

## СООТНОСИТЕЛЬНЫЙ ВКЛАД АНТРОПОГЕННЫХ И ПРИРОДНЫХ ФАКТОРОВ В ФЕНОТИПИЧЕСКОЕ МНОГООБРАЗИЕ СОМАТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ПОДРОСТКОВОМ И ЮНОШЕСКОМ ВОЗРАСТЕ (ПО МАТЕРИАЛАМ БЫВШЕГО СССР)

**Введение.** В задачу настоящей работы входит сравнительная оценка вклада большого блока антропогенных и природных факторов в соматическую вариабельность детей на пике пубертатного спурта (13 лет) и на завершающем юношеском этапе восходящего онтогенеза (17 лет).

**Материал и методы.** В числе антропогенных факторов: медико-экологический тип региона, антропогенная нарушенность экосистемы, загрязнение воды, выбросы в атмосферу; плотность, численность и доходы населения. В качестве маркера неблагоприятных факторов среды используется частота детской онкологии и кардиозаболеваний у взрослых. В числе климатогеографических факторов – уровень инсоляции, широта и долгота места жительства, диапазон разности максимальных и минимальных годовых температур, минимальная температура января, общая дискомфортность климата. Для оценки направления и уровня ассоциаций антропометрических и экологических параметров использовался классический корреляционный анализ для попарных сочетаний признаков.

**Результаты.** Большой чувствительностью к влиянию экзогенных факторов обладают дети в период подросткового ускорения роста (13 лет) сравнительно с детьми на завершающей фазе восходящего онтогенеза. Вклад рассмотренных климатогеографических и антропогенных факторов невелик и определяет по большей мере около 16 процентов вариабельности соматических показателей. Для формирования продольного скелетного развития из антропогенных факторов достоверно значимыми являются численность населения, плотность населения, доходы населения на уровне тенденции. Для обхвата груди значимый вклад в вариации размера вносят загрязненность воздуха, средняя температура января, разность минимальных и максимальных годовых температур.

**Заключение.** Антропогенные факторы в большей степени определяют вариации весоростовых показателей. Климатические факторы вносят вклад в показатель обхват груди, связанный непосредственно, как маркер функционирования сердечно-сосудистой и дыхательной систем, с адаптацией к холодным климатическим факторам.

**Ключевые слова:** антропология; морфология человека; аукология; педиатрия; физическое развитие детей 13-17 лет

---

### Введение

На протяжении 20 столетия в ставших регулярными и систематическими ростовых исследованиях в ряду приоритетных экологических факторов, определяющих ростовые процессы детей, рассматривались социальные, семейные, степень модернизации общественной жизни, а также климат, температурный режим и географическая широта. В 21 столетии среди наиболее «влиятельных»

экологических факторов во многих исследованиях отмечается уровень техногенных загрязнений окружающей среды. Техногенные загрязнения воздуха, почвы, воды, химические, в том числе гормоносодержащие добавки в пищевые продукты, воздействуют на организм через различные физиологические механизмы и покушаются на эндокринный статус. Техногенные загрязнители среды оказывают воздействие на биологию человека в самом широком смысле слова, включая

рост и развитие, смертность, заболеваемость, в том числе эпидемию ожирения и диабета, репродуктивную функцию (качество мужской спермы, характер менструальной функции, темпы полового созревания), когнитивную функцию. Для небольших традиционных современных сообществ, в частности американских индейцев, уровень экологического стресса ставит под вопрос само выживание популяций; адаптация к дистрессовому уровню антропогенной нагрузки выходит за рамки нормы и носит патологический характер [Shell, 2014; Shell et al., 2016]. Для регионов Старого Света конца XX века на фоне высокой степени концентрации промышленных загрязнений показано замедление темпов остеогенеза в сочетании с ретардацией ряда соматометрических признаков – для европейских городов ЧССР, ГДР, ФРГ [Пелех, 1980], для некоторых промышленных районов Восточной Сибири [Шалина, 1994]. Усиление уровня антропогенного стресса, в частности уровня химических антропогенных загрязнителей, приводит к распространению латентных повреждений организма, увеличению числа детей с дисгармоничным физическим развитием, ухудшению состояния ЦНС и ССС как маркеров биологического ответа на действие химических загрязнителей атмосферы, что становится актуальной гигиенической проблемой современности [Макарова, 2011]. Для детей и подростков северо-востока России показано ослабление адаптивных резервов ССС и дыхательной систем в первую очередь для макросомиков [Bartosh, Sokolov, 2006].

У детей младшего школьного возраста, подвергающихся постоянному воздействию комплекса антропогенных экотоксикантов окружающей среды, обнаруживается дисбаланс гормонального статуса, нарушаются физиологические связи между различными звеньями эндокринной системы. Определяются более выраженная вариабельность и высокие концентрации кортизола, гиперпролактинемия, повышение уровня тиреотропного гормона и снижение свободного тироксина. В условиях сочетанного воздействия экотоксикантов среды проживания у учащихся младших классов наблюдается статистически значимое падение среднего содержания и средней концентрации гемоглобина в эритроците, повышение скорости оседания эритроцитов [Соцкова, 2007]. Аэроаллергены являются причиной высокой частоты аллергических заболеваний и одновременно климатических изменений (потепление климата), в свою очередь напрягающих адаптивные механизмы растущего детского организма [Sheffield et al., 2011]. Специфика показателей морфофункционального развития детей разного возраста отмечается на территориях экологического риска с наличием дополнительного

радиационного фактора после аварии на ЧАЭС, в частности г. Гомеля Республики Беларусь [Мельник, 2019], районов Брянской области [Корсаков, 2012].

Одновременно опосредованность ростовых процессов климатогеографическими факторами отражает факт эволюционно обоснованной связи климатических факторов как регуляторов иммунитета с процессами морфофункциональной дифференцировки. В наиболее явном виде эти связи обнаруживаются в экстремальных климатогеографических нишах, например, холодовые условия Европейского Севера, или комплекс природных условий в связи с высотой над уровнем моря. Изучение адаптации к не имеющему аналогов в мире муссонному климату Приморья с большой для своей широты суровостью и выраженной сезонной контрастностью и уточнение биотропного воздействия климатической специфики на детский организм указывает на ряд особенностей функции внешнего дыхания, в частности подростков 10-17 лет, что делает актуальными региональные центильные таблицы показателей динамического легочного объема ЖЕЛ (VC, л) [Лучанинова, 1992, Крукович с соавт., 2004; Крукович, Лучанинова, 2006].

При этом климатические факторы взаимодействуют с антропогенными, усиливая или нивелируя влияние друг друга. Так, высокий уровень техногенных загрязнений средних широт оказывается фактором задержки физического развития детей, а в условиях Европейского Севера не оказывает влияния на ростовые процессы детей, что может быть следствием перекрестной адаптации [Кузнецова с соавт., 2015]. На урбанизированном юге Тюменской области суперпозиция антропогенных и климатических факторов результируется в усилении долихоморфии детей дошкольного возраста в сочетании с увеличением частоты крайних вариантов телосложения (астеноидного и дистивного) по контрасту с детьми арктического севера области (зоне экстремальных климатических условий), характеризующихся выраженной брахиморфией и преобладанием средних типов телосложения, мышечного и торакального [Чирятова, 2001]. Аналогично, адаптация детей г. Норильска к сочетанному стрессу климатических условий Крайнего Севера и высокой антропогенной нагрузки (Норильск один из самых экологически загрязненных городов мира) приводит к более быстрым темпам увеличения длины и массы тела, большему долевному содержанию жирового и костного компонентов сомы при относительном уменьшении доли мышечного компонента сравнительно с детскими популяциями других городов Сибири [Колодко, 2009]. Высказывается точка зрения, что экстремальные природные факторы, в частности Сибири [Савватеева с соавт., 2003] или аридной

зоны Туркменистана [Кириченко, 1997], неблагоприятно сказываются на развитии детей на старте онтогенеза (0-3 года) и снижают темпы секулярных изменений показателей физического развития детей этого возраста.

Климатогеографические факторы действительно имеют существенное влияние на рост и развитие детей раннего возраста. По материалам лонгитудинального исследования детей от 0 до 3 лет, в условиях высокогорья (Мургаб) весоростовые показатели мальчиков ниже, чем в условиях среднегорья (Хорог и Дарваз), в то время как показатели окружности грудной клетки у них значительно выше в 2-3 года, как следствие формирования адаптационных механизмов к условиям высокогорья [Каюмов, Ватанбекова, 2009]. Аналогичная работа в регионах Республики Дагестан показала, что дети 1-3 лет, проживающие на разной высоте над уровнем моря, различаются по длине тела и в меньшей степени по массе и обхвату груди [Давудова, Гасанов, 2014].

