



БИОЛОГИЧЕСКАЯ АНТРОПОЛОГИЯ

Горбачева А.К., Федотова Т.К.

МГУ имени М.В. Ломоносова, НИИ и Музей антропологии,
ул. Моховая, д. 11, Москва, 125009, Россия

ПОЛОВОЙ СОМАТИЧЕСКИЙ ДИМОРФИЗМ В СВЯЗИ С ГЕОГРАФИЧЕСКИМ (ШИРОТА) И АНТРОПОГЕННЫМ (ЧИСЛЕННОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ МЕСТА ЖИТЕЛЬСТВА) ЭКОЛОГИЧЕСКИМИ ФАКТОРАМИ

Введение. Ассоциации полового соматического диморфизма (ПД) со степенью урбанизации (численностью населения) и географической широтой места жительства рассматриваются на материалах обследования детского населения России в возрасте второго детства и подростковом.

Материал и методы. К исследованию привлечен спектр этнотерриториальных выборок детей и подростков ($N=291$) территории России и сопредельных стран, обследованных на широком историческом интервале 1930-е–2010-е гг. Для оценки направления и уровня ассоциаций полового диморфизма антропометрических показателей и экологических факторов использовался классический корреляционный анализ для попарных сочетаний признаков в возрастных группах 9-летних детей и 13-летних подростков. Для количественной оценки величины полового диморфизма использована дивергенция Кульбака, аналог расстояния Махаланобиса.

Результаты. Для всего массива данных выявлены достоверные корреляции полового диморфизма по длине тела с обоими экологическими факторами для 13-летних подростков и полового диморфизма по массе тела для 9-летних детей только с численностью населения. Для более однородного массива данных (только славянские группы, обследованные в 1960-х–1970-х гг.) достоверные связи с широтой для ПД по длине тела 13-летних детей фиксируются только при численностях населения места жительства до 500 тыс. чел., достоверные связи с ПД по массе тела для 9-летних детей – только для городов-миллионников. Одновременно достоверные связи с численностью населения выявлены для ПД по длине тела в 13 лет только в более южных диапазонах географической широты (37–50 градусов), для ПД по массе тела в 9 лет – в более высоких диапазонах широт (50 градусов и выше).

Заключение. В исследовании показана сложная суперпозиция экологических факторов, влияющих на соматическую изменчивость детей в процессе роста. Высокая степень урбанизации маскирует положительные антропоэкологические связи полового диморфизма–географическая широта для экочувствительного возраста 13 лет, но обнаруживает их для «нейтрального» возраста 9 лет с отрицательно направленным вектором. В то же время в наиболее южном (около 40 градусов с.ш.) диапазоне из рассматриваемого в целом пояса географической широты, выявляются положительные связи полового диморфизма и степени урбанизации для возраста 13 лет, отсутствующие в более северных коридорах широты. Более частые антропоэкологические связи для полового диморфизма по длине тела как генетического маркера у подростков 13 лет и полового диморфизма по массе тела как маркера образа жизни и питания у 9-летних детей отражают физиологическое содержание рассматриваемых периодов – минимальные половые различия у детей в возрасте второго детства и усиление межполовых различий у подростков.

Ключевые слова: антропологическая изменчивость; половой соматический диморфизм; степень урбанизации и географическая широта места жительства; второе детство; подростковый возраст; уровень антропоэкологических связей

DOI: 10.55959/MSU2074-8132-24-3-5

Введение

В 1987 году выдающийся британский ауксолог Джеймс Таннер опубликовал свою знаменитую работу «Growth as a mirror of the condition of society: secular trends and class distinction» [Tanner, 1987]. Анализируемые им представления о росте на восходящем отрезке онтогенеза как отражении качества среды остаются неизменно актуальными на протяжении десятилетий. Концепция Дж. Таннера имеет непреходящее теоретическое и прикладное значение и в современной среде, характеризующейся бесчисленным количеством техногенных загрязнений, бросающих вызов эндокринной норме организма [Schell et al., 2012]. Современные ауксологи «пересматривают» таннеровские тезисы с целью внести в них некоторые дополнения и поправки. В частности, обсуждается, что для большей части мирового сообщества преимущества роста в урбанизированной среде уменьшаются в XXI веке, в то время как для африканских регионов, напротив, увеличиваются [NCD Risk..., 2023]. Напомним, что среда крупных современных городских агломераций, особенно мегаполисов, является самой сложной и стрессовой экологической нишей, где антропогенные факторы сплетаются с климатическими самым причудливым образом, а население городов остается самой уязвимой частью населения в любой точке земного шара [Bambrick et al., 2011; Araos et al., 2016; Villalbí, Ventayol, 2016; Mari-Dell'Olmo et al., 2022]. Адаптация к экологии города усугубляется такими факторами как стремительная урбанизация, высокая плотность населения, экстремальные температуры воздуха и термальный стресс, доступность и качество воды, загрязнение воздуха, мгновенно передающиеся вирусные заболевания, энтеробактериальные заболевания. Доминирование антропогенных факторов в структуре экологических факторов развития в целом в современном мире не отменяет значимости климатогеографических факторов (в частности географической широты места резиденции популяции как наиболее интегрального показателя температурного и светового режима) [Gustafsson, Lindenfors, 2009]. Некоторые авторы указывают на значительное влияние фактора географической широты на межпопуляционные вариации соматических показателей, в том числе полового диморфизма (ПД) длины тела, превышающее, возможно, влияние социальных факторов среды, включая брачную структуру сообществ [Gray, Wolfe, 1980; Wolfe, Gray, 1982a, 1982b]. Справедливости ради нельзя не отметить, что в некоторых рабо-

тах обсуждается, что правила Бергмана [Bergmann, 1847] о связи размеров и формы тела с сугубо климатическими температурными факторами как жизненно важными уже не работают для современных сообществ, представляют исключительно исторический интерес и физиологическая антропология должна оперировать социальными, экономическими, политическими, психоэмоциональными, информационными факторами и нутритивным статусом [Bogin et al., 2022].

