DOI: https://doi.org/10.17816/humeco706854 EDN: PHHTOG

# Соматические маркёры уровня антропогенной нагрузки и этнические «сценарии» адаптации

А.К. Горбачёва, Т.К. Федотова, Е.Ю. Пермякова

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** Актуальность исследования определяется возросшим вкладом антропогенной нагрузки в процессы роста и развития детей и подростков.

**Цель.** Описание этнических особенностей роста и развития популяции, а также адаптации к усилению уровня антропогенного стресса сквозь призму пика скорости роста и полового диморфизма по длине тела на модели узбекских и русских школьников Узбекистана.

**Методы.** В работе использовали выборки узбекских и русских школьников 7/8–17/18 лет: 4713 человек, обследованных параллельно в Ташкенте в 1959–1960 гг., 5964 — обследованных в 1964–1965 гг., 7858 — обследованных в 1976 г. Также использовали выборки узбекских школьников Ташкента 1926–1928 и 1949–1950 гг. обследования (100 человек на половозрастную группу), узбекских школьников 2019 года обследования (Ташкент, Бухара, Наманган; *n*=3217), узбекских школьников Андижана 2024 года обследования (*n*=2200). В качестве контрольных привлечены выборки русских школьников из Ставрополя 1958 (*n*=1290) и 1981 (*n*=1200) годов обследования и Москвы 1959 (*n*=9260), 1978 (*n*=3918) и 1981 (*n*=2123) годов обследования. Рассматривали пик скорости роста длины тела, динамику его приростов, а также количественно оценивали уровень полового диморфизма по длине тела в 17 лет.

**Результаты.** Показано, что с увеличением уровня антропогенной нагрузки экологической ниши возраст пика скорости роста уменьшается («омолаживается»), а интенсивность пика увеличивается. Эта закономерность имеет почти линейный характер вплоть до 1970-х гг., пока уровень антропогенной нагрузки имеет акцелерирующий характер. Однако на примере временно́й динамики пика скорости роста узбекских детей Ташкента на историческом интервале с 1920-х по 2010-е гг. видно, что на фоне дистрессового уровня антропогенной нагрузки в 2010-х гг. эта тенденция не просто стабилизируется, но и приобретает обратный характер. Результаты настоящего исследования хорошо дополняют представления о том, что именно сома обладает длительной онтогенетической памятью, ответ организма на влияние различных факторов на соматическом уровне отражает системный характер реакции. Таким же информативным маркёром уровня антропогенной нагрузки, как пик скорости роста, является и половой диморфизм по длине тела. Положительные корреляции полового диморфизма в сочетании с более высокими (сравнительно с девушками) положительными корреляциями с длиной тела 17-летних юношей свидетельствуют о большей экочувствительности мужского пола, что соответствует классическим представлениям о содержании показателя полового диморфизма.

**Заключение.** Результаты работы позволяют сделать вывод о большей акцелерированности выборок русских по сравнению с узбеками и большей акцелерированности детей крупных городов-миллионников по сравнению с небольшими современными городскими агломерациями. Под большей акцелерированностью в контексте работы понимается более ранний пик скорости роста. В свою очередь, более выраженный у русских половой диморфизм может быть следствием большей экочувствительности русских мальчиков по сравнению с девочками своих этнических групп в сравнении с более равной по полу экочувствительностью в группах узбекских детей.

**Ключевые слова:** биологическая антропология; половое созревание; длина тела; пик скорости роста; половой диморфизм; численность места жительства.

**Как цитировать:**
Горбачёва А.К., Федотова Т.К., Пермякова Е.Ю. Соматические маркёры уровня антропогенной нагрузки и этнические «сценарии» адаптации // Экология человека. 2026. Т. 33, № 5. С. 312–322. DOI: 10.17816/humeco706854 EDN: PHHTOG

**Рукопись поступила:** 27.04.2026 **Рукопись одобрена:** 17.05.2026 **Опубликована online:** 03.06.2026

ЭКО • ВЕКТОР

Распространяется на условиях лицензии CC BY-NC-ND 4.0 International
© Эко-Вектор, 2026

DOI: https://doi.org/10.17816/humeco706854 EDN: PHHTOG

# Somatic Markers of Anthropogenic Burden Level and Ethnic Adaptation Scenarios

Anna K. Gorbachyova, Tatiana K. Fedotova, Ekaterina Yu. Permiakova

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

## ABSTRACT

***BACKGROUND:*** This study is motivated by the increasing role of anthropogenic stress in child and adolescent growth and development.

***AIM:*** To describe the ethnic features of population growth and development and adaptation to increased anthropogenic stress through the lens of peak height velocity and sexual dimorphism in stature, using Uzbek and Russian schoolchildren in Uzbekistan as a model.

***METHODS:*** We used samples of Uzbek and Russian schoolchildren aged 7/8–17/18 years: 4713 examined in Tashkent in 1959–1960, 5964 in 1964–1965, and 7858 in 1976. We also used samples of Uzbek schoolchildren from Tashkent examined in 1926–1928 and 1949–1950 (100 per sex-age group) , Uzbek schoolchildren from the 2019 survey (Tashkent, Bukhara, Namangan; $n = 3217$), and Uzbek schoolchildren from Andijan in 2024 ($n = 2200$). Control samples included Russian schoolchildren from the cities Stavropol (1958, $n = 1290$; 1981, $n = 1200$) and Moscow (1959, $n = 9260$; 1978, $n = 3918$; 1981, $n = 2123$). We analyzed peak height velocity (PHV) , its growth dynamics, and sexual dimorphism (SD) in stature at 17 years.

***RESULTS:*** With increasing anthropogenic burden, PHV age decreases ("rejuvenates") and PHV intensity increases. This pattern was almost linear until the 1970s, when anthropogenic burden was accelerating. However, temporal PHV trends in Uzbek children in Tashkent from the 1920s to the 2010s show that against a background of distress-level anthropogenic stress in the 2010s, this trend not only stabilized but reversed. These findings support the idea that the soma has long-lasting ontogenetic memory, and that the somatic response to environmental factors is systemic. Sexual dimorphism in stature is as informative a marker of anthropogenic burden as PHV. Positive correlations of SD, together with higher positive correlations with 17-year-old male stature compared with females, indicate greater environmental sensitivity in males, consistent with the classical view of sexual dimorphism.

***CONCLUSION:*** The findings suggest that the Russian samples and children from large million-plus cities are more accelerated than Uzbek samples and children from smaller urban agglomerations. In this context, "more accelerated" means earlier PHV. The greater sexual dimorphism observed in Russians may reflect greater environmental sensitivity of Russian boys relative to girls within their ethnic groups, compared with the more balanced sensitivity between sexes in Uzbek children.