На материалах обследования подростков и юношей 12-17 лет Кыргызстана показана гетерохронность процессов роста для детей в разных экологических зонах – высокогорье (Алайская долина) и среднегорье, представленном населением антропогенно-техногенной зоны г. Ош [Саттаров, Карелина, 2018].

По материалам ряда зарубежных исследований, регионального и мирового масштаба, показана ассоциированность среднего и высокого уровня показателей длины и массы тела с климатогеографическими факторами, например увеличение длины тела с усилением влажности климата для детей боливийской Амазонии [Godoy et al., 2008]; отрицательное влияние на рост холодового стресса в условиях мексиканского высокогорья [Skoufias, Vinha, 2012], холодовых факторов Северной Японии [Yokoya et al., 2012; Yokoya, Higuchi, 2016; Ogasawara, Yumitori, 2018]. И в зарубежной литературе, как и в отечественной, обсуждается доминирование антропогенных (социально-гигиенических) факторов над географическими, в частности фактора питания, в реализации генетической программы роста [Cowgill et al., 2012; Videhult et al., 2016; Nikooyeh et al., 2017].

Ключевым вопросом адаптации организма к воздействию экстремальных факторов является формирование адекватного уровня метаболизма, в обеспечении которого дыхательная и сердечно-сосудистая системы занимают ведущее положение. По материалам исследования особенностей адаптации юношей Магаданской области [Суханова с соавт., 2013] показана достаточно жесткая фенотипическая детерминация экстремальными условиями соматометрических и морфологических

характеристик или экологического портрета (по аналогии с адаптивным типом Т.И. Алексеевой) северных этносов. У аборигенов (эвены, коряки) в сравнении с «укорененными» европеоидами даже 2го поколения достоверно ниже показатели массы и длины тела, обхвата груди, площади тела, индекса массы тела; в то время как по функциональным показателям (САД, ДАД, ЧСС, общее периферическое сопротивление сосудов, минутный объем крови; потребление кислорода, минутный объем дыхания, частота дыхания, кислородная емкость крови и некоторые другие) отмечена конвергентная адаптация.

Реакция растущего организма на комплекс экологических факторов зависит как от уровня экологического стресса, так и от периода онтогенеза. В серии работ авторов на материалах России и бывшего СССР, охватывающих более ранние периоды онтогенеза, предшествующие подростковому возрасту, в частности возраст первого и второго детства [Федотова с соавт., 2019], отмечено известное доминирование антропогенных факторов над климатогеографическими в формировании фенотипического разнообразия. Вклад антропогенных факторов в вариации основных антропометрических размеров (длина, масса тела, обхват груди) составляет примерно 10-11% сравнительно с 7% для климатогеографических факторов и определяет соматическую изменчивость детей 6 и 9 лет, а не только 9 лет как в случае с географическими факторами. Наиболее информативными факторами изменчивости весоростовых показателей являются антропогенные параметры, характеризующие величину городской агломерации (места жительства) – численность, плотность и доходы населения. Наиболее значимыми факторами вариации обхвата груди как маркера жизненной емкости легких, имеющих прямое отношение к процессам климатической адаптации детей, являются климатические «холодовые» параметры или параметры дискомфорта климата – разность максимальной и минимальной годовых температур и средняя минимальная температура января. Для детей раннего возраста (2-3 года) показано уменьшение габаритных размеров с севера на юг по мере увеличения уровня суммарной солнечной радиации места жительства [Горбачева, Федотова, 2018б]. Вклад этого природного фактора в соматическую вариацию детей раннего возраста относительно выше, чем антропогенных, в том числе временного (секулярного), что позволяет говорить о неизменной глубинной связи ростовых процессов детей с естественной природной средой. Существование зависимости размерных признаков и их соотношений или пропорциональности телосложения от степени дискомфорта

климатических факторов ниши развития показано также для детей грудного возраста [Горбачева, Федотова, 2017]: фактор географической широты, как обобщающий параметр холодных условий и уровня инсоляции территории проживания, положительно связан с увеличением габаритных параметров (длина и масса) и некоторым усилением лептосомности телосложения (соотношение обхвата груди и длины тела). При изучении пространственной вариации размеров тела новорожденных показано, что ни климатогеографические факторы, ни степень урбанизации места жительства, ни собственно антропологическая (этническая) специфика выборки новорожденных, рассматриваемые отдельно, не являются однозначными определяющими вариации размеров тела новорожденных детей [Боровкова с соавт., 2012; Федотова, Горбачева, 2014], учитывая высокую опосредованность соматических показателей новорожденных фактором материнской морфологии: в процессе внутриутробного роста плод адаптируется к материнским соматическим показателям. На уровне тенденции фиксируется увеличение длины тела новорожденных обоего пола с уровнем инсоляции, интерпретируемое в контексте значения ультрафиолета для метаболизма костной ткани.

В задачу настоящей работы входит сравнительная оценка вклада большого блока антропогенных и природных факторов в соматическую вариабельность детей на пике пубертатного спурта (13 лет) и на завершающем юношеском этапе восходящего онтогенеза (17 лет).

### Материал и методы

Исследование выполнено по материалам бывшего СССР. К анализу привлечены 122 ростовых исследования детей школьного возраста (7/8 – 17 лет). Основным источником данных являются сборники по физическому развитию детей и подростков городов и сельских местностей СССР, собранные по единым стандартам НИИ гигиены и охраны здоровья детей и подростков и в силу этого сравнимые [Материалы..., 1962, 1965, 1977]. Исторический интервал ограничен 1960-ми – первой половиной 1970-х гг., т.е. историческими рамками «традиционного общества» с умеренным уровнем антропогенной нагрузки, в отличие от современной дистрессовой, в известном смысле агрессивной, антропогенной среды, предъявляющей адаптивные требования не столько к соматической системе показателей, сколько к психофизиологической (поведенческой). Узкий исторический временной отрезок позволяет, во-первых, избежать влияния на ре-

зультаты секулярного фактора, во-вторых, этот временной срез является наиболее представительным по численности обследованных, что позволило без ущерба для достоверности результатов ограничиться преимущественно славянскими выборками во избежание влияния этнического фактора. Все привлеченные к анализу выборки городские, что также позволяет увеличить гомогенность материала: если население современных городских агломераций и особенно мегаполисов существенно стратифицировано по демографическому, социальному фактору, уровню техногенного стресса района проживания, то в 1960-х – 1970-х гг. городское население, безусловно, было более единообразным и противопоставлено по уровню антропогенной нагрузки сельскому населению. Численность каждой пологовозрастной группы около 100 человек.

Объектом исследования является изменчивость основных антропометрических показателей – длина и масса тела и обхват груди. Блок антропогенных факторов охватывает разные области антропогенной деятельности, показатели наиболее часто упоминаются в антропоэкологических работах и заимствованы из атласа «Окружающая среда и здоровье населения России» [Прохоров, 1996]. Под антропогенными факторами (АФ) в антропологии и экологии понимается совокупность факторов среды, обусловленных случайной или целенаправленной деятельностью человека в процессе его существования [Антропологический словарь, 2003]. К *физическим* АФ относятся использование атомной энергии, перемещение с использованием разных видов транспорта, технические шумы, вибрации. К *химическим* АФ – химические /техногенные загрязнения среды и химическое загрязнение самого организма человека (лекарства, алкоголь, наркотики); к *биологическим* – продукты питания; *социальные* связаны с общественными отношениями. Отдельно упомянем так называемые социально-значимые заболевания как следствие антропогенной деятельности, имеющие значительную дифференциацию распространения по территории России и маркирующие уровень антропогенного стресса регионов проживания в той же мере как численность и плотность населения [Будилова, 2015, 2019]. Можно сказать, что они являются зеркалом уровня экологического стресса, как и соматические показатели. В число социально-значимых заболеваний входят злокачественные новообразования, показатели психического здоровья, сердечно-сосудистые заболевания, неразрывно связанные с соматическим статусом, например, избыток массы тела и ожирение у больных ишемической болезнью.