Сома – наиболее удачный объект для анализа антропологических объектов как живой системы в динамике, поскольку обладает длительной онтогенетической и эволюционной памятью. Соматический ответ организма на влияние различных факторов отражает целостный системный характер реакции, соматический уровень изменчивости является, таким образом, наиболее информативным уровнем изменчивости в процессе мониторинга современного населения [Куршакова с соавт., 1994]. В свою очередь соматический половой диморфизм является базовой фундаментальной характеристикой, в частности, возрастной соматической динамики, описывая дифференцированные по полу стратегии развития и фенотипической пластичности. Ранее авторами на материалах обследования детей раннего и первого детства показано, что для компактного блока данных по славянским выборкам 1960-х–1970-х гг. обследования с увеличением численности населения места жительства для детей 6 лет зафиксировано достоверное уменьшение полового диморфизма (ПД) по длине тела ($R=-0,38$, $P=0,00$) и массе тела ($R=-0,28$, $P=0,01$). Для детей 3-х-лет эти закономерности имеют характер тенденции, но тот же вектор динамики. Половой диморфизм по объему груди обнаруживает небольшие отрицательные корреляции с широтой ($R=-0,21$ при $P=0,01$) для детей 6 лет и близкую к достоверности отрицательную ассоциацию для детей 3-х лет ($R=-0,14$ при $P=0,08$). Оценка соотносительной погодовой динамики полового диморфизма соматических размеров в парах выборок сельских и городских детей одного региона выявила меньшие значения ПД весоростовых показателей у городских детей, т. е. большую синхронность ростовых процессов полов при усилении степени урбанизации [Fedotova, Gorbacheva, 2023b].

В задачу настоящей работы входит количественная оценка ассоциаций уровня полового диморфизма (ПД) соматических показателей с наиболее информативными антропогенным и

климатогеографическим экологическими факторами – степенью урбанизации места жительства (численностью населения) как индикатором уровня антропогенного стресса и географической широтой как обобщенным показателем температурного и светового климатического режима на материалах обследования детей двух контрастных возрастов – 9 лет (второе детство) и 13 лет (подростковый возраст).

Материал и методы

К исследованию привлечен большой спектр этнотерриториальных выборок детей и подростков (N=291) территории России и сопредельных стран, обследованных на широком историческом интервале 1930-е–2010-е гг. [Материалы..., 1962, 1965, 1977, 1986, 1988, 1998; Физическое..., 2013, 2019]. Рассматриваются две физиологически контрастные одногодные возрастные группы, 9 и 13 лет, представленные основными тремя показателями физического развития – длина и масса тела, обхват груди. Каждая из выборок содержит необходимый минимальный набор статистических характеристик – численность, средние арифметические и средние квадратические отклонения. 9 лет – «нейтральный» возраст наименьших скоростей роста и минимальных приростов соматических размеров на интервале между полуростовым и ростовым скачками, возраст минимального межгруппового разнообразия. 13 лет – пубертатный скачок роста и момент максимальной соматической изменчивости.

Основанием для анализа антропоэкологических ассоциаций (в нашем случае полового соматического диморфизма с одной стороны и антропогенного и географического фактора с другой) методом мета-анализа, т.е. объединение целого ряда локальных исследований количественными статистическими методами, служит 1) методическая однородность привлеченных данных, собранных и обработанных в основной массе своей по единому стандарту НИИ гигиены и охраны здоровья детей и подростков, и представленных городскими выборками 2) универсальность и степень влияния на соматический антропогенного фактора (здесь: степень урбанизации), сравнимого по уровню воздействия с фактором генетическим 3) надэтнический и трансэпохальный вектор воздействия естественных экологических факторов (здесь: географическая широта места резиденции популяции), определявший специфику экологической ниши *Homo sapiens* задолго до антропогенного фактора.

Для уточнения соотносительного количественного вклада антропогенного и географического фактора в половой соматический диморфизм материал был далее организован определенным образом, чтобы нивелировать влияние возможных шумов и получить как можно более чистое влияние на соматическую изменчивость взятого фактора на соматическую изменчивость неизменно указывается в аукологических работах, в том числе отечественных классических [Миклашевская с соавт., 1989]. В настоящем исследовании из всего массива данных отобраны близкородственные славянские группы, обследованные на коротком историческом интервале 1960-е–1970-е гг. (условный рубеж традиционного и модернизированного общества). Для них рассматривались ассоциации соматического полового диморфизма (ПД) с географической широтой при соблюдении условия равной степени урбанизации места резиденции выборок. А также ассоциации соматического ПД со степенью урбанизации при соблюдении условия единства географической широты места резиденции популяций.

Для оценки направления и уровня ассоциаций полового диморфизма антропометрических показателей и экологических факторов использовался классический корреляционный анализ для попарных сочетаний признаков в возрастных группах 9-летних детей и 13-летних подростков. Напомним, что корреляционный анализ является надежным алгоритмом анализа приспособительной изменчивости в популяциях, находящихся в разных средовых условиях [Малиновский, 1948; Дерябин, 2007; Гудкова, 2017а, 2017б]

Для количественной оценки величины полового диморфизма использована дивергенция Кульбака [Кульбак, 1967], аналог расстояния Махаланобиса, подробно рассмотренный в предшествующих работах авторов [Fedotova, Gorbacheva, 2023a, b].

Результаты

Ассоциации/корреляции полового диморфизма по длине тела, массе тела, обхвату груди для всей совокупности выборок с численностью населения и широтой места жительства выборок представлены в таблице 1. Корреляции полового диморфизма по длине тела для 9-летних детей недостоверны, для 13-летних достоверны (0,18 при $P=0,013$ для степени урбанизации и -0,15 при $P=0,023$ для широты). При увеличении

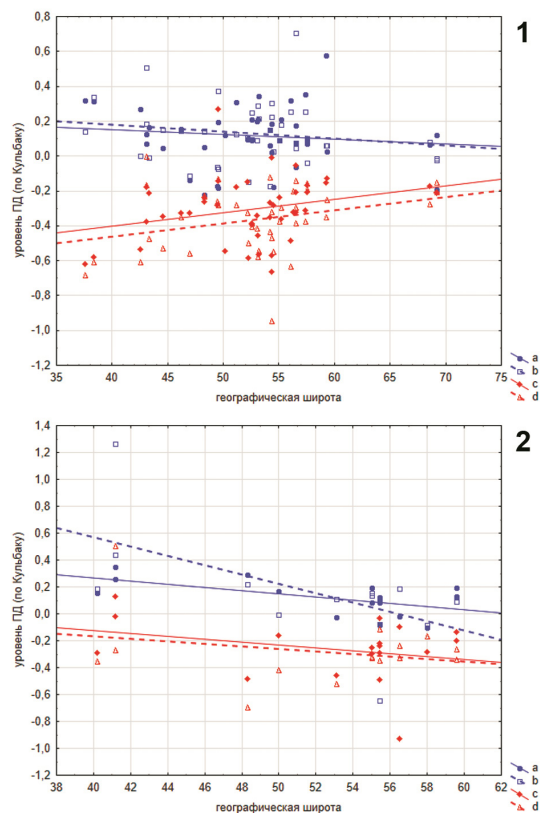
Таблица 1. Корреляции величин полового диморфизма по длине и массе тела и окружности груди 9- и 13-летних детей с численностью населения и географической широтой населенного пункта, рассчитанные для всего массива данных
Table 1. Correlations between SD level of height, weight and chest girth of children aged 9 and 13 years and quantity of population and latitude of residence place, calculated for total data base

Признаки		9 лет			13 лет		
		ПД/рост	ПД/вес	ПД/ОГр	ПД/рост	ПД/вес	ПД/ОГр
Численность	г	-0,05	-0,19*	-0,13	0,18*	0,08	-0,04
	N	195	168	148	191	162	143
	p	0,454	0,016	0,104	0,013	0,321	0,649
Широта	г	-0,05	-0,07	-0,11	-0,15*	0,02	0,01
	N	233	199	174	225	190	167
	p	0,471	0,315	0,144	0,023	0,808	0,869

Примечания. Знаком * обозначаются достоверные корреляции ($p < 0,05$).
 Notes. Sign * marks significant correlations ($p < 0,05$).