**Keywords:** biological anthropology; puberty; body height; peak height velocity; sexual dimorphism; population size.

**To cite this article:**
Gorbachyova AK, Fedotova TK, Permiakova EYu. Somatic Markers of Anthropogenic Burden Level and Ethnic Adaptation Scenarios. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology).* 2026;33(5):312–322. DOI: 10.17816/humeco706854 EDN: PHHTOG

**Received:** 27.04.2026 **Accepted:** 17.05.2026 **Published online:** 03.06.2026

ECO•VECTOR

The article can be used under the CC BY-NC-ND 4.0 International License
© Eco-Vector, 2026

DOI: https://doi.org/10.17816/humeco706854 EDN: PHHTOG

# 人为负荷水平的躯体标志物与适应的民族“模式”

Anna K. Gorbachyova, Tatiana K. Fedotova, Ekaterina Yu. Permiakova

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

**摘要**

**论证。**研究的现实性由人为负荷在儿童和青少年生长发育过程中日益增长的作用所决定。

目的。描述乌兹别克斯坦乌兹别克族和俄罗斯族学童群体生长发育的民族特征，以及以生长速度峰值和17岁时体长性别二态性为视角来适应不断增强的人为应激水平。

**方法。**工作中使用了乌兹别克斯坦的乌兹别克族和俄罗斯族学童样本，年龄7/8-17/18岁：1959-1960年在塔什干并行检查的4713人，1964-1965年检查的5964人，1976年检查的7858人。还使用了塔什干乌兹别克族学童1926-1928年和1949-1950年调查的样本（每性别年龄组100人），2019年调查的乌兹别克族学童（塔什干、布哈拉、纳曼干；*n*=3217），2024年调查的安集延乌兹别克族学童（*n*=2200）。作为对照组，引用了斯塔夫罗波尔1958年（*n*=1290）和1981年（*n*=1200）调查的俄罗斯族学童样本，以及莫斯科1959年（n=9260）、1978年（*n*=3918）和1981年（*n*=2123）调查的样本。考察了身长生长速度的峰值、其增长动态，并定量评估了17岁时的体长性别二态性程度。

**结果。** 研究表明，随着人为负荷生态位水平的增加，生长速度峰值的年龄减小（“年轻化”），而峰值强度增加。这一规律在直到1970年代几乎呈线性特征，此时人为负荷水平具有加速特性。然而，以塔什干乌兹别克族儿童在1920年代至2010年代历史区间内生长速度峰值的时间动态为例可见，在2010年代应激性水平的人为负荷背景下，这种趋势不仅稳定下来，而且呈现反向特征。本研究的结果很好地补充了以下观点：即躯体本身具有长期的个体发生记忆，机体对各种因素影响的反应在躯体水平上反映了反应的系统性特征。同样，体长的性别二态性也是人为负荷水平的信息标记物。性别二态性的正相关，结合与17岁男青年体长更显著的正相关（与女孩相比），表明男性具有更高的生态敏感性，这与关于性别二态性指标含义的经典观点相符。

**结论。**工作结果允许得出结论：与乌兹别克族相比，俄罗斯族样本的加速化程度更高，并且与小型现代城市集聚区相比，百万人口大城市的儿童加速化程度更高。在本文语境下，更大的加速化被理解为更早的生长速度峰值。反过来，俄罗斯族中更显著的性别二态性可能是俄罗斯族男孩比其本民族群体中的女孩具有更高的生态敏感性的结果，相比之下，乌兹别克族儿童群体中按性别的生态敏感性更为均等。

**关键词：**生物人类学；性成熟；体长；生长速度峰值；性别二态性；居住地人口规模。

**引用本文**:
Gorbachyova AK, Fedotova TK, Permiakova EYu. 人为负荷水平的躯体标志物与适应的民族“模式”. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology).* 2026;33(5):312–322. DOI: 10.17816/humeco706854 EDN: PHHTOG

**收到:** 27.04.2026 **接受:** 17.05.2026 **发布日期:** 03.06.2026

ECO•VECTOR

The article can be used under the CC BY-NC-ND 4.0 International License
© Eco-Vector, 2026

## ОБОСНОВАНИЕ

В объективе исследования находятся две классические соматические характеристики — пик скорости роста (ПСР) длины тела и половой диморфизм (ПД) длины тела в его количественном выражении. Оба показателя, практически не востребованные в отечественных исследованиях, имеют насыщенное биологическое содержание в контексте популяционного мониторинга и значительное пространственно-временное разнообразие, являясь индикаторами темпов развития популяции (замедленный/ускоренный), дифференцированной по полу ростовых стратегий, экочувствительности и фенотипической пластичности. Как следствие, возможно использование их в качестве информативных маркёров качества среды и уровня антропогенной нагрузки. Так, показано достоверное существенное увеличение ПД скелетных размеров (длины тела и обхвата груди) по вектору урбанизации для локальной гомогенной выборки 17-летнего юношества Москвы на историческом интервале 1920–2020 гг. [1]. Изменчивость возраста ПСР по длине тела и его значительное «омоложение» отмечаются в исследовании, посвящённом долговременным изменениям длины тела жителей Перми на фоне усиления степени урбанизации. Так, у девочек 1864 г. рождения он имеет место в 14 лет, в когортах 1950–2004 гг. рождения — в 11–13 лет (у мальчиков в 13–14 лет) [2].

Систематический мониторинг физического развития детей в странах мира, имеющий более чем вековую историю, неизменно обращается к спектру влияющих на физический рост и развитие экологических факторов, в числе которых социально-экономические, семейные (образ жизни, структура и качество питания), урбанизация, некоторые климатогеографические характеристики (географическая широта, температурный режим) [3–7]. В последние годы вызовом биологическим адаптивным возможностям организма являются антропогенные поллютанты. Широкий спектр загрязнителей повсеместно оказывает многообразное воздействие на биологию человека, включая распространённость пороков развития среди новорождённых, рост и развитие детей, смертность и заболеваемость. Отдельное место в этом списке занимают ожирение, диабет, когнитивные и репродуктивные функции (качество мужской спермы, менструальная функция, темпы полового созревания) [8–20].

Факторный анализ спектра антропогенных переменных позволяет говорить, что наиболее информативным маркёром уровня антропогенной нагрузки большого города является численность населения, связанная высокими корреляциями с уровнем доходов и заболеваемостью населения, в первую очередь детской онкологией и сердечно-сосудистыми заболеваниями взрослых, уровнем техногенных загрязнений среды и пр. [21].

**Цель исследования.** Описание этнических особенностей роста и развития популяции, а также адаптации к усилению уровня антропогенного стресса сквозь призму ПСР и ПД по длине тела на модели узбекских и русских школьников Узбекистана.

## МЕТОДЫ

### Материалы

К исследованию привлечены выборки узбекских и русских школьников 7/8–17/18 лет: 4713 человек, обследованных параллельно в городе-миллионнике Ташкенте в 1959–1960 гг. [22], 5964 человека, обследованных в 1964–1965 гг. [23], 7858 человек, обследованных в 1976 г. [24]. Также были использованы выборки узбекских школьников Ташкента 1926–1928 и 1949–1950 годов обследования (численность не приведена; стандартные требования к численности одногодовых возрастных групп для разработки нормативов физического развития в возрастной физиологии — 100 человек) [25], узбекских школьников 2019 года обследования (Ташкент, Бухара, Наманган; *n*=3217 [26]), узбекских школьников крупнейшего индустриально-промышленного и транспортного центра всей Ферганской долины Андижана 2024 года обследования (*n*=2200) [27].

На рассматриваемом историческом интервале численность населения Ташкента, столицы и центра крупнейшей городской агломерации Узбекистана (5,5 млн человек) непрерывно увеличивалась и составляла в 1926–1928 гг. 323,5 тыс. человек, в 1949–1950 гг. — примерно 600–700 тыс., в 1959 г. — почти 912 тыс., в 1976 г. — 1,750 тыс., в 2016 г. — 2,900 тыс. Численность населения современного Андижана составляет 450–750 тыс. человек, Бухары — 280 тыс., Намангана — около 800 тыс. По состоянию на конец 2025 г. Ташкент регулярно входит в число наиболее загрязнённых мегаполисов мира (среднегодовой уровень загрязнения более чем в 6 раз выше рекомендуемого Всемирной организацией здравоохранения, город входит в число лидеров мировых рейтингов по уровню смога IQAir). Причины — засушливый климат, высокая плотность населения и промышленная активность. Андижан также характеризуется неблагоприятной экологической ситуацией, периодическим высоким загрязнением воздуха, значительно превышающим нормы.