Привлеченные к исследованию детские выборки представляют 8 медико-экологических типов

регионов РФ – комплексного показателя, определяемого совокупностью ряда факторов окружающей среды и образом жизни: 1) северные округа с суровым климатом, со слабой инфраструктурой, повышенной ролью животной пищи и смертностью от неестественных причин; 2) наиболее промышленно развитые районы Дальнего Востока, Средней Сибири, Кемеровская область и Карелия с наиболее финансово-состоятельным населением, развитой транспортной инфраструктурой, самой высокой неестественной смертностью; 3) пестрый набор регионов Европейской России, Кавказа и Западной Сибири с наиболее оседлым (сельским) населением и наиболее спокойным вариантом образа жизни, с минимальной неестественной смертностью и смертностью от болезни системы кровообращения по России, наименее развитой инфраструктурой, в том числе транспортной; 4) портовые северные регионы, нефтяные округа Западной Сибири и обе столицы с неблагоприятными экологическими параметрами, самым состоятельным населением, самой высокой смертностью от сердечно-сосудистых и желудочно-кишечных заболеваний на фоне максимального потребления мясных продуктов и животных жиров; 5) промышленно развитые регионы Европейской части, Урала и Западной Сибири с наихудшими экологическими параметрами и депрессией в период реформ; 6) наиболее промышленно отсталые регионы на всем пространстве России; 7) наиболее промышленно отсталые автономии России с традиционным хозяйством, высокой оседлостью населения, максимальным отношением прожиточного минимума к доходам, высокой смертностью от неестественных причин и всех групп заболеваний; 8) наиболее экономически депрессивные регионы с высоким стресс-фактором и вынужденной аскетичной диетой, высокой смертностью от болезней органов дыхания.

В числе рассматриваемых антропогенных факторов: 1 – антропогенная нарушенность экосистемы как процент антропогенно трансформированных экосистем; 2 – загрязнение воды – сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты в пересчете на душу населения, куб. м/год; 3 – выбросы в атмосферу – выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, тыс. тонн; 4 – плотность населения (человек/кв. км); 5 – доходы населения – официальные денежные доходы в процентах в прожиточному минимуму на начало 1996; 6 – численность населения; 7 – детская онкология – частота заболеваемости детей злокачественными образованиями на 100 тыс. населения; 8 – сердечно-сосудистые заболевания – частота заболеваемости болезнями системы кровообращения на 1000 человек; 9 – гармоничность социальной

структуры населения как сбалансированность структуры населения по полу, возрасту, расселению, миграционной подвижности в баллах. Факторный анализ антропогенных переменных, предварительно проведенный авторами, указывает на их известную и логичную взаимосвязанность, выделяя, в частности, «фактор величины городской агломерации» (или «фактор степени урбанизации») с достоверными высокими положительными нагрузками на параметры численность населения (0,835), доходы населения (0,776) и частоту сердечно-сосудистых заболеваний населения (0,786). Показатели заболеваемости (7 и 8) по содержанию являются не собственно антропогенными факторами, а последствиями и маркерами уровня антропогенной нагрузки.

В блок климатогеографических параметров включены факторы, информативность которых показана в целом ряде ростовых исследований. 1 – уровень инсоляции как фактор роста костной ткани – количество часов солнечного сияния в год; 2 – суммарная радиация на единицу площади, Мдж/м кв.; 3 – широта населенного пункта, характеризующая режим светового дня и отчасти уровень инсоляции (северо-южный градиент соматической изменчивости); 4 – долгота населенного пункта (западно-восточный градиент соматической изменчивости); 5 – диапазон разности минимальных и максимальных годовых температур (января и июля) как показатель экологического дискомфорта; 6 – минимальная температура января также как показатель экологического дискомфорта; 7 – общая дискомфортность климата, оцененная по степени влияния основных климатических параметров (температурный баланс, длительность зимы, частоты зимних ветров и т.д.). Источником этой информации являются электронные базы данных [Метеоархивы, 2018, Погода и климат, 2018].

Для оценки направления и уровня ассоциаций антропометрических и экологических параметров использовался классический корреляционный анализ для попарных сочетаний признаков в каждой отдельно рассматриваемой возрастно-половой группе, поскольку рассматриваемые соматические, климатические, антропогенные параметры являются обычными количественными показателями с непрерывной формой распределения. Отметим, что для изучения признаков, распределенных не по нормальному закону при наличии нелинейной связи, а также для признаков, измеренных в порядковой шкале, как принято считать, больше подходит коэффициент ранговой сопряженности Спирмена. Однако в недавнем сравнительном исследовании статистических методов оценки наличия временного морфологического

Таблица 1. Попарные корреляции экзогенных факторов с соматическими параметрами детей 13 и 17 лет  
Table 1. Pair correlations of exogenic factors and somatic dimensions of children aged 13 and 17 years

Факторы	13 лет						17 лет					
	Мальчики			Девочки			Мальчики			Девочки		
	ДТ	МТ	ОГр	ДТ	МТ	ОГр	ДТ	МТ	ОГр	ДТ	МТ	ОГр
Численность населения	0,32*	0,28*	0,19	0,29*	0,29*	0,24	0,21	0,29	0,09	0,16	0,17	-0,07
Плотность населения	0,35*	0,35*	0,14	0,26*	0,40*	0,19	0,19	0,20	-0,02	-0,02	0,08	-0,12
Антропогенная нарушенность экосистемы	0,11	0,07	0,04	0,09	0,16	0,12	0,32	0,29	0,17	0,30	0,04	0,03
Загрязненность воды	0,09	0,14	0,08	0,07	0,12	0,09	-0,15	-0,20	-0,26	-0,15	-0,17	0,01
Выбросы в атмосферу	0,26*	0,27*	0,05	0,24	0,23	0,13	0,27	0,24	0,27	0,23	0,26	0,34*
Гармоничность социальной структуры	-0,05	-0,04	0,01	-0,05	0,09	0,10	0,16	0,13	0,11	0,17	0,12	0,02
Уровень доходов	0,23	0,27*	0,16	0,24	0,20	0,11	0,20	0,26	0,04	0,20	0,19	-0,23
Детская онкология	0,29*	0,40*	0,24	0,28*	0,30*	0,17	0,25	0,19	-0,05	0,22	0,01	-0,07
Сердечно-сосудистые заболевания у населения	0,24	0,25	0,19	0,19	0,32*	0,35*	0,29	0,30	0,30	0,22	0,26	0,02
Инсоляция	-0,06	-0,16	-0,02	0,01	-0,03	0,07	-0,32	-0,30	-0,06	-0,08	-0,23	-0,08
Средняя t января	0,15	0,10	0,15	0,08	0,33*	0,35*	0,18	-0,05	0,17	-0,02	-0,03	0,08
Средняя t июля	-0,12	-0,20	-0,12	-0,07	0,00	0,03	-0,23	-0,18	-0,04	-0,11	-0,23	0,12
Разность температур	-0,25*	-0,23	-0,28*	-0,14	-0,41*	-0,43*	-0,36*	-0,07	-0,26	-0,06	-0,13	-0,03
Дискомфорт климата	0,09	0,11	-0,03	0,14	-0,01	-0,16	0,17	0,21	-0,04	-0,03	0,16	0,07
Долгота	-0,08	-0,02	0,03	0,00	-0,05	0,00	-0,11	-0,06	0,11	0,01	0,06	-0,01
Широта	-0,04	0,04	-0,08	-0,05	-0,07	-0,10	0,14	0,19	-0,13	0,05	0,08	-0,08
Минимальная средняя t января	0,26*	0,20	0,22	0,20	0,41*	0,42*	0,25	0,19	0,24	0,25	0,22	0,12

Примечания.\* – корреляции с достоверностью  $p$  от 0,05 до 0,001. ДТ – длина тела, МТ – масса тела, ОГр – обхват груди, Ср. t – средняя температура.

Notes. \* -  $p$  from 0,05 to 0,001; ДТ – height, cm; МТ – weight, kg; ОГр – chest girth, cm, Ср. t – average temperature, degree C

тренда, иначе – вклада секулярного фактора в мофрологическую специфику, что вполне сопоставимо содержательно с нашими научными изысканиями, показано, что монотонные линии регрессии, описываемые коэффициентом Пирсона и Спирмена, практически идентичны, и интерпретация коэффициента Спирмена очень близка к традиционному коэффициенту Пирсона [Зиминая, 2019а]. В работе Зиминой в случае анализа данных для широкого временного интервала с далеко и отдельно стоящими выборочными средними 1928 года и плотным облаком современных данных, коэффициент Пирсона оказывается, возможно, предпочтительным. В собственной работе авторов в процессе статистического анализа также были выявлены максимально близкие значения коэффициентов Пирсона и Спирмена. Для некоторых пар признаков они составляют одинаковую величину, например, для пары признаков «длина тела мальчиков 13 лет – плотность населения» оба коэффициента равны 0,35 (различия в третьем знаке после запятой); в случае пар признаков «весовые показатели – численность населения»

коэффициент Спирмена незначительно выше коэффициента Пирсона. Это предмет для отдельной беседы, превышающей формат конкретной статьи.