уровня антропогенного стресса (степени урбанизации) ПД по длине тела увеличивается, при увеличении географической широты (усилении суровости климата) половой диморфизм уменьшается. В свою очередь для 9-летних детей достоверны связи ПД массы тела с численностью населения ($R = -0,19$ при $P = 0,016$), но не выявлено связей с широтой. Связей ПД по обхвату груди с экологическими факторами не выявлено (табл.1).

Далее мы работали со специально отобранными группами и рассматривали антропоэкологические ассоциации при большем увеличении. Аналогичные корреляции полового диморфизма по росту – широта для отобранного массива данных (только славянские группы, исторический срез только 1960-е – 1970-е гг., численность населения городов 100–500 тыс. человек) достоверны также только для 13-летних детей, но знак корреляции меняется на положительный – при продвижении на север ПД роста увеличивается примерно на 0,35 сигмы ($R = 0,29$ при $P = 0,04$) (рис. 1). Для городов численностью населения от 500 тыс. до 1 млн корреляции недостоверны для обеих возрастных групп – и 9, и 13 лет. Для городов численностью от 500 тыс. до 1,5 млн жителей корреляции становятся достоверны и отрицательны для возраста 9 лет ($R = -0,43$, $P = 0,02$), но недостоверны для возраста 13 лет. При включении в массив данных городов-миллионников вплоть до Москвы с 7-миллионной численностью населения корреляции остаются достоверными и отрицательными только для возраста 9 лет ($R = -0,38$, $P = 0,02$). Для массива данных, охватывающих только города-миллионники, 1 млн и выше, достоверны и отрицательны только корреляции для 9-летних детей ($R = -0,59$, $P = 0,01$), причем абсолютный уровень связи выше, чем при



Рисунки 1-2. Динамика полового диморфизма по длине (a, c) и массе тела (b, d) детей 9 (a, b) и 13 лет (c, d) для славянских групп, обследованных в 1960–1970-х гг. в городах СССР численностью 100–500 тыс. (рис. 1) и более 1 млн человек (рис. 2) в связи с географической широтой местности

Figures 1-2. Dynamics of SD of height (a, c) and weight (b, d) of children aged 9 (a, b) and 13 (c, d) years for Slavic samples examined in 1960–1970s in the USSR cities with quantity of population 100–500 thousands people (Fig. 1) and more than 1 million people (Fig. 2) in connection with latitude of the residence place

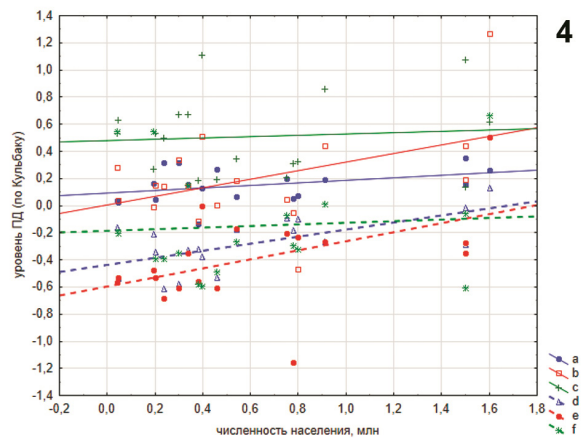
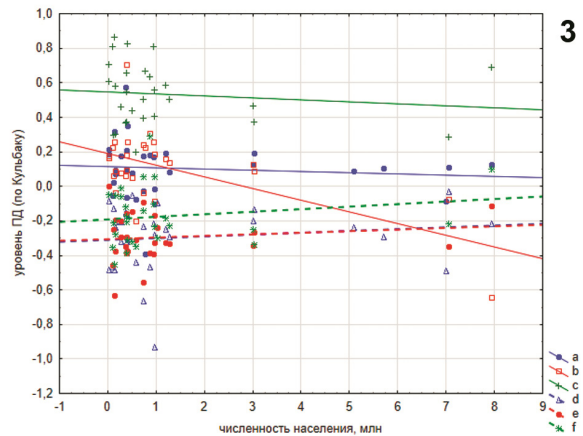
меньшей численности населения городов, и коэффициент детерминации достигает 0,35! (рис. 2). Для массива данных, объединяющих малые города, численностью до 100 тыс. человек, и сельские группы, корреляции достоверны и отрицательны для 13-летних детей ($R=-0,32$ при $P=0,04$).

Ассоциации полового диморфизма по массе тела с широтой для отобранных выборок (славяне, 1960-70 гг. обследования, численность населения городов места жительства 100-500 тыс. человек) недостоверны (рис. 1), но тенденция к увеличению ПД при продвижении на север отмечается для детей 13 лет (0,28 при $P=0,06$). Для городов численностью свыше 500 тыс. жителей корреляции недостоверны. Для городов с численностью населения более 1 млн жителей корреляции достоверны и, напротив, отрицательны (рис. 2) только для возраста 9 лет ($R=-0,59$ при $P=0,03$).

Ассоциации полового диморфизма по обхвату груди с широтой недостоверны для возрастов 9 и 13 лет при любых вариантах численности населения места жительства (100–500 тыс. чел; более 500 тыс. человек, без разбиения групп по численности населения).

Ассоциации ПД со степенью урбанизации (численность населения) в свою очередь зависят от географической широты места резиденции выборки. В работах на взрослом контингенте показано, что уровень связи соматических показателей с географической широтой дифференцирован по показателям широты, в частности, максимальный уровень связи как длины тела мужчин и женщин, так и полового диморфизма по длине тела, фиксируется на расстоянии 40 градусов от экватора [Gustafsson, Lindenfors, 2009]. Поэтому корреляции ПД-степень урбанизации рассматривались не для всего размаха широт, но для нескольких относительно узких коридоров.