Хотим подчеркнуть, что русские жители Ташкента растут и развиваются в иноэтничной этнокультурной среде и экстремальной для русских в целом экологической климатогеографической нише. Именно поэтому для контроля и чистоты эксперимента привлечены выборки русских школьников городов Ставрополя 1958 года обследования (*n*=1290; 665 мальчиков и 625 девочек) и 1981 года обследования (*n*=1200; по 600 мальчиков и девочек) из личных архивов авторов, а также Москвы 1959 года обследования [22] (*n*=9260; 4492 мальчика, 4768 девочек), 1978 года обследования [28] (*n*=3918; 1971 мальчик, 1947 девочек), 1981 года обследования [29] (*n*=2123; 1089 мальчиков, 1034 девочки).

Выбор Ставрополя был продиктован расположением его на 45 градусе северной широты, что примерно сравнимо с широтой Ташкента (41 градус с.ш.) и Андижана (40 градусов с.ш.). Москва, город более северный (55 градус с.ш.), выбрана в связи со сравнимостью с Ташкентом и Андижаном по уровню антропогенного стресса.

### Статистические методы

Для оценки календарного возраста (в годах) и интенсивности (в см) ПСР длины тела строили графики динамики приростов длины тела с последующим сглаживанием по методу наименьших квадратов. Для количественного определения уровня ПД по длине тела в 17 лет в выборках, содержащих стандартные отклонения, использовали дивергенцию Кульбака [30], аналог расстояния Махаланобиса. Из-за отсутствия в некоторых из выборок стандартных отклонений, помимо дивергенции Кульбака, для оценки половых различий рассчитывали простой коэффициент ПД по длине тела в 17 лет как отношение длины тела 17-летних юношей к длине тела 17-летних девушек [31]. Для оценки ассоциаций рассматриваемых соматических показателей с численностью населения места жительства как маркёра уровня антропогенной нагрузки использовали ранговые корреляции Спирмена. Для этой части работы был привлечён дополнительно спектр городских выборок из уже упомянутых выше сборников материалов по физическому развитию детей и подростков Российской Федерации и бывшего СССР (общая численность групп — 51). Статистический анализ материала проводили с использованием программы STATISTICA 12 (StatSoft, Inc. (2014). STATISTICA version 12).

### Этика исследования

Обследование детского и подросткового контингента проводили после получения информированного согласия в соответствии с требованиями Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации. Исследование поддержано локальным этическим комитетом биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова (положительное заключение № 55 от 26.03.2015).

## РЕЗУЛЬТАТЫ

На рис. 1 представлена изменчивость показателя ПСР длины тела у узбекских и русских девочек и мальчиков Ташкента в связи с возрастающим в историческом времени уровнем антропогенной нагрузки среды, маркёром которой является численность населения. Для узбекских детей обоего пола наиболее поздний пик приходится на 1926 г. и послевоенный 1949 г.: 15,4 года у мальчиков, 12,4 и 15,0 — у девочек соответственно. Обращает на себя внимание очень близкий ПСР у детей обоего пола в 1949 г. В 1959 и 1964 гг. пик фиксируется в более раннем возрасте у детей обоего пола. Наиболее ранний пик отмечен для манифестных акселератов 1976 г. — 12,8 года у мальчиков и 10,7 года у девочек, в 2016 г. пик у детей обоего пола вновь «стареет» — 13,7 года у мальчиков и 12,0 — у девочек. Тенденция к уменьшению возраста пика на интервале с 1959 по 1976 г. присутствует и у русских детей Ташкента обоего пола, наиболее ранний пик фиксируется также у поколения акселератов 1976 г. — 12,9 года у мальчиков и 10,4 года у девочек. У русских девочек в этом временно́м интервале систематически более ранний возраст пика сравнительно с узбечками с разницей в год в 1959 и 1964 гг., у русских и узбекских мальчиков различия носят менее выраженный характер. Наиболее универсальные значения показателей, не имеющих фактически этнической специфики, присутствуют в выборках манифестных акселератов 1976 г.

Что касается интенсивности пика (рис. 2, 3), то для русских мальчиков он в целом несколько больше, чем для узбекских на интервале с 1950-х по 1970-е гг., но для выборок акселератов 1976 г. различия по этническим группам наименьшие; у узбекских мальчиков наибольшая интенсивность пика приходится на 2016 г. У русских девочек Ташкента сравнительно с узбечками,

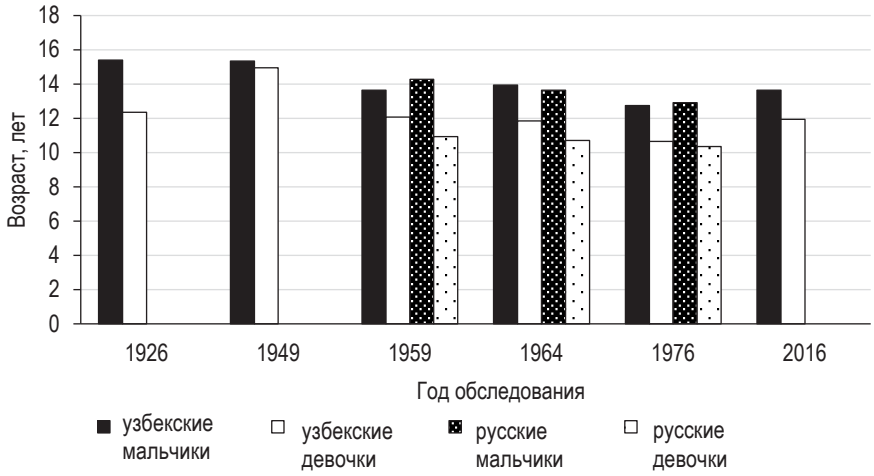


**Рис. 1.** Изменчивость пика скорости роста длины тела узбекских и русских девочек и мальчиков Ташкента.
**Fig. 1.** Variability of peak height velocity in Uzbek and Russian girls and boys in Tashkent.

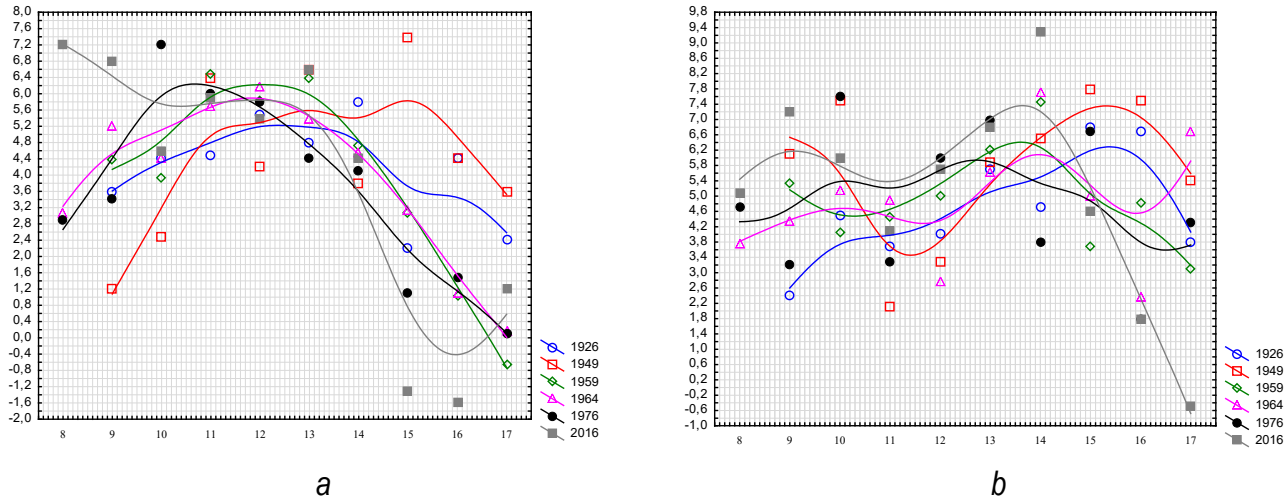


**Рис. 2.** Возрастная динамика пика скорости роста длины тела узбекских девочек (*a*) и мальчиков (*b*) Ташкента разных годов обследования.
**Fig. 2.** Age dinamics of peak height velocityin Uzbek girls (*a*) and boys (*b*) in Tashkent different years of examination.