## Результаты

Для показателя продольного скелетного развития (**длина тела**) выявлены достоверно значимые связи со следующими антропогенными факторами: численность населения (мальчики 13 лет  $r=0,32$ ,  $p=0,01$ , коэффициент детерминации 0,10); плотность населения (рис. 1) (мальчики 13 лет  $r=0,35$ ,  $p=0,00$ , коэффициент детерминации 0,12; девочки 13 лет  $r=0,26$ ,  $p=0,04$ , коэффициент детерминации 0,06); доходы населения на уровне тенденции (мальчики 13 лет  $r=0,23$ ,  $p=0,08$ ; девочки 13 лет  $r=0,24$ ,  $p=0,06$ ); загрязненность воздуха (промышленные выбросы в атмосферу) (мальчики 13 лет  $r=0,26$ ,  $p=0,04$ , коэффициент детерминации 0,06; девочки 13 лет на уровне тенденции

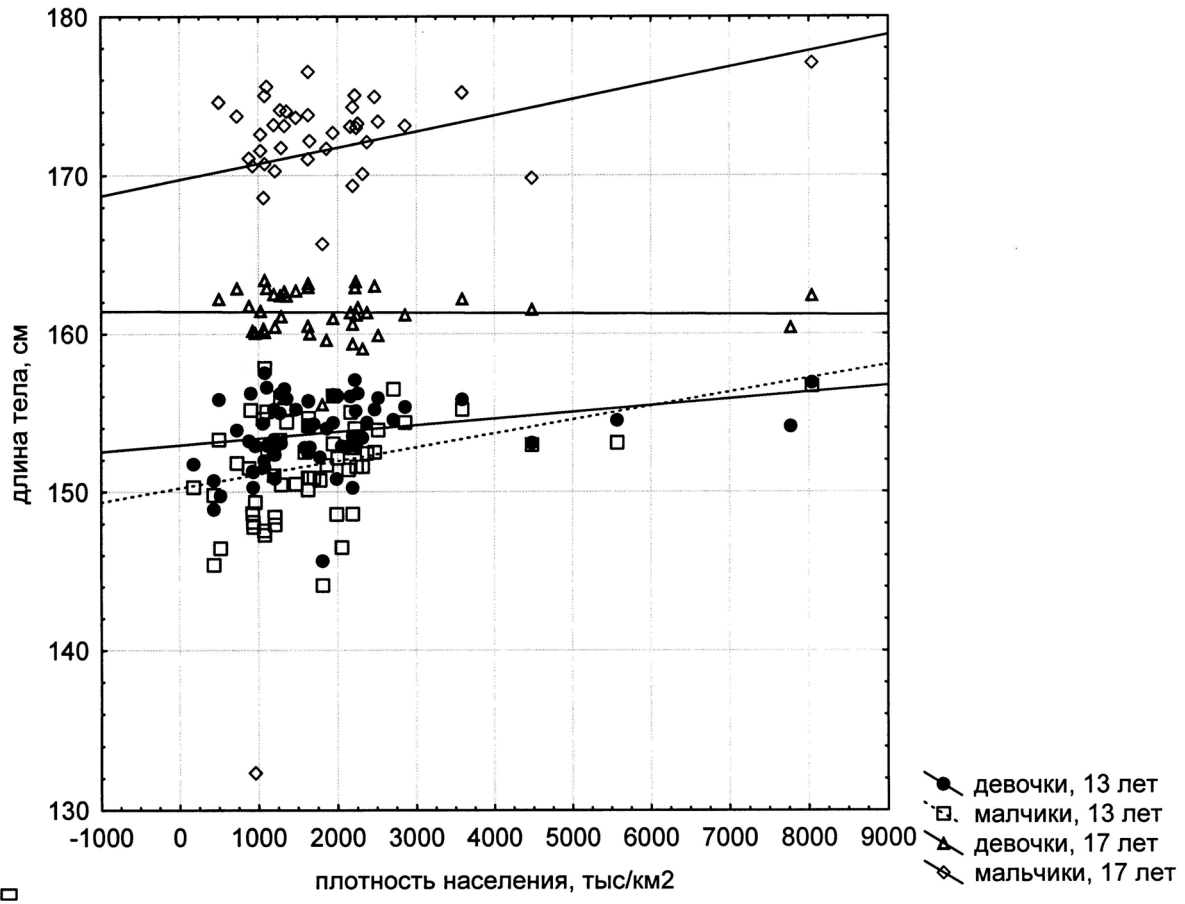


Рисунок 1. Корреляции длины тела, см (ось Y) и плотности населения, тыс./км<sup>2</sup> (ось X)  
 Figure 1. Correlations of height, cm (axe Y) and density of population, thousands/square km (axe X)

$g=0,24$ ,  $p=0,06$ ); частота детской онкологии (мальчики 13 лет  $g=0,29$ ,  $p=0,02$ , коэффициент детерминации 0,04; девочки 13 лет  $g=0,28$ ,  $p=0,03$ , коэффициент детерминации 0,07).

Из климатогеографических переменных достоверные ассоциации с показателем длины тела имеют показатели дискомфорта климата: разность зимне-летних температур (мальчики 13 лет  $g=-0,25$ ,  $p=0,04$ , коэффициент детерминации 0,06; мальчики 17 лет  $g=-0,36$ ,  $p=0,02$ , коэффициент детерминации 0,12) и минимальная средняя температура января (мальчики 13 лет  $g=0,26$ ,  $p=0,04$ , коэффициент детерминации 0,06).

Для показателя **обхват груди** выявлены достоверно значимые связи со следующими антропогенными факторами: загрязненность воздуха (девочки 17 лет  $g=0,34$ ,  $p=0,04$ , коэффициент детерминации 0,11); частота сердечно-сосудистых заболеваний у населения (девочки 13 лет  $g=0,35$ ,  $p=0,00$ , коэффициент детерминации 0,11). Из климатогеографических факторов также значимыми являются параметры дискомфорта климата: средняя температура января (девочки 13 лет

$g=0,35$ ,  $p=0,00$ , коэффициент детерминации 0,12); разность минимальных и максимальных годовых температур (рис. 2) (мальчики 13 лет  $g=-0,28$ ,  $p=0,02$ , коэффициент детерминации 0,07; девочки 13 лет  $g=-0,43$ ,  $p=0,00$ , коэффициент детерминации 0,17); минимальная средняя температура января (девочки 13 лет  $g=0,42$ ,  $p=0,00$ , коэффициент детерминации 0,16).

Для показателя **масса тела** выявлены достоверно значимые связи со следующими антропогенными факторами: численность населения (рис. 3) (мальчики 13 лет  $g=0,28$ ,  $p=0,02$ , коэффициент детерминации 0,07; девочки 13 лет  $g=0,29$ ,  $p=0,01$ , коэффициент детерминации 0,04; мальчики 17 лет на уровне тенденции  $g=0,29$ ,  $p=0,06$ ); плотность населения (мальчики 13 лет  $g=0,35$ ,  $p=0,00$ , коэффициент детерминации 0,11; девочки 13 лет  $g=0,40$ ,  $p=0,00$ , коэффициент детерминации 0,16); доходы населения (мальчики 13 лет  $g=0,27$ ,  $p=0,04$ , коэффициент детерминации 0,06); атмосферные выбросы (мальчики 13 лет  $g=0,27$ ,  $p=0,04$ , коэффициент детерминации 0,07); частота детской онкологии (мальчики 13 лет  $g=0,40$ ,  $p=0,00$ , коэф-