Массив данных также анализировался в несколько этапов – 1) вся совокупность этно-территориальных групп, 2) только славянские выборки, 3) только славянские выборки 1960–1970-х гг. обследования. При этом результаты во всех случаях оказались сходными. Так, для коридора 55–60 градусов северной широты достоверные корреляции выявлены только с половым диморфизмом по массе тела у 9-летних детей (R колеблется при разных раскладах от $-0,26$ до $-0,59$ при $P=0,04-0,00$; рис. 3). Для коридора на 10 градусов южнее (50–55 градусов с. ш.) зафиксирован похожий результат – достоверная корреляция с ПД по массе тела у 9-летних детей ($-0,31 - -0,60$ при $P=0,01-0,00$) и близкая к досто-



Рисунки 3-4. Динамика полового диморфизма по длине (а, d), массе тела (b, e) и окружности груди (с, f) детей 9 (а, b, c) и 13 лет (d, e, f) для славянских групп, обследованных в 1960–1970-х гг. в городах СССР, расположенных в коридорах 55–60 °(рис. 3) и 37–47 °(рис. 4) северной широты, в связи с численностью населения

Figures 3-4. Dynamics of SD of height (a, d), weight (b, e) and chest girth (c, f) of children aged 9 (a, b, c) and 13 (d, e, f) years for Slavic samples examined in 1960-1970s examined in USSR cities, located in corridor of 55-60 (fig. 3) and 37-47 (fig. 4) degrees of north latitude in connection with population size

верности тенденция для ПД по обхвату груди в случае первых двух вариантов анализа ($R=-0,23$ при $P=0,07$). При передвижении к югу еще на 10 градусов (45–50 градусов с. ш.) достоверные корреляции фиксируются для ПД по обхвату груди 9-летних детей ($-0,34$ при $P=0,04$; $-0,42$, $P=0,02$; $-0,49$, $P=0,03$) и, в случае анализа всего массива данных, для ПД по длине тела 13-летних детей ($0,35$ при $P=0,03$). Обращает на себя внимание тот факт, что корреляции имеют отрицательный знак для 9-летних детей и положительный для 13-летних. Для коридора 37-47 градусов с. ш.

Таблица 2. Результаты сравнения величин полового диморфизма по длине и массе тела и окружности груди славянских детей 9 и 13 лет, обследованных в 1960–1970-х гг. в городах СССР, географически локализованных в коридорах 38–48 ° с. ш. (группа 1) и 56–66 ° с. ш. (группа 2), проведенного с помощью U-критерия Манна-Уитни

Table 2. Result of comparison of SD value of height, weight and chest girth of Slavic children aged 9 and 13 years, examined in 1960–1970^s in USSR cities, geographically located in corridors 38–48 degrees of north latitude (group 1) and 56–66 degrees of north latitude (group 2), carried out using Mann-Whitney U-test

		Сум. ранг.1	Сум. ранг.2	U	Z	р-уров.	N1	N2	2-х стор. точное р
9 лет	ПД/рост	106,00	104,00	40,00	-0,684	0,494	11	9	0,503
	ПД/вес	120,00	90,00	45,00	0,304	0,761	11	9	0,766
	ПД/ОГр	116,00	94,00	49,00	0,000	1,000	11	9	1,000
13 лет	ПД/рост	88,00	143,00	22,00	-2,289	0,022*	11	10	0,020*
	ПД/вес	104,00	127,00	38,00	-1,162	0,245	11	10	0,251
	ПД/ОГр	106,00	125,00	40,00	-1,021	0,307	11	10	0,314

выявлены положительные достоверные корреляции для ПД по длине тела и ПД по массе тела 13-летних детей (0,63 при $P=0,00$ и 0,49 при $P=0,04$) – только при анализе славянских выборок 1960–1970х гг (рис. 4).

Обсуждение

Итак, проведенный анализ антропоэкологических корреляций подтверждает сложность выделения чистого вклада одного средового фактора в соматическую изменчивость. Уровень (достоверность) и направление антропоэкологических корреляций определяется суперпозицией большого комплекса факторов. В нашем случае «шумы» при анализе корреляций соматической изменчивости с двумя основными факторами (степень урбанизации и географическая широта) могут создавать, помимо возрастной принадлежности, этническая принадлежность и год обследования выборки; а вклад в уровень связи соматической изменчивости с численностью населения зависит от географической широты, равно как и уровень связи с географической широтой зависит от степени урбанизации места жительства.

В предшествующих публикациях авторов при анализе антропоэкологических связей экологические факторы (антропогенный и географический) рассматривались как «однородные» («моноклитные»). В настоящем исследовании использован несколько иной алгоритм и рассматриваются отдельные диапазоны степени урбанизации (численность населения) и степени комфортности климатических условий (коридор географической широты). Этот подход позволил проиллюстрировать сложность суперпозиции экологических факторов,

определяющих локальную специфику формирования соматического разнообразия и гендерных различий детей и подростков в процессе роста. Так, корреляции ПД весоростовых показателей с географической широтой при анализе только славянских групп 1960–1970-х гг. отрицательны и максимальны по абсолютному уровню для городов численностью свыше 1 млн чел. ($R=-0,59$ для роста и веса) и зафиксированы только для 9-летних детей. Для массива выборок из городов со средней численностью населения (500 тыс. – 1,5 млн) выявлена отрицательная связь ПД длины тела с широтой также для 9-летних детей, а для малых городов численностью до 500 тыс. чел. выявлена достоверная и положительная корреляция с ПД по длине тела ($R=0,29$) только в случае 13-летних детей.

Уровень связи ПД с численностью населения зависит от географической широты места жительства, в частности, достигает максимальных положительных значений в коридоре 37–47 градусов с. ш. для весоростовых показателей 13-летних детей. Для более высоких широт выявлены отрицательные корреляции в первую очередь с ПД по массе тела 9-летних детей, но не выявлены в целом для 13-летних. Сравнение уровней ПД для крайних диапазонов широт (38–48 градусов с. ш. – 56–66 градусов с. ш.) для максимально однородного массива выборок (славяне, 1960–1970х гг. обследования, численность городов места жительства 100–500 тыс. чел.) при помощи U-критерия Манна-Уитни (табл. 2) выявило достоверные различия по уровню ПД длины тела 13-летних детей. Для городов численностью свыше 1 млн чел. подобных значимых различий не выявлено.