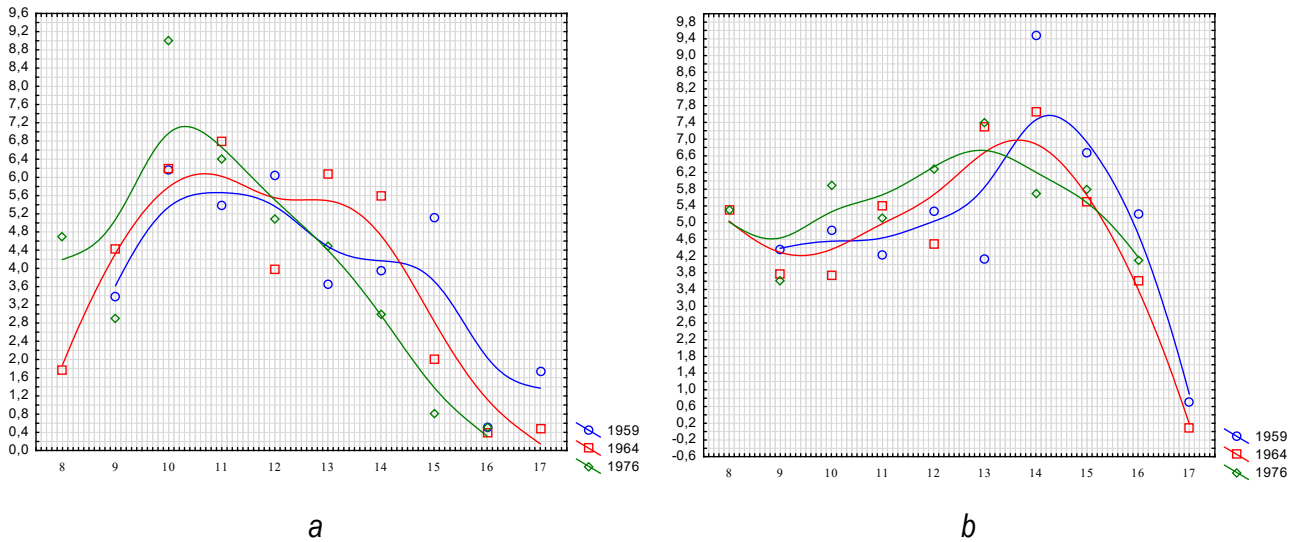


**Рис. 3.** Возрастная динамика пика скорости роста длины тела русских девочек (*a*) и мальчиков (*b*) Ташкента разных годов обследования.
**Fig. 3.** Age dinamics of peak height velocity in Russian girls (*a*) and boys (*b*) in Tashkent different years of examination.

как и у мальчиков, интенсивность пика несколько выше для 1964–1965 и 1976 гг., например, у манифестных акселератов 1976 г. составляет 7,1 см у русских против 6,2 см у узбечек. У русских девочек интенсивность пика имеет очевидную тенденцию к увеличению на интервале 1959–1976 гг., у узбекских девочек такой чёткой динамики нет, но минимальная интенсивность пика приходится на 1926 г. (5,2 см), максимальная — на 1959 и 1976 гг. (6,2 см).

На рис. 4 приведены данные по возрасту ПСР для русских детей Ташкента, Ставрополя и Москвы, обследованных в 1959 г. (см. рис. 4, *a*) и в конце 1970-х и начале 1980-х гг. (см. рис. 4, *b*). ПСР у русских девочек и мальчиков мало различается в разных и отличных по климатогеографическим и антропогенным характеристикам территориальных группах в 1959 г. — примерно 13–14 лет у мальчиков и между 10 и 11 годами у девочек. Аналогичная картина зафиксирована для рубежа 1970–1980-х гг. — между 13 и 14 годами у мальчиков, между 10 и 11 годами у девочек, несколько больше у московских девочек 1978 г. Такое территориальное единообразие ПСР в русских выборках, видимо, позволяет с осторожностью констатировать доминирование генетической составляющей в регуляции ростовой динамики детей и подростков.

Рис. 5 иллюстрирует картину ПСР узбекских детей современных городов Узбекистана с разным уровнем антропогенной нагрузки. У мальчиков (см. рис. 5, *a*) в городах-миллионниках (Ташкент, Наманган, Андижан) ПСР опережает ПСР выборки в Бухаре (280 тыс. человек) — 13,5–13,6 года против 14,03 года. У девочек (см. рис. 5, *b*) в городах-миллионниках кривая динамики длины тела имеет тенденцию к медленному постепенному снижению приростов, ПСР выражен не чётко, особенно для Таш-

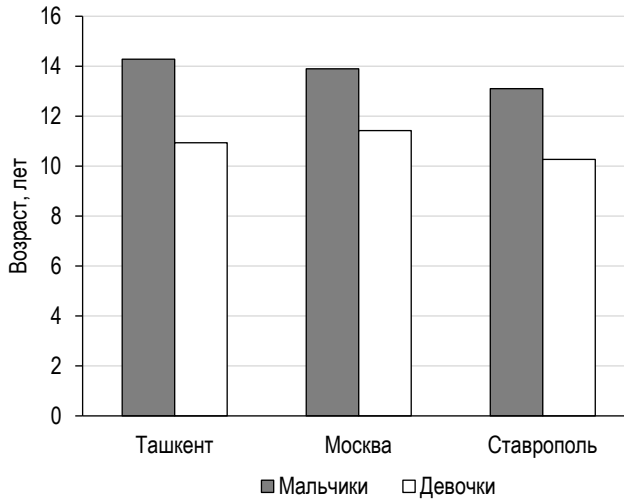


**Рис. 4.** Возраст пика скорости роста русских детей Ташкента, Ставрополя и Москвы, обследованных в 1959 г.
**Fig. 4.** Age of peak height velocity in Russian children from Tashkent, Stavropol, and Moscow, surveyed in 1959.

кента (фактически плато на интервале 10–12 лет), тем не менее для Андижана и Намангана составляет примерно 10 лет в сравнении с 12 годами для девочек Бухары.