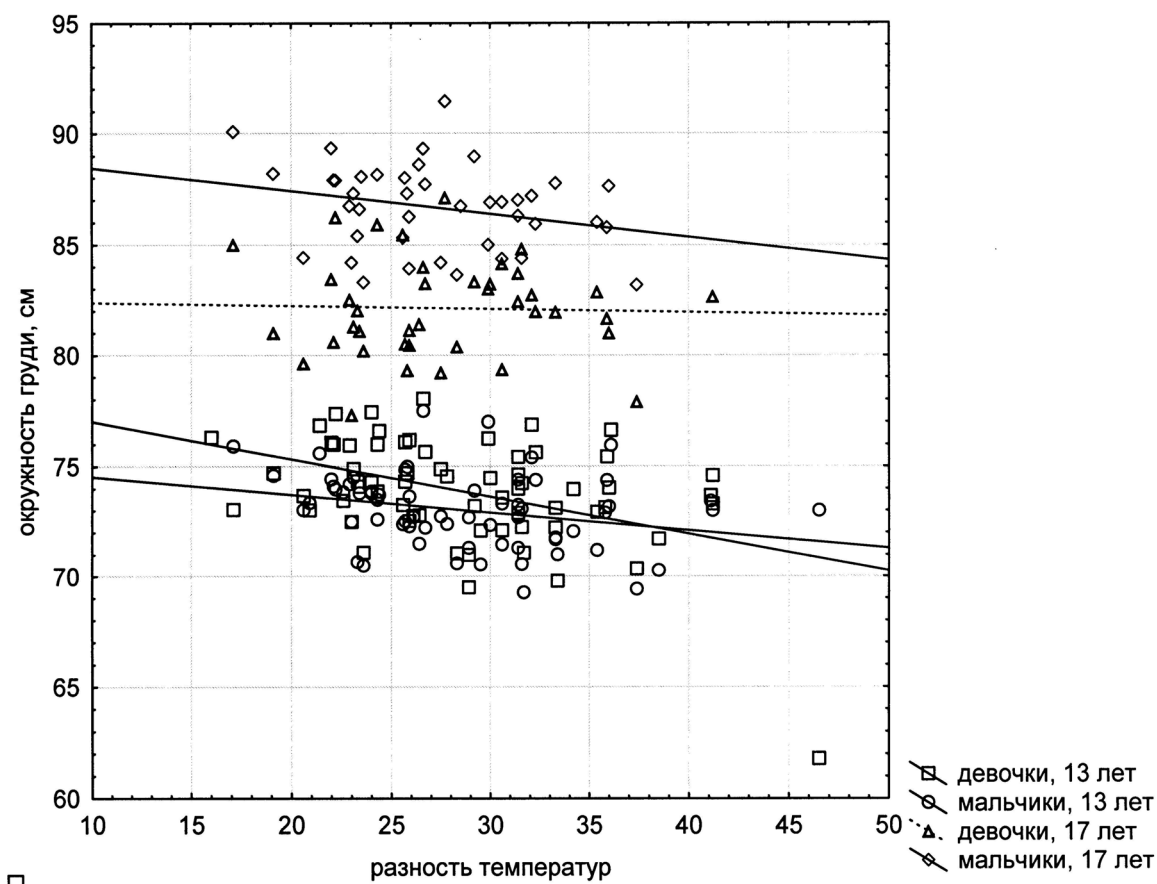


Рисунок 2. Корреляции обхвата груди, см (ось Y) и разности минимальных и максимальных годовых температур, градусы Цельсия (ось X)

Figure 2. Correlations of chest girth, cm (axe Y) and difference of minimal and maximal year temperatures, degree C (axe X)

коэффициент детерминации 0,15; девочки 13 лет  $r=0,30$ ,  $p=0,00$ , коэффициент детерминации 0,09); частота сердечно-сосудистых заболеваний у населения (мальчики 13 лет на уровне тенденции  $r=0,25$ ,  $p=0,06$ ; девочки 13 лет  $r=0,32$ ,  $p=0,01$ , коэффициент детерминации 0,09). Из климатогеографических факторов, как и для длины тела и обхвата груди: средняя температура января (девочки 13 лет  $r=0,33$ ,  $p=0,00$ , коэффициент детерминации 0,10); разность минимальных и максимальных годовых температур (мальчики 13 лет на уровне тенденции  $r=-0,23$ ,  $p=0,06$ , девочки 13 лет  $r=0,41$ ,  $p=0,00$ , коэффициент детерминации 0,17), минимальная средняя температура января (девочки 13 лет  $r=-0,41$ ,  $p=0,00$ , коэффициент детерминации 0,17).

Обращает на себя внимание факт, что связи соматических показателей с антропогенными факторами имеют положительный знак. Это означает, что по мере увеличения уровня антропогенной нагрузки (возрастания численности и плотности населения, загрязненности атмосферы и т. д.) увеличиваются и соматические показатели детей,

являющиеся зеркалом окружающей среды. То есть рассматриваемые антропогенные факторы обладают акцелерирующим воздействием на растущий детский организм. Такой эффект как раз характеризует умеренный уровень антропогенной нагрузки исторической эпохи 1960-х–1970-х гг. в России и бывшем СССР, о чем уже говорилось в разделе «Материалы и методы». Аналогично для взрослого населения бывшего СССР того же исторического среза показано систематическое различие между популяциями по вектору макросомии в связи с антропогенным фактором (степенью урбанизации) [Зимина, 2019б]. Отметим, что нарастание уровня антропогенной нагрузки имеет разные последствия для соматической микроэволюционной динамики, как для вектора изменчивости в целом, так и для уровня половых различий. Например, для Москвы 1960-х умеренный уровень стресса определял макросомизацию детского населения, усиление уровня стресса в 1980-х определило лептосомизацию населения, более выраженную у представительниц женского пола; современный дистрессовый уровень нагрузки



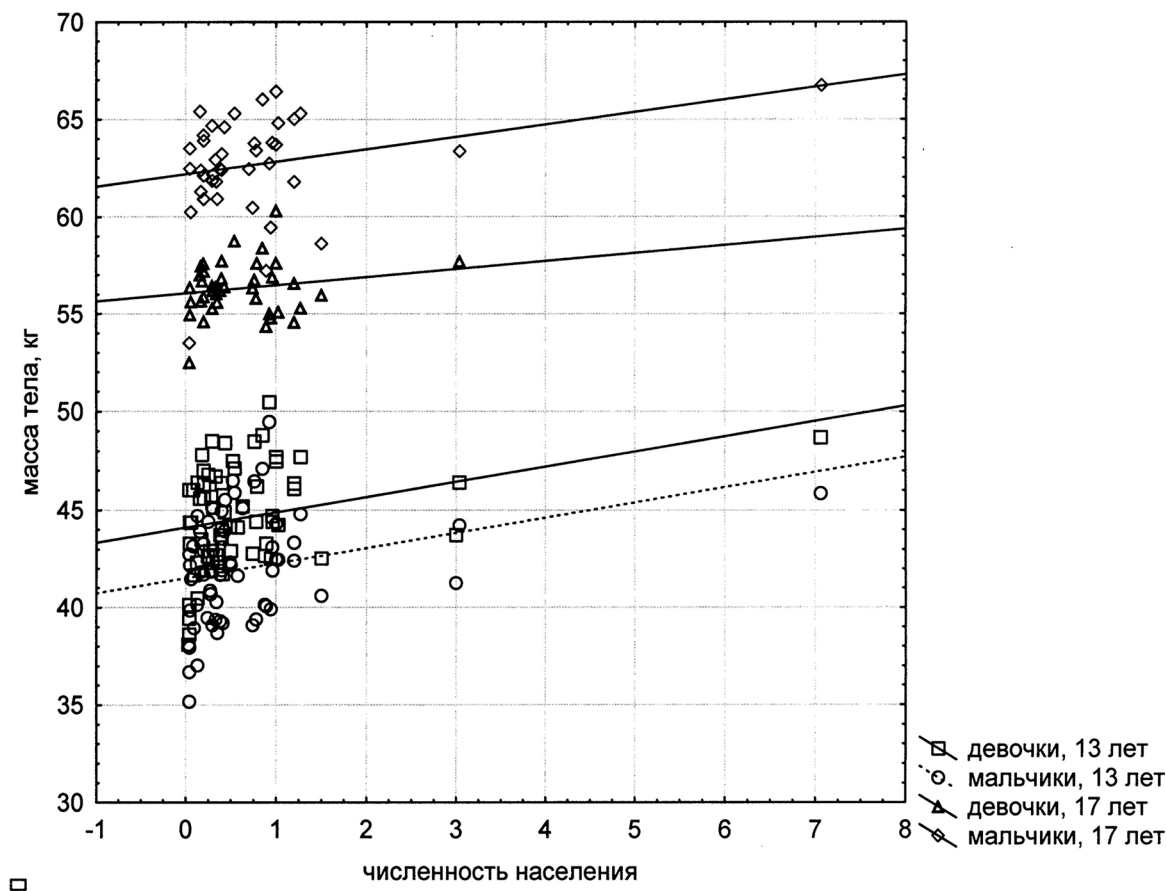


Рисунок 3. Корреляции массы тела, кг (ось Y) и численности населения, млн человек (ось X)  
 Figure 3. Correlations of weight, kg (axe Y) and quantity of population, millions (axe X)

определяет пикносомизацию, более выраженную у мужской части населения. Приведенные соображения свидетельствуют о биологической содержательности полученных корреляций и не позволяют считать их сугубо статистическими эффектами.

Что касается связей соматических показателей детей с факторами заболеваемости, то достоверная ассоциация с фактором частоты сердечно-сосудистых заболеваний среди взрослого населения также вряд ли является случайной, зафиксирована не только для возрастного интервала 13-17 лет, но и для массы тела у девочек возраста 9 лет  $r=0,27$ ,  $p=0,04$  [Федотова с соавт., 2019], и отражает, в частности, тот факт, что повышенная масса тела является фактором риска сердечно-сосудистых заболеваний.