Сравнение ПД соматических показателей трех городов – Таллина, Ленинграда и Магадана 1970-х гг., расположенных на одной широте 59 градусов с. ш. – обнаруживает значительное сходство, исключая ПД по длине тела в 9 лет; несмотря на разность климатических условий (субарктический – умеренно континентальный климат), и степени урбанизации (363 тыс. чел., 4 млн чел., 121 тыс. чел. соответственно) (рис. 5). Различия в уровне ПД не превышают 0,2 сигмы. Та же картина для населенных пунктов конца 1960-х – начала 1970-х гг. обследования, расположенных на 55 градусах с. ш. (Новосибирск, Новосибирская обл. (село), Челябинск, Копейск Челябинской обл., Москва – с размахом численности населения в целом от сотни тыс. чел. до 7 млн чел.) существенно более разнообразна (рис. 6). Крайние значения ПД по массе тела и обхвату груди, показателей поперечного развития тела для детей 9 лет, отстоят друг от друга на 0,40 и 0,35 сигмы соответственно. Крайние значения ПД по длине тела для 13-летних детей различаются на 0,45 сигмы. Для обеих возрастных групп значительные различия фиксируются чаще между выборками Челябинска и Москвы – городов с высоким и сравнимым уровнем антропогенного стресса. Если в качестве константы задать степень урбанизации – численность городов 200–300 тыс. человек – при соблюдении тех же условий этнической однородности (только славяне) и единства времени обследования (1960–1970-е гг.), то вариации ПД для широкого диапазона географической широты (от 37 до 68 градусов с. ш.; города Ашхабад, Душанбе, Кисинев, Таллин, Мурманск) будут еще значительнее и достигают, в частности, 0,7 сигмы для ПД по длине тела в 9 лет (рис. 7).

Приведенные анализы не позволяют в целом согласиться с тем, что в урбанизированной среде безраздельно доминируют антропогенные факторы, а природные проявляют себя только в случае экстремального характера. Эволюционно обоснованные связи показателей жизненного цикла, в том числе сопутствующие им соматические характеристики, с климатическими факторами, регулирующими иммунитет, сохраняют свою неизменную актуальность и для современного урбанизированного населения [Будилова, 2015]. Каждый из рассматриваемых факторов имеет ряд градаций/диапазонов, и их суперпозиция вносит свои коррективы в уровень/специфику антропоэкологических ассоциаций. Надэтнический и транс-эпохальный характер адапта-

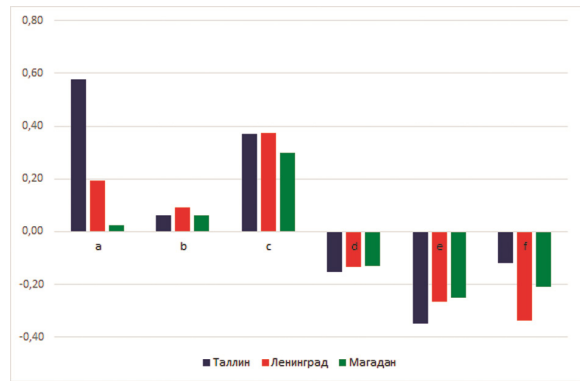


Рисунок 5. Величина ПД подлине и массе тела и окружности груди в возрасте 9 (a-c) и 13 (d-f) лет у детей 1960–1970-х гг. обследования, проживающих в городах СССР, расположенных на одной широте (59° с. ш.)

Figure 5. SD value of height, weight and chest girth of children aged 9 (a-c) and 13 (d-f), studied in 1960-70th in USSR cities, located at 59 degree of north latitude

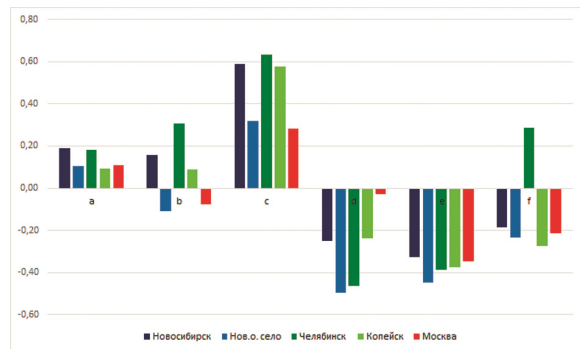


Рисунок 6. Величина ПД по длине и массе тела и окружности груди в возрасте 9 (a-c) и 13 (d-f) лет у детей 1960–1970-х гг. обследования, проживающих в городах СССР, расположенных на одной широте (55° с. ш.)

Figure 6. SD value of height, weight and chest girth of children aged 9 (a-c) and 13 (d-f), studied in 1960-70th in USSR cities, located at 55 degree of north latitude

ции к физико-географическим параметрам традиционных/стабильных климатогеографических регионов [Алексеева, 2004] видимо определяет вектор минимизации различий (за редкими исключениями, ПД стремится к нулевой отметке или колеблется около нулевой отметки от небольшого плюса до небольшого минуса значений) в стратегиях адаптации полов и, соответственно, полового соматического диморфизма. В то время как широкий спектр непрерывно меняющихся антропогенных характеристик может способствовать усилению межполового разнообразия. Классическая иллюстрация этого тезиса

са – усиление ПД по длине тела детей 9 лет и подростков 13 лет г. Минска на фоне усиления уровня антропогенной нагрузки: увеличение численности населения на историческом интервале с 1920-х по 2000-е со 128 тыс. чел. до 1,5 млн чел. (рис. 8).

Обращает также на себя внимание тот факт, что связи ПД с экологическими факторами в целом по итогам всех проделанных статистических анализов касаются в случае с подростками в первую очередь ПД длины тела, маркирующей развитие наследственно обусловленного скелетного компонента сомы. А в случае с 9-летними детьми массы и отчасти обхвата груди, т.е. поперечного развития тела, зависящего от образа жизни и питания. Таким образом, пубертатный возраст, характеризующийся высокой экокчувствительностью, значительно отличается по характеру антропоэкологических связей (сома-антропогенный и географический факторы) от нейтрального возраста с минимумом межиндивидуальных и межгрупповых различий. Направление и уровень обсуждаемых связей не поддаются широким обобщениям и могут иметь свою специфику в случае с каждым конкретным соматическим признаком, каждым из двух «альтернативных» возрастов и «коридором» экологических факторов.

Несмотря на большой массив привлеченных материалов авторы не имели неограниченной возможности оперировать с отдельными географическими параллелями, но преимущественно с диапазонами в 10 градусов. Равным образом и «константа» по численности населения городов не могла быть строго ограничена величиной 100 тыс., либо 200 тыс., либо 1 млн жителей. Для этого нужны ещё большие массивы данных мирового уровня. Тем не менее выявленные корреляции представляются биологически содержательными и логичными, а территория РФ и сопредельных стран достаточно валидной моделью для анализа антропоэкологических связей и изменчивости полового соматического диморфизма.

Заключение

В исследовании показана ожидаемо сложная суперпозиция экологических факторов, влияющих на соматическую изменчивость детей в процессе роста. Это обстоятельство требует взвешенного и тщательного подбора и организации материала для получения корректных несмещенных оценок уровней и векторов антропоэкологических ассоциаций.