Рис. 6 иллюстрирует временну́ю динамику и соотношение ПД по длине тела в 16 лет для русских и узбекских выборок Ташкента трёх исторических срезов (1959, 1964, 1976 гг.; 16-летние дети были взяты в связи с отсутствием в одной из выборок группы 17-летних). Величина ПД увеличивается во времени на фоне усиления уровня антропогенной нагрузки вне зависимости от этнической принадлежности групп, наибольшие её значения фиксируются в 1976 г. Но уровень ПД значительно меньше в узбекских выборках сравнительно с русскими, в частности, вдвое меньше в 1976 г. — 1 сигма и 2 сигмы соответственно. Аналогичное сравнение ПД в 17 лет для русских разных локальных групп, обследованных в Ташкенте, Ставрополе и Москве в 1959 г. и на рубеже 1970–1980-х гг. (рис. 7), в целом показало сходную картину: для выборок Ташкента, как уже упомянуто выше, и Ставрополя ПД возрастает

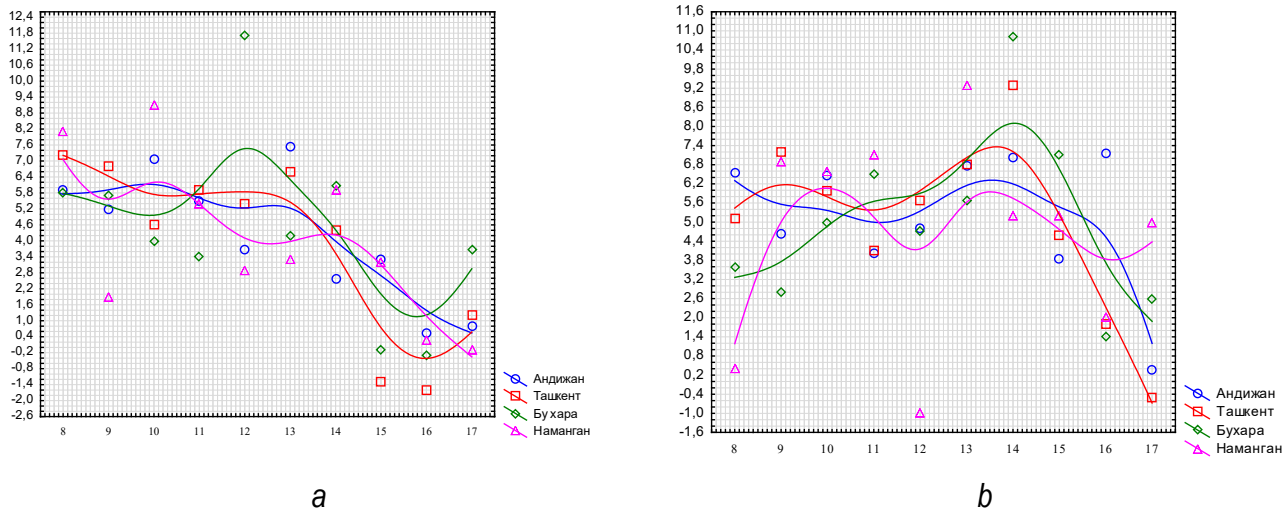


**Рис. 5.** Пик скорости роста узбекских детей современных городов Узбекистана с разным уровнем антропогенной нагрузки: *a* — девочки; *b* — мальчики.
**Fig. 5.** The peak height velocity of Uzbek children in modern cities of Uzbekistan with different levels of anthropogenic burden: *a* — girls; *b* — boys.

**Таблица 1.** Связь уровня антропогенной нагрузки с рядом показателей
**Table 1.** Relationship between the level of anthropogenic burden with some indicators

| Показатель | *R* (коэффициент корреляции Спирмена) | Распределение Стьюдента *t* (N-2) | *p* |
|---|---|---|---|
| Абсолютный прирост длины тела в момент пика у девочек | –0,018349 | –0,12311 | 0,902571 |
| Абсолютный прирост длины тела в момент пика у мальчиков | 0,138754 | 0,95027 | 0,346943 |
| Пик скорости роста, девочки | –0,045645 | –0,30652 | 0,760625 |
| Пик скорости роста, мальчики | **–0,346207** | **–2,50287** | 0,015934 |
| Половой диморфизм по Кульбаку | **0,390731** | **2,47509** | **0,018464** |
| Коэффициент полового диморфизма по Кульбаку | **0,522592** | **3,87664** | **0,000385** |
| Длина тела в 17 лет, девочки | **0,353447** | **2,38963** | **0,021668** |
| Длина тела в 17 лет, мальчики | **0,504053** | **3,78226** | **0,000486** |

*Примечание*. Полужирный — *p* <0,05.

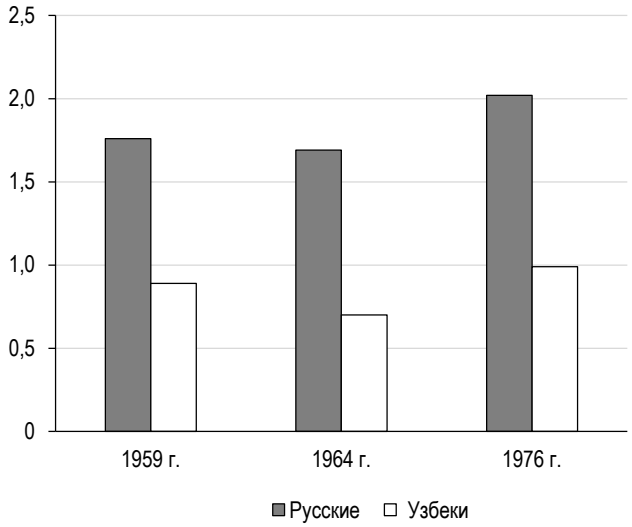


**Рис. 6.** Временна́я динамика и соотношение полового диморфизма по длине тела в 16 лет для русских и узбекских выборок Ташкента трёх исторических срезов (1959, 1964, 1976 гг.).
**Fig. 6.** Temporal dynamics and the ratio of sexual dimorphism in body height at the age of 16 for Russian and Uzbek samples from Tashkent in three historical periods (1959, 1964, 1976).

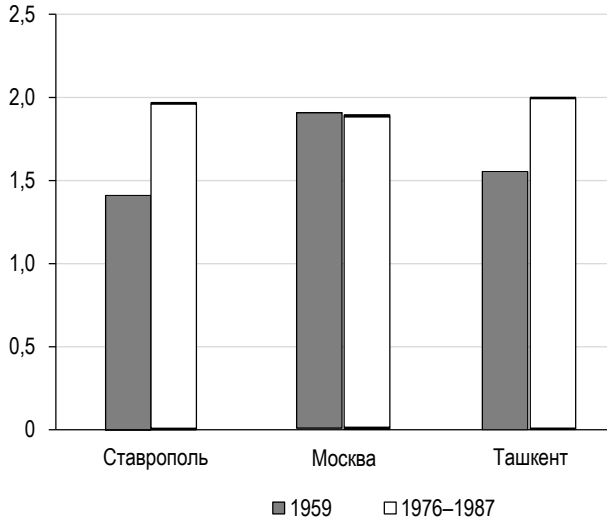


**Рис. 7.** Временна́я динамика и соотношение полового диморфизма по длине тела в 17 лет для русских выборок Ташкента, Ставрополя и Москвы двух исторических срезов (1959,1976–1987 гг.).
**Fig. 7.** Temporal dynamics and the ratio of sexual dimorphism in body height at the age of 17 for Russian samples from Tashkent, Stavropol and Moscow in two historical periods (1959, 1976–1987).

на протяжении 20 лет, для выборок Москвы остаётся стабильным. Напомним, что в среднем нормированные половые различия для дефинитивной длины тела в популяциях имеют величину 1,7–2,2 внутригрупповых средних квадратических отклонений (сигм) [31].