Отдельно оговорим фактор частоты онкологических заболеваний у детей. В этиологии злокачественных заболеваний у детей, по мнению специалистов, факторы окружающей среды играют, в отличие от взрослых, очень незначительную роль [Барьяш с соавт., 2013]. Особенности дет-

ских онкозаболеваний являются врожденный характер злокачественных опухолей, связь с пороками развития, инфекционные агенты (на основании комплексных исследований Международной ассоциации по исследованию рака, как канцерогенные для человека классифицированы вирусы гепатита В и С, вирус Т-клеточного лейкоза взрослых, вирус иммунодефицита человека и др; изучается их роль в развитии злокачественных опухолей у детей). В этом контексте фактор онкологической заболеваемости детей имеет несколько иной смысл, чем, например, фактор кардиозаболеваний взрослого населения как непосредственный маркер уровня антропогенной нагрузки. В нашей работе выявлены ассоциации частоты детской онкологии с весоростовыми показателями детей 13 лет, в первую очередь массой тела мальчиков. По материалам литературы для случаев тяжелых форм заболевания [Principles..., 2015] снижение массы тела входит в число информативных симптомов детской онкологии. Очевидно, что в случае с детской онкологией причинно-следственные связи экология-соста не так «прозрачны» как в

случае, например, с доходами населения: более высокие доходы – более обильное питание и более высокий санитарно-гигиенический стандарт жизни – более высокие показатели физического развития детей. Однако из многочисленных работ по гигиене детей и акусологии хорошо известно, что у акселератов, имеющих более высокие соматические показатели сравнительно с ровесниками, ослаблен функциональный статус и повышена заболеваемость. Классический пример для Москвы 1990-х гг. – на фоне существенного увеличения уровня техногенных загрязнений атмосферы самыми распространенными заболеваниями стали хронические ЛОР-заболевания. И когорту часто болеющих ЛОР-хроников как раз составляли дети-акселераты, в первую очередь мальчики школьного возраста, макросомии относительно своих практически здоровых ровесников [Ямпольская, 2004], подтверждая хорошо известный в педиатрии факт, что дети активно растут во время болезни. Отметим, что для разных регионов Брянской области, до настоящего времени испытывающей последствия аварии на ЧАЭС, показана сочетанная изменчивость комплекса показателей (уровня физического развития детей, частоты злокачественных новообразований, сравнительного объема щитовидной железы, играющей принципиальную роль в дифференцировке тканей и систем и соматическом развитии) в зависимости от степени агрессивности влияния радиационных и токсических метаболитов в конкретном регионе и возраста детей. В этом контексте не так важно в связи с онкологическими детскими заболеваниями, является ли акцелерированный вариант роста одной из причин болезни, или заболевание как эндогенный стресс умеренного уровня стимулирует ростовые процессы; важно, что это тесно связанные показатели и заболевание может маркировать соматический статус; вектор связи определяется тяжестью заболевания: для выборки больных детей он может иметь один знак, а для популяции в целом, что имеет место в нашем случае – противоположный. Еще раз подчеркнем, что частота детской онкологии и сердечно-сосудистых заболеваний взрослых может быть опосредованно связана с антропогенной нагрузкой, поэтому учитывается среди антропогенных факторов.

Некоторые ассоциации соматических показателей (длина тела, обхват груди) с климатической переменной «разность зимних и летних температур», отражающей дискомфортность климата, имеют отрицательный знак, отражая негативное «депрессивное» влияние климатического прессинга на ростовые процессы детей. Аналогичные закономерности выявлены авторами ранее для возрастного интервала 4-9 лет [Федотова с соавт., 2019]:

чем больше разность минимальной и максимальной годовых температур и дискомфортность климата, тем меньше величины размеров, связанных с вариацией всех трех компонентов сомы – массы тела и обхвата груди. Коэффициенты детерминации составляют около 0,07 и определяют соответственно не более 7% изменчивости антропометрических показателей.

## Обсуждение

Принципиальный факт, который обращает на себя внимание при анализе результатов – достоверных связей соматических показателей с экзогенными факторами существенно больше у детей подросткового возраста в 13 лет, на долю 17-летних остаются только близкие к достоверности тенденции. Таким образом, на фоне высоких темпов ростовых процессов на пике ростового спурта вклад внешних факторов в процессы морфофункциональной дифференцировки детей более значим, чем в завершающем юношеском периоде восходящего онтогенеза (табл. 1).

Большее число достоверных связей с климатогеографическими показателями обнаруживается для девочек сравнительно с мальчиками, в то время как чувствительность представителей обоего пола к влиянию антропогенных факторов можно считать примерно одинаковой. «Официальная» парадигма о большей экочувствительности мужского пола сравнительно с женским [Геодакян, 1989], находит подтверждение далеко не во всех современных работах по изучению полового диморфизма. Так, в работе Зиминной [Зиминой, 2019b] показано, что адаптационные морфологические процессы отражают как более интенсивную реакцию мужского пола в одних случаях, так и более интенсивную женского пола в других; в зависимости от конкретного фактора увеличение скорости морфологических изменений может затрагивать как мужскую, так и женскую подгруппу популяции. По прихотливому стечению обстоятельств значительная часть приведенных во введении работ выполнена с привлечением только представителей мужского пола и даже при рассмотрении процессов адаптации для мальчиков и девочек одновременно не касается проблем экочувствительности в связи с полом. Авторы настоящей работы затрудняются предложить убедительную интерпретацию половых различий в связи с адаптацией к природным факторам. В случае взрослого репродуктивного населения межполовые морфологические вариации в связи с климатическими факторами уместно списать на необходимость

дополнительного энергетического буфера у женщин в виде жиросложения, участвующего в формировании вариаций поперечного развития тела. Так, в исследовании Веллс с соавторами [Wells et al., 2019] показано, что половые различия в параметрах телосложения фиксируются для популяций в холодных условиях и не фиксируются в теплых (средняя годовая температура выше/ниже 20 градусов соответственно; граница, по определению самого автора, довольно условна).

Наиболее информативными среди климатических факторов в нашем исследовании являются показатели температурного режима – средняя минимальная температура января как холодовой фактор и разность минимальной и максимальной годовой температур как фактор дискомфорта климата. На это же обстоятельство обращают внимание британские коллеги [Wells et al., 2019]: помимо связи телосложения с фактором средней годовой температуры, предопределенной правилом Бергманна, фактором глобальной вариабельности телосложения в не меньшей, и даже в большей, степени является внутригодичная изменчивость (перепад) температур. Свою гипотезу авторы проверяли на литературных материалах 133 мужских и 105 женских популяций из не индустриализованных регионов мира в географически широких рамках от 80 градуса северной широты до 30 градуса южной. В нашем случае число выборок сравнимо с материалами британских коллег по объему (122 ростовых исследования, включающие детей обоего пола) и представлено внушительным, хотя и не таким впечатляющим как у авторов, спектром привходящих климатических условий (вся территория России с севера на юг, 37-69 градусов северной широты, и с запада на восток, 22-158 градусов восточной долготы). Наше исследование при этом опирается на городские урбанизированные выборки середины XX столетия, 1960-е – 1970-е гг., историческую эпоху «традиционного общества» с невысоким уровнем антропогенной нагрузки, что исключает возможное вмешательство антропогенного фактора. Работа британских коллег, оперирующая только климатическими факторами, более стабильными во времени в сравнении с антропогенными, более вольно обращается с историческим временем (1901-2013 гг.), но подстраховывается выбором только консервативных не индустриализованных, как уже упоминалось выше, сообществ. Авторы полагают что климатические/экологические колебания могли быть ключевым стресс фактором при отборе сугубо сапиентных алгоритмов жизнедеятельности – долгожительство, общественная жизнь, воспитание потомства, отложенная матурация и динамический комплекс жиросложения (соотношение жировой

и тощей массы тела как инструмент «управления рисками» в условиях климатической нестабильности) – обеспечивающих/обслуживающих энергетические траты большого сапиентного мозга [Wells, 2012]. Эта точка зрения как биоэнергетический подход к проблеме, в отличие от прежней термодинамической парадигмы, отличный аргумент в копилку актуальности исследований морфологического разнообразия человечества в связи с климатическими факторами, исследований, которые, оживившись в середине прошлого века, несколько обмелели к настоящему моменту в связи с «генеральным наступлением» антропогенных факторов и радикальным изменением алгоритмов питания человечества.

Далее, антропогенные показатели являются факторами вариабельности весоростовых показателей – эти габаритные размеры увеличиваются с возрастанием численности, плотности и доходов населения городской агломерации места жительства. В свою очередь холодовые климатические факторы вносят вклад в вариации показателя обхват груди, имеющего непосредственное отношение к физиологической адаптации сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Этот результат хорошо соответствует блоку приведенных во введении антропоэкологических работ.