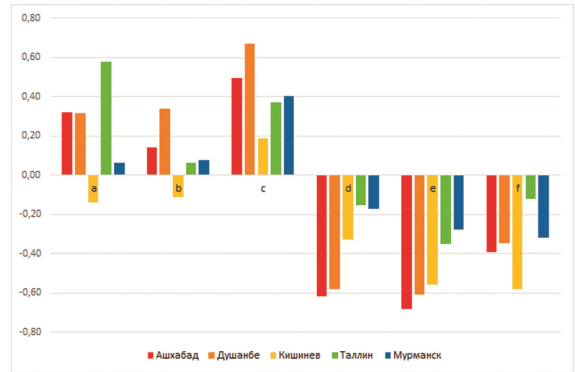


Рисунок 7. Величина ПД по длине и массе тела и окружности груди в возрасте 9 (а-с) и 13 (d-f) лет у детей 1960–1970-х гг. обследования, проживающих в городах СССР, расположенных на разных широтах (37–68 ° с. ш.)

Figure 7. SD value of height, weight and chest girth of children aged 9 (a-c) and 13 (d-f), studied in 1960–70th in USSR cities, located at different latitudes (37–68 degrees of north latitude)

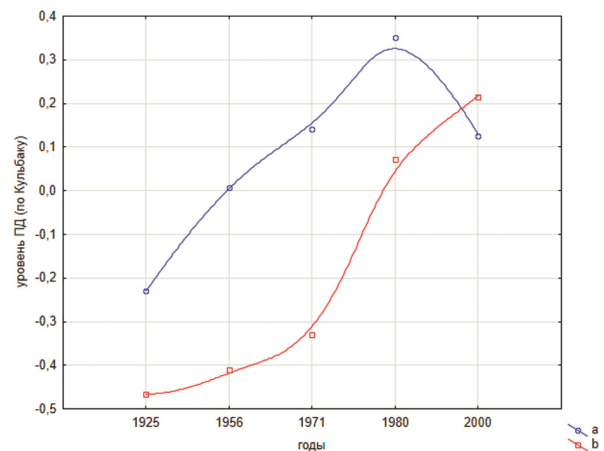


Рисунок 8. Временная динамика полового диморфизма по длине тела детей г. Минска в 9 (а) и 13 (b) лет

Figure 8. Temporal dynamics of SD of height of Minsk children aged 9 (a) and 13 (b) years

Средние «медианные» значения как фактора степень урбанизации, так и фактора географической широты, не обнаруживают явных связей с соматическими показателями. В то же время крайние значения факторов, которые в контексте нашей работы можно считать в известном смысле «экстремальными», вносят свои поправки в корреляционный анализ. Так, высокая степень урбанизации (более млн жителей в месте резиденции выборок) маскирует положительные антропоэкологические связи ПД – широта для экокчувствительного возраста 13 лет, но

обнаруживает их для «нейтрального» возраста 9 лет с противоположно направленным вектором. В то же время в наиболее южном (37–47 градусов с. ш.) диапазоне из рассматриваемого в целом пояса географической широты, выявляются положительные связи ПД и степени урбанизации для возраста 13 лет, отсутствующие в более северных коридорах широты. Экологические условия для реализации потенциала экокочувствительности альтернативных по биологическому содержанию возрастов, таким образом, различаются. Более частые в целом антропоэкологические связи для длины тела как генетического маркера у подростков 13 лет и массы тела как маркера образа жизни и питания у 9-летних детей отражают физиологическое содержание рассматриваемых периодов.

Благодарности

Исследование выполнено в рамках темы НИР «Антропология евразийских популяций (биологические аспекты)» (AAAA-A19-119013090163-2).

Библиография

- Алексеева Т.И. Антропологические аспекты экологии человека: итоги и перспективы // Антропология на пороге III тысячелетия. Т. 2. М.: Старый сад, 2004. С. 706–718.
- Будилова Е.В. Эволюция жизненного цикла человека: анализ глобальных данных и моделирование: Дисс. ... докт. биол. наук, 2015, 257 с.
- Гудкова Л.К. Корреляционный анализ и его значение в экологической антропологии. Часть 1 // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология, 2017а. № 3. С. 27–35.
- Гудкова Л.К. Корреляционный анализ и его значение в экологической антропологии. Часть II // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология, 2017б. № 4. С. 4–16. (In Russ.).
- Дерябин В.Е. Курс лекций по элементарной биометрии для антропологов. М.: ООО Петроруш. 2007.
- Кульбак С. Теория информации и статистика. М.: Наука. 1967.
- Куршакова Ю.С., Дунаевская Т.Н., Смирнова Н.С., Шугаева Г.Ш. Исследование доли соматической нормы у детей от 3-х до 17 лет с целью выявления периодов онтогенеза с повышенной чувствительностью к воздействию среды // Биология, экология, биотехно-
- логия и почвоведение. М.: Издательство Московского университета, 1994. С. 32–41.
- Малиновский А.А. Элементарные корреляции и изменчивость человеческого организма // Труды Института цитологии, гистологии и эмбриологии, 1948. Вып.1. С. 136–198.
- Материалы по физическому развитию детей и подростков. Вып.1. / Ред. Гольдфельд А.Я., Мерков А.М., Цейтлин А.Г. М.: Медгиз. 1962.
- Материалы по физическому развитию детей и подростков городов и сельских местностей СССР. Вып. 2. / Ред. Гольдфельд А.Я., Мерков А.М., Цейтлин А.Г. Ленинград: Медицина. 1965.
- Материалы по физическому развитию детей и подростков городов и сельских местностей СССР. Вып. III. / Ред. А.М. Мерков, А.Ф. Серенко, Г.Н. Сердюковская. М.: Медицина. 1977.
- Материалы по физическому развитию детей и подростков городов и сельских местностей СССР. Вып. IV. Ч.I. / Ред. В.В. Канеп, Г.Н. Сердюковская, А.Ф. Серенко, В.К. Овчаров. М.: Всесоюзный НИИ социальной гигиены и организации здравоохранения им. Н.А. Семашко, 1986.
- Материалы по физическому развитию детей и подростков городов и сельских местностей СССР. Вып. IV. Ч.II. / Ред. Г.Н. Сердюковская, В.В. Канеп, А.Ф. Серенко, В.К. Овчаров. М.: Всесоюзный НИИ социальной гигиены и организации здравоохранения им. Н.А. Семашко, 1988.
- Материалы по физическому развитию детей и подростков городов и сельских местностей Российской Федерации. Вып. 5. / Ред. Максимова Т.М., Подунова Л.Г. М.: НИИ социальной гигиены, экономики и управления здравоохранением им. Н.А. Семашко РАМН, 1998.
- Миклашевская Н.Н., Година Е.З., Соловьева В.С. Медицинские аспекты возрастной антропологии // Антропология медицине. М.: Издательство Московского университета, 1989. С.51-74.
- Физическое развитие детей и подростков Российской Федерации. Сборник материалов. Вып. VI. / Ред. А.А. Баранов, В.Р. Кучма. М.: ПедиатрЪ. 2013.
- Физическое развитие детей и подростков Российской Федерации. Вып. VII. Учебное пособие. / Ред. В.Р. Кучма, Н.А. Скоблина, О.Ю. Милушкина. М.: Литтерра. 2019.

