practitioners // *Scientific Reports*. – 2025. – Vol. 15. – №1. – Art. 34367. – DOI: 10.1038/s41598-025-17023-z.
4. Losnegard T., Skarli S., Hansen J., et al. Is Rating of Perceived Exertion a Valuable Tool for Monitoring Exercise Intensity During Steady-State Conditions in Elite Endurance Athletes? // *International Journal of Sports Physiology and Performance*. – 2021. – Vol. 16. – №11. – pp. 1589–1595. – DOI: 10.1123/ijsp.2020-0866.
5. Tønnessen E., Sandbakk Ø., Sandbakk S.B., et al. Training Session Models in Endurance Sports: A Norwegian Perspective on Best Practice Recommendations // *Sports Medicine*. – 2024. – Vol. 54. – №11. – pp. 2935–2953. – DOI: 10.1007/s40279-024-02067-4.
6. Treff G., Winkert K., Sareban M., et al. Eleven-Week Preparation Involving Polarized Intensity Distribution Is Not Superior to Pyramidal Distribution in National Elite Rowers // *Frontiers in Physiology*. – 2017. – Vol. 8. – Art. 515. – DOI: 10.3389/fphys.2017.00515.
7. McGowan J., Sampson M., Salzwedel D.M., et al. PRESS Peer Review of Electronic Search Strategies: 2015 Guideline Statement // *Journal of Clinical Epidemiology*. – 2016. – Vol. 75. – pp. 40–46. – DOI: 10.1016/j.jclinepi.2016.01.021.
8. Cove B., Bennett H., Nelson M.J., Chalmers S. Differences in Polarization Index of Elite and Subelite Adult Cyclists During a 12-Month Training Cycle // *International Journal of Sports Physiology and Performance*. – 2025. – Vol. 20. – №12. – pp. 1665–1672. – DOI: 10.1123/ijsp.2024-0436.
9. Montenegro Arjona O.A., Montenegro Arjona J., Blasco Lafarga C., Cordellat A. Commentary: The polarization-index: a simple calculation to distinguish polarized from non-polarized training intensity distributions // *Frontiers in Physiology*. – 2023. – Vol. 14. – Art. 1179769. – DOI: 10.3389/fphys.2023.1179769.
10. Treff G., Winkert K., Sareban M., et al. The polarization-index: a simple calculation to distinguish polarized from non-polarized training intensity distributions // *Frontiers in Physiology*. – 2019. – Vol. 10. – Art. 707. – DOI: 10.3389/fphys.2019.00707.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ // АВТОРЛАР ТУРАЛЫ АҚПАРАТ // INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

«Автор для корреспонденции (первый автор)»

Щевцов Алексей Викторович – кандидат педагогических наук, профессор, Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», г. Москва, Российская Федерация.

«Хат-хабарларга арналган автор (бірінші автор)»

Щевцов Алексей Викторович – педагогика ғылымдарының кандидаты, профессор, «ГЦОЛИФК» Ресей спорт университеті, Мәскеу қ., Ресей Федерациясы.

«The Author for Correspondence (The First Author)»

Shevtsov Alexey Viktorovich, – Candidate of Pedagogical Sciences, Professor, Russian University of Sport “GTSOLIFK”, Moscow, Russian Federation.

e-mail: wrestler9999@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1406-8079>

Мирошников Александр Борисович – доктор биологических наук, доцент, Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», г. Москва, Российская Федерация.

Мирошников Александр Борисович – биология ғылымдарының докторы, доцент, «ГЦОЛИФК» Ресей спорт университеті, Мәскеу қ., Ресей Федерациясы.

Miroshnikov Alexander Borisovich – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Russian University of Sport “GT-SOLIFK”, Moscow, Russian Federation.

e-mail: benedikt116@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4030-0302>

Дата поступления статьи: 14.04.2026

Дата принятия к публикации: 28.04.2026