Уровень достоверных корреляций соматических показателей с экзогенными факторами, равно природными и антропогенными, в представленном исследовании невелик, в среднем 0,2-0,3, в редких случаях 0,4. Это означает, что вклад внешних факторов в вариации соматических размеров, или коэффициент детерминации, составляет максимум 16%. Но эта цифра выше по сравнению с периодом 4-9 лет – 10-11% (см. Введение). Нельзя также не отметить, что сквозь весь онтогенез значимыми факторами соматической вариабельности детей обоего пола являются систематически одни и те же экзогенные факторы, путешествующие из одной работы авторов в следующую – холодовые климатогеографические условия и характеристики степени урбанизации, или уровня антропогенной нагрузки, места жительства (численность, плотность, доходы населения, частота сердечно-сосудистых заболеваний у взрослых).

## Заключение

Таким образом, в работе показано, что большей чувствительностью к влиянию экзогенных факторов обладают дети в период подросткового ускорения роста (13 лет) сравнительно с детьми на завершающей фазе восходящего онтогенеза.

Вклад рассмотренных климатогеографических и антропогенных факторов невелик и определяет максимум около 16 процентов варибельности соматических показателей. Антропогенные факторы в большей степени определяют вариации весовых показателей, в то время как климатические факторы вносят вклад в показатель обхват груди, связанный непосредственно, как маркер функционирования сердечно-сосудистой и дыхательной систем, с адаптацией к холодным климатическим факторам.

Работа опирается на фундаментальные представления о цикличности чередования периодов повышенной/пониженной экочувствительности организма на восходящем отрезке онтогенеза; сохранении эволюционно обоснованных связей показателей иммунитета с климато-географическими факторами; доминировании универсального однопольного антропогенного фактора в современной урбанизированной нише над многообразием климатогеографических факторов естественных экологических ниш в процессе морфофункциональной дифференцировки детского организма.

### Благодарности

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

### Библиография

- Барьяш В.В., Папок В.Е., Минайло Т.И. Особенности онкологии детского возраста. Учебно-методическое пособие. Минск: БГМУ, 2013.
- Боровкова Н.П., Горбачева А.К., Федотова Т.К., Чтецов В.П. Этнотерриториальное разнообразие размеров тела новорожденных // Вестник Московского университета. Серия 23. Антропология, 2012. № 3. С. 56–70.
- Будилова Е.В. Эволюция жизненного цикла человека: анализ глобальных данных и моделирование. Дисс. ... д-ра биол. наук. М., 2015, 257 с.
- Будилова Е.В., Лагутин М.Б. Динамика и территориальная дифференциация социально значимых болезней в 2005–2016 гг. в России // Вестник Московского университета. Серия 23. Антропология, 2019. № 3. С. 82–100. DOI: 10.32521/2074-8132.2019.3.082-100.
- Геодакян В.А. Теория дифференциации полов в проблемах человека // Человек в системе наук. М.: Наука, 1989. С. 171–189.
- Горбачева А.К., Федотова Т.К. Пространственное разнообразие показателей физического развития российских детей грудного возраста в связи с климатогеографическими факторами // Вестник Московского университета. Серия 23. Антропология, 2017. № 3. С. 44–55.
- Горбачева А.К., Федотова Т.К. Изменчивость основных антропометрических показателей детей грудного и раннего возраста в связи с антропогенными факторами // Вестник Московского университета. Серия 23. Антропология, 2018. № 1. С. 18–36. DOI: 10.32521/2074-8132.2018.1.018-036.
- Горбачева А.К., Федотова Т.К. Пространственно-временное разнообразие антропометрических размеров детей раннего возраста // Вестник Московского университета. Серия 23. Антропология, 2018. № 2. С. 55–66. DOI: 10.32521/2074-8132.2018.2.055-066.
- Даудова Р.Д., Гасанов А.Н. Физическое развитие детей раннего возраста в зависимости от климатогеографических условий проживания // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки, 2014. № 1 С. 53–56.
- Зимица С.Н. Статистические методы оценки наличия временного тренда в морфологических исследованиях // Известия Института антропологии МГУ. Вып. 7. Москва, 2019а. С. 37–46.
- Зимица С.Н. Варибельность полового диморфизма соматических признаков человека под влиянием факторов среды: Дисс. ... канд. биол. наук, Москва, 2019b, 176 с.
- Каюмов А.К., Ватанбекова Г.С. Влияние высокогорья и среднегорья на антропометрические показатели мальчиков в возрасте до трех лет // Научно-медицинский журнал Паёми Сино (Вестник Авиценны), 2009. № 4. С. 103–106.
- Кириченко Ю.Н. Динамика антропометрических показателей и функциональных параметров растущего организма детей аридной зоны: Автореф. дисс. ... д-ра биол. наук, 1997, 36 с.
- Колодко В.Г. Физическое развитие детей 7–15 лет в условиях Крайнего Севера. Дисс. ... канд. мед. наук, 2009. 142 с.
- Корсаков А.В. Комплексная эколого-гигиеническая оценка изменений состава среды как фактора риска для здоровья населения: Автореф. дисс. ... д-ра биол. наук, 2012, 47 с.
- Крукович Е.В., Лучанинова В.Н. Физическое развитие подростков Приморского края // Тихоокеанский медицинский журнал, 2006. № 3. С. 35–39.
- Крукович Е.В., Лучанинова В.Н., Цветкова М.М. Особенности функции внешнего дыхания у подростков Приморского края // Бюллетень Владивостокского государственного медицинского университета, 2004. Вып 19. С. 55–59.
- Кузнецова Д.А., Сизова Е.Н., Циркин В.И. Особенности влияния техногенного загрязнения на физическое развитие подростков в условиях Европейского Севера и средних широт // Экология человека, 2015. № 11. С. 3–12.
- Лучанинова В.Н. Адаптация и здоровье детей в условиях дальневосточного муссонного климата: Автореф. дисс. ... д-ра мед. наук, 1992, 52 с.
- Макарова Т.М. Влияние различных уровней антропогенной нагрузки на развитие и функционирование основных систем организма детей младшего школьного возраста: Автореф. дисс. ... канд. мед. наук, 2011, 23 с.
- Материалы по физическому развитию детей и подростков. Вып. 1 / под ред. Гольдфельд А.Я., Меркова А.М., Цейтлина А.Г. М.: Медгиз. 1962.
- Материалы по физическому развитию детей и подростков городов и сельских местностей СССР. Вып. 2. / Под ред. Гольдфельд А.Я., Меркова А.М., Цейтлина А.Г. Л.: 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.
- Мельник В.А. Типологические особенности формирования морфофункциональных показателей городских школьников Республики Беларусь: Автореф. дисс. ... д-ра биол. наук, 2019, 48 с.
- Метеоархивы 1. Электронный ресурс. URL: <http://aisori.meteo.ru/ClspR> (дата обращения – 27.11.2019)
- Пелех Л. Развитие костной системы детей в условиях загрязнения атмосферы // Гигиена и санитария, 1980. № 4. С. 57–59
- Погода и климат. Электронный ресурс. URL: <http://pogoda.ru.net> (дата обращения – 27.11.2019).
- Прохоров Б.Б. Атлас «Окружающая среда и здоровье населения России». М.: ПАИМС. 1995.
- Саватеева В.Г., Кузьмина Л.А., Шаров С.В. с соавт. Физическое развитие детей раннего возраста г. Иркутска // Сибирский медицинский журнал, 2003. Т.40. № 5. С.71–77.

Саттаров А.Е., Карелина Н.Р. Особенности ростовых процессов у мальчиков и юношей различных пропорций и телосложения, проживающих в южной части Кыргызстана // Педиатр, 2018. Т. 9. Вып. 5. С. 47–51.

Соцкова В.А. Биохимические маркеры адаптации у детей младшего школьного возраста в условиях города с развитой химической и нефтехимической промышленностью: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук, 2007, 21 с.

Суханова И.В., Максимов А.Л., Вдовенко С.И. Особенности адаптации у юношей магаданской области: морфофункциональные перестройки (сообщение 1) // Экология человека, 2013. № 8. С. 3–10.

Федотова Т.К., Горбачева А.К., Сухова А.В. Пространственные вариации соматических показателей детей в возрасте первого и второго детства в связи с антропогенными и климатогеографическими факторами // Вестник Московского университета. Серия 23. Антропология, 2019. № 1. С. 49–61. DOI: 10.32521/2074-8132.2019.1.049-061.

Федотова Т.К., Горбачева А.К. Географические вариации размеров тела новорожденных и грудных детей // Вестник археологии, антропологии и этнографии, 2014. № 1 (24). С. 96–102.

Чирятьева Т.В. Индивидуально-типологические особенности роста и развития организма детей на севере: Дисс.... д-ра мед. наук, 2001, 256 с.

Шалина Т.И., Васильева Л.С., Исаев Ю.С. Особенности роста костей кисти как критерий определения биологического возраста в различных экологических условиях проживания // Судебно-медицинская экспертиза, 2009. №4. С.9–12.