Информация об авторах

Горбачева Анна Константиновна, к.б.н.; ORCID ID: 0000-0001-5201-7128; angoria@yandex.ru.

Федотова Татьяна Константиновна, д.б.н.; ORCID ID: 0000-0001-7750-7924; tatiana.fedotova@mail.ru;

Поступила в редакцию 08.05.2024,
принята к публикации 02.07.2024.

SEXUAL SOMATIC DIMORPHISM IN CONNECTION WITH ECOLOGICAL FACTORS

Introduction. Analysis of correlations of sexual somatic dimorphism (SD) with the degree of urbanization (quantity of population) and geographic latitude of the residence place is carried out using the material of monitoring of Russian children and adolescents.

Material and methods. The study embraces the wide specter of ethno-territorial samples of children and adolescents from Russia and neighboring countries (literary data), examined through the historic interval 1930-2010 years. To estimate the direction and degree of associations of anthropometric traits (height, weight, chest girth) and ecological factors the classic correlation analysis for pairwise combinations of variables was implemented for age groups of 9-year-old children and 13-year-old adolescents. The quantitative estimation of SD was carried out using Kullback divergence, the analogue of Mahalanobis distance.

Results. Significant correlations of SD of height with both ecological factors for 13-year-old adolescents and SD of weight for 9-year-old children with the quantity of population were fixed on base of the whole data massive. The more homogeneous data base (only Slavonic groups examined in 1960s-1970s) shows significant correlations of latitude with SD of height for 13-year-old adolescents only in combination with the quantity of population of the residence place up to 500 thousands of people; and latitude with SD of weight for 9-year-old children only for million-plus cities. Significant correlations of quantity of population were fixed for SD of height of 13-year-old adolescents in more southern ranges of latitude (37-50degrees), for SD of weight for 9-year-old children in more northern ranges of latitude (50 degrees and more).

Conclusion. The study shows complex superposition of ecological factors, which influence somatic variability of children through growth process. High degree of urbanization conceal anthropoecological correlations SD-latitude for ecosensitive age 13 years, but reveal them for "neutral" age, 9 years, with the opposite vector. The most southern range of latitudes (about 40 degrees) reveal positive associations of SD with the degree of urbanization for 13-year-olds, which are not fixed in more northern latitudes. More frequent anthropoecological correlations of SD of height, as genetic marker, of 13-year-olds, and SD of weight as the marker of nutrition status and life style of 9-year-olds reflect the physiological essence of age periods - increase of intersex differences for adolescents and decrease of intersex differences for second childhood children.

Keywords: anthropological variability; sexual somatic dimorphism; level of urbanization and latitude of the residence place; second childhood, adolescence; quantitative level of anthropoecological correlations

DOI: 10.55959/MSU2074-8132-24-3-5

References

- Alexeeva T.I. Antropologicheskie aspekty ekologii cheloveka: itogi i perspektivy [Anthropological aspects of human ecology: results and perspectives]. In *Antropologiya na poroge III tysyacheletiya*, 2 [Anthropology on a threshold of the 3rd millennium, 2]. Moscow, Sturiy sad Publ., 2004, pp. 706–718. (In Russ.).
- Budilova E.V. *Evolutsiya zhiznennogo tsikla cheloveka: analiz globalnyh dannyh i modelirovanie* [Evolution of life circle of human: global data and modelling] Dissertation of Doctor in Biology. Moscow, 2015. 257 p. (In Russ.).
- Gudkova L.K. Korrelyatsionnyy analiz i ego znachenie v ekologicheskoy antropologii, 1 [The correlation analysis and its significance in ecological anthropology, 1]. *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya XXIII. Antropologiya* [Moscow University Anthropology Bulletin], 2017a, 3, pp. 27–35. (In Russ.).
- Gudkova L.K. Korrelyatsionnyy analiz i ego znachenie v ekologicheskoy antropologii, 2 [The correlation analysis and its significance in ecological anthropology, II]. *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya XXIII. Antropologiya* [Moscow University Anthropology Bulletin], 2017b, 4, pp. 4–16. (In Russ.).
- Deryabin V.E. *Kurs lektsiy po elementarnoy biometrii dlya antropologov* [The course of lectures on basic biometry for anthropologists]. Moscow, Petrush Publ., 2007. 253 p. (In Russ.).
- Kullback S. *Teoriya informazii i statistika* [Information Theory and Statistics]. Moscow, Nauka Publ., 1967. 408 p. (In Russ.).
- Kurshakova Yu.S., Dunaevskaya T.N., Smirnova N.S., Shugaeva G.Sh. Issledovanie doli somaticheskoy normy u detey ot 3 do 17 let s tselyu vyavleniya periodov ontogeneza s povyshennoy chuvstvitel'nostyu k vozdeystviyu

sredy [Study of share of somatic norm of children aged 3 to 17 years for the purpose of detection of ontogenesis periods with high sensitivity to environmental influence]. In *Biologiya, ekologiya, biotekhnologiya i pochvovedenie* [Biology, ecology, biotechnology and Soil science]. Moscow, Moscow University Publ., 1994, pp. 32–41. (In Russ.).

Malinovskiy A.A. Elementarnye korrelyatsii i izmenchivost chelovecheskogo organizma [Elementary correlations and human organism variability]. *Trudy Instituta tsitologii, gistologii i embriologii* [Proceedings of Institute of cytology, histology and embryology], 1948, 1, pp. 136–198. (In Russ.).

Materialy po fizicheskomu razvitiyu detey i podrostkov. Vypusk I [Materials on physical development of children and adolescents. Issue I]. Eds: A.Ya. Goldfeld, A.M. Merkov, A.G. Tseytlin. Moscow, Medgiz Publ., 1962. 375 p. (In Russ.).

Materialy po fizicheskomu razvitiyu detey i podrostkov gorodov i selskikh mestnostey SSSR. Vypusk 2 [Materials on physical development of children and adolescents of cities and rural regions of the USSR. Issue 2]. Eds: A.Ya. Goldfeld, A.M. Merkov, A.G. Tseytlin. Leningrad, Meditsina Publ., 1965. 670 p. (In Russ.).