По данным табл. 1 уровень антропогенной нагрузки достоверно связан отрицательной корреляцией с возрастом ПСР у мальчиков (чем выше уровень нагрузки, тем «моложе» возраст пика), положительной корреляцией с нормированным уровнем ПД и коэффициентом ПД (чем выше уровень антропогенного стресса, тем больше ПД и коэффициент ПД), а также положительной корреляцией с абсолютными значениями длины тела 17-летних юношей и девушек. Важно, что у юношей корреляция уровня антропогенной нагрузки (численности населения) с длиной тела в 17 лет ($R$=0,5) соответствует коэффициенту детерминации 0,25, то есть вклад антропогенного фактора определяет четвёртую часть изменчивости длины тела юношей, а у девушек корреляция ($R$=0,35) соответствует коэффициенту детерминации 0,11, то есть вклад антропогенного фактора в случае с девушками существенно меньше.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Как продемонстрировано в нашей работе, с увеличением уровня антропогенной нагрузки экологической ниши возраст ПСР уменьшается («омолаживается») и интенсивность пика увеличивается. Эта закономерность почти линейная вплоть до 1970-х гг., пока уровень антропогенной нагрузки имеет акцелерирующий характер. Однако на примере временно́й динамики ПСР узбекских детей Ташкента на историческом интервале с 1920-х по 2010-е гг. видно, что на фоне дистрессового уровня антропогенной нагрузки в 2010-х гг. эта тенденция не просто стабилизируется, но и приобретает обратный характер. Аналогичные явления стабилизации и/или значительного замедления ростовых процессов на историческом интервале 1970–2010 гг. регистрируются и для ряда других регионов Российской Федерации: Москвы [32], Новосибирска [33], в целом по России [34]. Результаты настоящего исследования хорошо дополняют представления о том, что именно сома обладает длительной онтогенетической памятью, ответ организма на влияние различных факторов на соматическом уровне отражает системный характер реакции [35]. Вывод работы об информативности соматических показателей как маркёрах уровня антропогенной нагрузки совпадает с результатами работ в области возрастной физиологии и ауксологии, оперирующих более общепринятыми инструментами (абсолютными значениями основных соматических размеров). Так, изменчивость ПСР в связи с уровнем антропогенной нагрузки, выявленная в настоящей работе, корреспондирует с результатами антропометрического обследования школьников 7–17 лет пяти регионов Узбекистана (Ташкента, Ангрена, Намангана, Бухары, Ургенча) и их сравнительного анализа [26]: основные размерные признаки современных школьников имеют разное распределение по возрастным группам детей, проживающих в областных центрах страны с разным уровнем антропогенной нагрузки, в частности, разной численностью населения. Также за последние 30–35 лет изменились диапазоны изменчивости основных антропометрических признаков для девочек и мальчиков школьного возраста. При этом диапазон величин роста сдвинут в большую, а окружностей грудной

клетки и талии в меньшую сторону. Интересно, что у девочек, независимо от места проживания (Ташкент, Нукус, Самарканд, Гулистан, Карши, Ургенч), возраст наступления Ме практически не различается (средний возрасте Ме в Ташкенте — 13 лет 2 мес., в Нукусе — 13 лет 3 мес., в областных городах — 13 лет 7 мес.) [36], что свидетельствует об известной автономности изменчивости соматической и половой зрелости.

За последние десятилетия у школьников в экологически неблагополучных условиях Республики Каракалпакстан выявлены незначительные положительные сдвиги по длине тела и достоверно значимые отрицательные сдвиги по массе тела и окружности грудной клетки, выраженные в большей степени среди мальчиков, что указывает на наметившуюся дисгармоничность их физического развития в сторону астенизации [8]. Установлено, что подростки, проживающие в Муйнакском районе, в очаге экологической катастрофы Южного Приаралья, уступают по значениям тотальных размеров тела своим сверстникам, проживающим в относительно более благоприятных условиях Нукуса и Турткульского района; величина индекса массы тела в данных группах не различается [10].

Таким же информативным маркёром уровня антропогенной нагрузки, как ПСР, является и ПД по длине тела. Положительные корреляции ПД в сочетании с более высокими (сравнительно с девушками) положительными корреляциями с длиной тела 17-летних юношей свидетельствует о большей экочувствительности мужского пола, что соответствует классическим представлениям о содержании показателя ПД. Хотя нельзя не подчеркнуть, что бо́льшая экочувствительность не является прерогативой исключительно мужского пола и колеблется от одной популяции к другой, зависит от конкретных факторов среды, изучаемого исторического среза, возможности исследователя учесть все сложности взаимодействия природных и антропогенных факторов [37–42]. ПД длины тела современных этнотерриториальных групп, как и собственно длина тела, является производным генетики, фенотипической пластичности и реактивности в ответ на экологические стрессы, обстоятельств онтогенеза и широкого спектра экологических факторов, результатом длительной эволюционной истории и взаимодействия социокультурных и климатических факторов [43–45]. Это объясняет этнические различия ПД русских и узбекских групп. Отметим, что при проведении точечных локальных сравнений ограниченного числа этнических групп перипубертатного (подросткового) периода в одной экологической нише не удалось зафиксировать межгрупповую ростовую специфику соматического ПД в связи с этническим фактором, что может быть связано с высокими скоростями роста в перипубертатном периоде и доминированием надэтнических видовых закономерностей над локальными этническими особенностями [42]. Однако в юношеском возрасте, обсуждаемом в настоящей работе, фенотип практически окончательно сформирован, а ПД имеет фактически дефинитивные значения и межпопуляционную специфику.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты работы позволяют сделать вывод об информативности показателей ПСР длины тела и ПД по длине тела в юношеском возрасте как индикаторов уровня антропогенной нагрузки экологической ниши популяции. Оба показателя маркируют общий вектор динамики уровня антропогенного стресса, единый для выборок разной этнической принадлежности, иными словами стратегию соматической изменчивости, в частности, тенденцию к увеличению уровня ПД и «омоложению» возраста ПСР. Однако уровень показателей является локальной «тактической» характеристикой и иллюстрирует, в частности, бо́льшую акцелерированность выборок русских по сравнению с узбеками и бо́льшую акцелерированность детей крупных городов-миллионников по сравнению с небольшими (на примере узбеков) современными городскими агломерациями. Под бо́льшей акцелерированностью в контексте работы понимается более ранний ПСР. В свою очередь, более выраженный у русских ПД может быть следствием большей реактивности (экочувствительности) русских мальчиков относительно девочек своих этнических групп в сравнении с более равной по полу экочувствительностью в группах узбекских детей.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Вклад авторов.** А.К. Горбачева — концепция и дизайн исследования, сбор материала и обработка данных, написание текста статьи; Т.К. Федотова — сбор материала и обработка данных, написание текста статьи; Е.Ю. Пермякова — сбор материала и обработка данных, написание и редактирование текста статьи. Все авторы одобрили рукопись (версию для публикации), а также согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой её части.

**Этическая экспертиза.** Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова (положительное заключение № 55 от 26.03.2015).

**Согласие на публикацию.** Все участники исследования добровольно подписали форму информированного согласия до включения в исследование.

**Источники финансирования.** Научное исследование проведено при поддержке темы НИР МГУ им. М.В. Ломоносова «Евразийская антропология в координатах времени и пространства» (номер ЦИТиС: 126031318799-8).

**Раскрытие интересов.** Авторы заявляют об отсутствии отношений, деятельности и интересов за последние три года, связанных с третьими лицами (коммерческими и некоммерческими), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи.

**Оригинальность.** При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).

**Доступ к данным.** Редакционная политика в отношении совместного использования данных к настоящей работе не применима, новые данные не собирали и не создавали.