Materialy po fizicheskomu razvitiyu detey i podrostkov gorodov i selskikh mestnostey SSSR. Vypusk III [Materials on physical development of children and adolescents of cities and rural regions of the USSR. Issue III]. Eds: A.M. Merkov, A.F. Serenko, G.N. Serdukovskaya. Moscow, Meditsina Publ., 1977. 496 p. (In Russ.).

Materialy po fizicheskomu razvitiyu detey i podrostkov gorodov i selskikh mestnostey SSSR. Vypusk IV. Chast I [Materials on physical development of children and adolescents of cities and rural regions of the USSR. Issue IV. Part I]. Eds: V.V. Kanep, G.N. Serdukovskaya, A.F. Sereko, V.K. Ovcharov. Moscow, 1986. 171 p. (In Russ.).

Materialy po fizicheskomu razvitiyu detey i podrostkov gorodov i selskikh mestnostey SSSR. Vypusk IV. Chast II [Materials on physical development of children and adolescents of cities and rural regions of the USSR. Issue IV. Part II]. Eds: G.N. Serdukovskaya, V.V. Kanep, A.F. Sereko, V.K. Ovcharov. Moscow, 1988. 223 p. (In Russ.).

Materialy po fizicheskomu razvitiyu detey i podrostkov gorodov i selskikh mestnostey Rossiyskoy Federatsii. Vypusk 5. [Materials on physical development of children and adolescents of cities and rural regions of the Russian Federation. Issue 5.]. Eds: T.M. Maksimova, L.G. Podunova. Moscow, 1998. 192 p. (In Russ.).

Miklashevskaya N.N., Godina E.Z., Solovyova V.C. Meditsinskie aspekty vozrastnoy antropologii [Medical aspects of age-related anthropology]. In *Antropologiya meditsine* [Anthropology to medicine]. Moscow, Moscow University Publ., 1989, pp. 51–74. (In Russ.).

Fizicheskoe razvitie detey i podrostkov Rossiyskoy Federatsii. Sbornik materialov. Vypusk VI [Physical development of children and adolescents of Russian Federation. Collection of materials. Issue VI]. Eds: A.A. Baranov, V.R. Kuchma. Moscow, Pediatr Publ., 2013. 191 p. (In Russ.).

Fizicheskoe razvitie detey i podrostkov Rossiyskoy Federatsii. Vypusk VII. Uchebnoe posobie [Physical development of children and adolescents of Russian Federation. Issue VII. Text book]. Eds: V.R. Kuchma, N.A. Skoblina, O.Yu. Milushkina. Moscow, Litterra Publ., 2019. 176 p. (In Russ.).

Araos M., Austin S.E., Berrang-Ford L., Ford J.D. Public Health Adaptation to Climate Change in Large Cities: A

Global Baseline. *Int. J. Health Serv.*, 2016, 46 (1), pp. 53–78. DOI: 10.1177/0020731415621458.

Bambrick H.J., Capon A.G., Barnett G.B., Beaty R.M., Burton A.J. Climate change and health in the urban environment: adaptation opportunities in Australian cities. *Asia Pac. J. Public Health.*, 2011, 23 (2), pp. 67–79. DOI: 10.1177/1010539510391774.

Bergmann C. Über die Verhältnisse der Warmeökonomie der thiere zu ihrer grosse. *Göttingen Stud.*, 1847, 1, pp. 595–708.

Bogin B., Hermanussen M., Scheffler M. Bergmann's rule is a "just-so" story of human body size. *J. Physiol. Anthropol.*, 2022, 41 (15), pp. 1–13. DOI: 10.1186/s40101-022-00287-z.

Fedotova T.K., Gorbacheva A.K. Dynamics of sexual dimorphism of somatic status of children of early and first childhood from Russia and former USSR through the latest century. *Moscow University Anthropology Bulletin*, 2023a, 3, pp. 15–26. (In Russ.).

Fedotova T.K., Gorbacheva A.K. Sexual somatic dimorphism through early and first childhood and «quality» of environment (the level of anthropogenic stress and climatic extremeness of the residence place). *Lomonosov Journal of Anthropology*, 2023b, 2, pp. 58–69. (In Russ.).

Gray, J. P., Wolfe, L. D. Height and sexual dimorphism of stature among human societies. *American Journal of Physical Anthropology*, 1980, 53, pp. 441–456.

Gustafsson A., Lindenfors P. Latitudinal patterns in human stature and sexual stature dimorphism. *Ann. Hum. Biol.*, 2009, 36 (1), pp. 74–78. DOI: 10.1080/03014460802570576.

Mari-Dell'Olmo M., Oliveras L., Barón-Miras L.E., Borrell C., Montalvo T. et al. Climate change and health in urban areas with a mediterranean climate: a conceptual framework with a social and climate justice approach. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2022, 19 (19), pp. 1–18. DOI: 10.3390/ijerph191912764.

NCD Risk Factor Collaboration (NCD-RisC) Diminishing benefits of urban living for children and adolescents' growth and development. *Nature*, 2023, 615 (7954), pp. 874–883. DOI: 10.1038/s41586-023-05772-8.

Schell L.M., Burnitz K.K., Gallo M.V. Growth as a mirror: is endocrine disruption challenging Tanner's concept? *Ann. Hum. Biol.*, 2012, 39 (5), pp. 361–371. DOI: 10.3109/03014460.2012.697579.

Tanner J.M. Growth as a mirror of the condition of society: secular trends and class distinction. *Acta Paediatr. Jpn.*, 1987, 29, pp. 96–103.

Wolfe L.D., Gray J.P. Latitude and intersocietal variation of human sexual dimorphism of stature. *Hum. Ecol.*, 1982a, 10, pp. 409–416. DOI: 10.1007/BF01531194.

Wolfe, L.D., Gray J.P. A cross-cultural investigation into the sexual dimorphism of stature. In *Sexual Dimorphism in Homo Sapiens*. New York, Praeger Scientific, 1982b, pp. 197–230.

Villalbí J.R., Ventayol I. Climate Change and Health in the Urban Context: The Experience of Barcelona. *Int. J. Health Serv.*, 2016, 46 (3), pp. 389–405. DOI: 10.1177/0020731416643444.

Information about the authors

Gorbacheva Anna K., PhD.; ORCID ID: 0000-0001-5201-7128; angoria@yandex.ru

Fedotova Tatiana K, PhD., D. Sc.; ORCID ID: 0000-0001-7750-7924; tatiana.fedotova@mail.ru.

© 2024. This work is licensed under a CC BY 4.0 license