**Генеративный искусственный интеллект.** При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.

**Рассмотрение и рецензирование.** Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали два внешних рецензента, член редакционной коллегии и научный редактор издания.

## ADDITIONAL INFORMATION

**Author contributions:** A.K. Gorbachyova: conceptualization, methodology, investigation, data curation, writing—original draft, writing—review & editing; T.K. Fedotova: investigation, data curation, writing—original draft; E.Yu. Permiakova: investigation, data curation. All the authors approved the version of the manuscript to be published and agreed to be accountable for all aspects of the work, ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved.

**Ethics approval:** The study was approved by the Local Ethics Committee of the Department of Biology, Lomonosov Moscow State University (Approval No. 55, dated March 26, 2015).

**Consent for publication:** All participants provided written informed consent to participate in the study.

**Funding sources:** This work was supported by the Lomonosov Moscow State University research topic "Eurasian anthropology in time and space coordinates" (CITaS number: 126031318799-8).

**Disclosure of interests:** The authors have no relationships, activities, or interests for the last three years related to for-profit or not-for-profit third parties whose interests may be affected by the content of the article.

**Statement of originality:** No previously published material (text, images, or data) was used in this work.

**Data availability statement:** The editorial policy regarding data sharing does not apply to this work, as no new data was collected or created.

**Generative AI:** No generative artificial intelligence technologies were used to prepare this article.

**Provenance and peer-review:** This paper was submitted unsolicited and reviewed following the standard procedure. The peer-review process involved two external reviewers, a member of the Editorial Board, and the in-house science editor.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Gorbacheva AK, Fedotova TK. To the methodology of urboecological studies: variability of sexual somatic dimorphism in juvenile age according to the vector of urbanization. *Lomonosov Journal of Anthropology*. 2025;(2):17–25. doi: 10.55959/MSU2074-8132-25-2-2 EDN: QAXHUL
2. Kozlov AI, Vershubskaya GG, Gorbunova VV, et al. Long-term changes in the body height in population of Perm (1878–2024). *Lomonosov Journal of Anthropology*. 2025;(4):5–18. doi: 10.55959/MSU2074-8132-25-4-1 EDN: QWEWSS
3. Bann D, Johnson W, Li L, et al. Socioeconomic inequalities in childhood and adolescent body-mass index, weight, and height from 1953 to 2015: an analysis of four longitudinal, observational, British birth cohort studies. *Lancet Public Health*. 2018;3(4):e194–e203. doi: 10.1016/S2468-2667(18)30045-8
4. Hoffmann S, Sander L, Wachtler B, et al. Moderating or mediating effects of family characteristics on socioeconomic inequalities in child health in high-income countries — a scoping review. *BMC Public Health*. 2022;22(1):338. doi: 10.1186/s12889-022-12603-4 EDN: QESVOW
5. Nieczuja-Dwojacka J, Borowska B, Budnik A, et al. The influence of socioeconomic factors on the body characteristics, proportion, and health behavior of children aged 6–12 years. *Int J Environ Res Public Health*. 2023;20(4):3303. doi: 10.3390/ijerph20043303 EDN: EAITOV
6. Aitken RJ. Population decline: where demography, social science, and biology intersect. *Reproduction*. 2024;168(1):e240070. doi: 10.1530/REP-24-0070 EDN: YBYNBO
7. Tang F, Zhou M, Li B. Regional and urban-rural differences in childhood growth trajectories and the role of family in China. *Sci Rep*. 2024;14(1):31938. doi: 10.1038/s41598-024-83459-4 EDN: OCHYDN
8. Kamilova RT, Abdusamatova BE, Tursunov BF, et al. Age standards and assessment of puberty of girls living in various cities of Uzbekistan and Karakalpakstan. *Young Scientist*. 2016;(27):252–255. (In Russ.) EDN: XEOEFJ
9. Yerkudov VO, Zaslavsky DV, Pugovkin AP, et al. Anthropometric characteristics of young adults in areas with different ecological risks in the Aral sea region, Uzbekistan. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2020;27(10):45–54. doi: 10.33396/1728-0869-2020-10-45-54 EDN: XFIMWW
10. Rosumbetov KUU, Shamuratova GK, Ysimbetov AT. The features of total body size and body mass index in adolescents living in at different distances from an unfavorable focus of an environmental disaster: a case study of the Southern Aral Sea Region. *Re-health Journal*. 2023;(3):26–35.
11. Gallo MV, Ravenscroft J, Carpenter DO, et al. Endocrine disrupting chemicals and ovulation: Is there a relationship? *Environ Res*. 2016;151:410–418. doi: 10.1016/j.envres.2016.08.007
12. Schell LM. Culture, urbanism and changing human biology. *Glob Bioeth*. 2014;25(2):147–154. doi: 10.1080/11287462.2014.897070
13. Schell LM, Gallo MV. Overweight and obesity among North American Indian infants, children, and youth. *Am J Hum Biol*. 2012;24(3):302–313. doi: 10.1002/ajhb.22257
14. Schell LM, Bumitz KK, Lathrop PW. Pollution and human biology. *Ann Hum Biol*. 2010;37(3):347–366. doi: 10.3109/03014461003705511 EDN: NZONYP
15. Schell LM, Gallo MV, Horton HD. Power and pollutant exposure in the context of American Indian health and survival. *Ann Hum Biol*. 2016;43(2):107–114. doi: 10.3109/03014460.2016.1146333
16. Tverskaya AV, Verzilina IN. Study the influence of atmospheric pollutant on incidence of newborns of congenital anomalies of development in the Belgorod region. *Nauchnye vedomosti BelGU. Seriya Meditsina. Farmaciya*. 2018;41(2):297–304. doi: 10.18413/2075-4728-2018-41-2-297-304 EDN: XQZIVN
17. Agarkov NM, Churnosov MI, Osipova OA, et al. Effect of anthropogenic atmospheric pollutants on the prevalence of congenital malformations in newborns. *Russian Bulletin of Perinatology and Pediatrics*. 2020;65:(6):34–41. doi: 10.21508/1027-4065-2020-65-6-34-41 EDN: ZABBXC
18. Drago G, Aloi N, Ruggieri S, et al. Guardians under siege: exploring pollution's effects on human immunity. *Int J Mol Sci*. 2024;25(14):7788. doi: 10.3390/ijms25147788 EDN: SJTGCH
19. Peleman J, Ruan M, Dey T, et al. Air pollution exposure and head and neck cancer incidence. *Sci Rep*. 2024;14(1):26998. doi: 10.1038/s41598-024-73756-3 EDN: LAMAGC
20. DuBay S, Weeks BC, Davis-Kean PE, et al. Measuring historical pollution: Natural history collections as tools for public health and environmental justice research. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2025;122(24):e2403781122. doi: 10.1073/pnas.2403781122 EDN: CYNCTQ
21. Gorbacheva AK, Fedotova TK. Diversity of main anthropometric traits of infants and early age children in connection with anthropogenic factors. *Moscow University Anthropology Bulletin*. 2018;(1):18–36. doi: 10.32521/2074-8132.2018.1.018-036 EDN: XUZEWT
22. Goldfeld AYa, Merkov AM, Zeitlin AG, editors. *Materials on the physical development of children and adolescents*. Issue 1. Moscow: Medgiz; 1962. (In Russ.) URL: https://search.rsl.ru/ru/record/01005604730
23. Merkov AM, Serenko AF, Serdyukovskaya GN, editors. *Materials on the physical development of children and adolescents in cities and rural areas of the USSR*. Issue 3. Moscow: Meditsina; 1977. 495 p. (In Russ.) URL: https://search.rsl.ru/ru/record/01005697324
24. Serdyukovskaya GN, Kanep BB, Serenko AF, Ovcharov VK, editors. *Materials on the physical development of children and adolescents in cities and rural areas of the USSR*. Issue 4. Part 2. Moscow:

Vsesoyuznyi NII sotsial'noi gigieny i organizatsii zdravookhraneniya im. N.A. Semashko; 1988. 223 p. (In Russ.) URL: https://rusist.info/book/5808883
**25.** Vlastovsky VG. *Acceleration of children's growth and development*. Moscow: Izd-vo Moskovskogo universiteta; 1976. 279 p. (In Russ.) URL: https://search.rsl.ru/ru/record/01007665381
**26.** Nigmatova FU, Aydarkulova KA, Isayeva DKh. Research of anthropometric indicators of children and adolescents for the design of school uniforms. *Lomonosov Journal Of Anthropology*. 2021;(1):32–41. doi: 10.32521/2074-8132.2021.1.032-041 EDN: RDCYSN
**27.** Abduvalieva F, Khushmatov Sh. Analysis of the main anthropometric indicators of students of certain schools located in the city of Andijan, Republic of Uzbekistan. *Universum: Biology and Chemistry.* 2024;(2):6. doi: 10.32743/UniChem.2024.116.2.16765
**28.** Kanep BB, Serdyukovskaya GN, Serenko AF, Ovcharov VK, editors. *Materials on the physical development of children and adolescents in cities and rural areas of the USSR*. Issue 4. Part 1. Moscow: VNII sots. gigieny i org. zdravookhraneniya; 1986. 223 p. (In Russ.) URL: https://rusneb.ru/catalog/000200_000018_rc_478905/
**29.** Zubareva VV. *Ethno-territorial variability of growth and puberty indicators in children and adolescents of the republics of the former USSR* [dissertation abstract]. Moscow; 2003. 25 p. (In Russ.) URL: https://search.rsl.ru/ru/record/01002649430
**30.** Kulbak S. *Information theory and statistics.* Moscow: Nauka; 1967. 408 p. (In Russ.) URL: https://search.rsl.ru/ru/record/01006284622
**31.** Deryabin VE. *Lectures on general human somatology*. Part 3. Moscow: Izd-vo Moskovskogo universiteta; 2008. 215 p. (In Russ.) EDN: PKCPEX
**32.** Yampolskaya YuA. *Physical development of schoolchildren — residents of a large metropolis in recent decades: status, trends, prognosis, screening assessment methodology* [dissertation]. Moscow; 2000. 76 p. (In Russ.) URL: https://search.rsl.ru/ru/record/01003294538
**33.** Giguz TL, Polyakov AYa, Bogachanov ND. Dynamics of physical development of schoolchildren in the city of Novosibirsk. *Hygiene and Sanitation.* 2003;(3):50–52. EDN: OIWPUP
**34.** Popov VI, Ushakov IB, Levushkin SP, et al. Long-term dynamics of the physical development of children in Russia. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology).* 2022;29(2):119–128. doi: 10.17816/humeco96734 EDN: LEWQYC
**35.** Kurshakova YuS, Dunaevskaya TN, Smirnova NS, et al. A study of the proportion of the somatic norm in children from 3 to 17 years of age in order to identify periods of ontogenesis with increased sensitivity to environmental influences. In: *Biology, Ecology, Biotechnology and Soil Science*. Moscow: Izd-vo Moskovskogo universiteta; 1994. P. 32–41. (In Russ.) ISBN: 5-211-03225-X
**36.** Kamilova RT, Niyazova GT, Niyazov AT, et al. *The influence of hygienic and biomedical aspects in the ecologically unfavorable conditions of the Republic of Karakalpakstan on the processes of growth and development of children*. Moscow: Izdatel'skii dom Akademii estestvoznaniya; 2016. 94 p. (In Russ.) ISBN: 978-5-91327-381-9 EDN: WASRWF
**37.** Buzhilova AP. Homo sapiens: A medical history. Moscow: Yaz. slavyan. kul'tury; 2005. 319 p. (In Russ.) ISBN 5-9551-0087-3
**38.** Zimina S.N. *Variability of sexual dimorphism of human somatic traits under the influence of environmental factors* [dissertation]. Moscow; 2019. 176 p. EDN: OYCHLA
**39.** Gustafsson A, Werdelin L, Tullberg BS, Lindenfors P. Stature and sexual stature dimorphism in Sweden, from the 10th to the end of the 20th century. *Am J Hum Biol*. 2007;19(6):861–870. doi: 10.1002/ajhb.20657
**40.** Gustafsson A, Lindenfors P. Latitudinal patterns in human stature and sexual stature dimorphism. *Ann Hum Biol.* 2009;36(1):74–78. doi: 10.1080/03014460802570576 EDN: XXNITF
**41.** Koepke N, Floris J, Pfister C, et al. Ladies first: Female and male adult height in Switzerland, 1770–1930. *Econ Hum Biol*. 2018;29:76–87. doi: 10.1016/j.ehb.2018.02.002
**42.** Fedotova TK, Gorbacheva AK. Significance of sexual somatic dimorphism as the indicator of secular processes through the youthful period of ontogenesis. *Lomonosov Journal of Anthropology.* 2025;(4):29–41. doi: 10.55959/MSU2074-8132-25-4-3 EDN: EPSPOF
**43.** Wells JC. Sexual dimorphism in body composition across human populations: associations with climate and proxies for short- and long-term energy supply. *Am J Hum Biol.* 2012;24(4):411–419. doi: 10.1002/ajhb.22223
**44.** Little MA. Evolutionary strategies for body size. *Front Endocrinol (Lausanne).* 2020;11:107. doi: 10.3389/fendo.2020.00107
**45.** Pomeroy E, Stock JT, Wells JCK. Population history and ecology, in addition to climate, influence human stature and body proportions. *Sci Rep*. 2021;11(1):274. doi: 10.1038/s41598-020-79501-w EDN: VHPZIP

## ОБ АВТОРАХ

*** Пермякова Екатерина Юрьевна,** канд. биол. наук;
адрес: Россия, 125009, Москва, ул. Моховая, д. 11, стр. 1;
ORCID: 0000-0002-6490-4004;
eLibrary SPIN: 9951-6270;
e-mail: ekaterinapermyakova@gmail.com

**Горбачёва Анна Константиновна,** канд. биол. наук;
ORCID: 0000-0001-5201-7128;
eLibrary SPIN: 8199-7201;
e-mail: angoria@yandex.ru

**Федотова Татьяна Константиновна,** д-р биол. наук;
ORCID: 0000-0001-7750-7924;
eLibrary SPIN: 5355-2226;
e-mail: tatiana.fedotova@mail.ru

## AUTHORS' INFO

*** Ekaterina Yu. Permiakova,** Cand. Sci. (Biology);
address: 11 Mokhovaya st, bldg 1, Moscow, Russia, 125009;
ORCID: 0000-0002-6490-4004;
eLibrary SPIN: 9951-6270;
e-mail: ekaterinapermyakova@gmail.com

**Anna K. Gorbachyova,** Cand. Sci. (Biology);
ORCID: 0000-0001-5201-7128;
eLibrary SPIN: 8199-7201;
e-mail: angoria@yandex.ru

**Tatiana K. Fedotova,** Dr. Sci. (Biology);
ORCID: 0000-0001-7750-7924;
eLibrary SPIN: 5355-2226;
e-mail: tatiana.fedotova@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author