Ямпольская Ю.А. Физическое развитие школьников Москвы во второй половине XX века: состояние, тенденции, прогноз // Антропология на пороге III тысячелетия. Т. 2. М.: Старый сад, 2004. С.567–591.

#### Сведения об авторах

Федотова Татьяна Константиновна, д.б.н.;  
ORCID ID: 0000-0001-7750-7924; tatiانا.fedotova@mail.ru;  
Горбачева Анна Константиновна, к.б.н.;  
ORCID ID: 0000-0001-5201-7128; angoria@yandex.ru.

Поступила 09.01.2020,  
принята к публикации 28.02.2020.

Fedotova T.K., Gorbacheva A.K.

*Lomonosov Moscow State University, Anuchin Research Institute and Museum of Anthropology,  
Mokhovaya st., 11, Moscow, 125009, Russia*

## CORRELATIVE CONTRIBUTION OF ANTHROPOGENIC AND NATURAL FACTORS TO PHENOTYPIC DIVERSITY SOMATIC TRAITS DURING ADOLESCENCE AND YOUTH (BASED ON DATA FROM FORMER USSR)

**Introduction.** *The goal of the study was the comparative estimation of influence of a valid number of anthropogenic and climatic/geographical factors on somatic variability of children through growth spurt peak (13 years) and through final juvenile period of ascending ontogenesis (17 year).*

**Material and methods.** *Among the analyzed anthropogenic factors are: anthropogenic disbalance of ecosystems, medical/ecological type of the region, quantity, density and income of population, technogenic pollution of water and air. Natural parameters include: insolation level, difference between minimal and maximal month temperature, minimal January temperature, total climate discomfort. To estimate the direction and level of anthropoecological associations correlation analysis has been used for pair combinations of exogenic and somatic parameters.*

**Results.** *Greater sensitivity to exogenic factors influence is fixed for pubertal children (13 years) as compared to children in the final stage of ascending ontogenesis (17 years). The influence of climatic and anthropogenic factors under discussion is not big and determines not more than 16% of variability of somatic traits. Variation of longitudinal skeletal development is influenced significantly by quantity, density and income of population. Chest girth variations depend on air pollution, average January temperature, volatility of year temperature.*

**Conclusion.** *Anthropogenic factors determine height/weight parameters first of all. While climatic factors influence the variability of chest girth, which is the marker of functioning of cardiovascular and respiratory systems, thus associated with adaptation to factors of climate discomfort.*

**Keywords:** human biology; body morphology; growth and child development; pediatric; schoolchildren aged 13-17 years

## References

- Bariyash V.V., Papok V.E., Minaylo T.I. *Osobennosti onkologii detskogo vozrasta. Uchebno-metod.posobiye* [Peculiarities of oncology of children. Guidance manual]. Minsk, BSMU Publ., 2013. 16 p. (In Russ.).
- Borovkova N.P., Gorbacheva A.K., Fedotova T.K., Chtetsov V.P. Etnoterritorialnoye raznoobrazie razmerov tela novorozhdennikh [Ethnic and territorial variability of newborns dimensions]. *Moscow University Anthropology Bulletin* [Vestnik Moscovskogo Universiteta. Seriya XXIII. Antropologiya], 2012, 3, pp. 56–70. (In Russ.).
- Budilova E.V. *Evolutsiya zhiznennogo tsikla cheloveka: analiz globalnykh dannykh i modelirovaniye* [Evolution of life cycle of human: global data and modelling]. Doctor in Biology Dissertation. Moscow, 2015. 257 p. (In Russ.).
- Budilova E.V., Lagutin M.B. Dinamika i territorialnaya differentsiatsiya sotsialno znachimykh bolezney v 2005–2016 [Dynamics and territorial differentiation of socially significant diseases in 2005–2016 in Russia]. *Moscow University Anthropology Bulletin* [Vestnik Moscovskogo Universiteta. Seriya XXIII. Antropologiya], 2019, 3, pp. 82–100. DOI: 10.32521/2074-8132.2019.3.082-100. (In Russ.).
- Geodakyan V.A. Teoriya differentsiatsii polov v problemakh cheloveka [Theory of differentiation of sexes among the problems of Human]. In: *Chelovek v sisteme nauk* [Human among the system of sciences]. Moscow, Nauka Publ., 1989, pp. 171–189. (In Russ.).
- Gorbacheva A.K., Fedotova T.K. Prostranstvennoye raznoobrazie pokazateley fizicheskogo razvitiya Rossiyskikh detey grudnogo vozrasta v svyazi s klimatogeograficheskimi faktorami [Spatial variability of indices of physical development of Russian infants in association with climatic and geographical factors]. *Moscow University Anthropology Bulletin* [Vestnik Moscovskogo Universiteta. Seriya XXIII. Antropologiya], 2017, 3, pp. 44–55. (In Russ.).
- Gorbacheva A.K., Fedotova T.K. Izmenchivost osnovnykh antropometricheskikh pokazateley detey grudnogo i rannego vozrasta v svyazi s antropogennimi faktorami [Variability of basic anthropometric dimensions of children of early age and infants in association with anthropogenic factors]. *Moscow University Anthropology Bulletin* [Vestnik Moscovskogo Universiteta. Seriya XXIII. Antropologiya], 2018, 1, pp. 18–36. DOI: 10.32521/2074-8132.2018.1.018-036. (In Russ.).
- Gorbacheva A.K., Fedotova T.K. Prostranstvenno-vremennoye raznoobrazie antropometricheskikh razmerov detey rannego vozrasta [Spatial and temporal variability of the anthropometric dimensions of the early age children]. *Moscow University Anthropology Bulletin* [Vestnik Moscovskogo Universiteta. Seriya XXIII. Antropologiya], 2018, 2, pp. 55–66. DOI: 10.32521/2074-8132.2018.2.055-066. (In Russ.).
- Daudova R.D., Gasanov A.N. Fizicheskoye razvitiye detey rannego vozrasta v zavisimosti ot klimatogeograficheskikh usloviy prozivaniya [Physical development of early age children in connection with climatic and geographical life conditions]. *Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta* [Proceedings of Dagestan State Pedagogical University], 2014, 1, pp. 53–56. (In Russ.).
- Zimina S.N. Statisticheskie metody otsenki nalichiya vremennogo trenda v morfologicheskikh issledovaniyakh [Statistical methods of analysis of temporal trend in morphological studies]. *Izvestiya Instituta antropologii MGU* [Proceedings of MSU Institute of anthropology], Moscow, 2019, 7, pp. 37–46 (In Russ.).
- Zimina S.N. *Variabelnost polovogo dimorfizma somaticheskikh priznakov cheloveka pod vliyaniem faktorov sredi* [Variability of sexual dimorphism of somatic traits under the influence of environment factors]. PhD in Biology Dissertation. Moscow, 2019b. 176 p. (In Russ.).
- Kayumov A.K., Vatanbekova G.S. Vliyaniye visokogorya i srednegorya na antropometricheskiye pokazateli malchikov v vozraste do trekh let [Influence of highland and middleland conditions on anthropometric dimensions of boys aged 3 years]. *Nauchnomeditsinskiy zhurnal Payomi Sino (Vestnik Avitzenni)* [Science Medical Journal (Bulletin of Avicenna)], 2009, 4, pp. 103–106. (In Russ.).
- Kirichenko Yu.N. *Dinamika antropometricheskikh pokazateley i funktsionnykh parametrov rastsuzhogo organizma detey aridnoy zoni* [Dynamics of anthropometric dimensions and functional parameters of the organism of growing child in arid zone] Doctor in Biology Thesis. Moscow, 1997. 36 p. (In Russ.).
- Kolodko V.G. *Fizicheskoye razvitiye detey 7 - 15 let v usloviyakh Kraynego Severa* [Physical development of children 7 - 15 years old in the Far North]. PhD in Medicine Dissertation, 2009. 142 p. (In Russ.).
- Korsakov A.V. *Kompleksnaya ekologo-gigienicheskaya ozenka izmeneniy sostava sredi lal faktora riska dlya zdorovya naseleniya* [Complex ecological and hygienic estimation of environment structure as the risk factor of population health]. Doctor in Biology Thesis. Bryansk, 2012. 47 p. (In Russ.).
- Krukovich E.V., Luchaninova V.N. *Fizicheskoye razvitiye podrostkov Primorskogo kraya* [Physical development of teenagers of Primorye]. *Tihookeanskiy meditsinskiy zhurnal* [Pacific Medical Journal], 2006, 3, pp. 35–39. (In Russ.).
- Krukovich E.V., Luchaninova V.N., Zvetkova M.M. Osobennosti funktsii vneshnego dikhaniya u podrostkov Primorskogo kraya [Peculiarities of the function of outer breathing in adolescents of Primorski Territory]. *Bulleten Vladivostokskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta* [Bulletin of Vladivostok State Medical University], 2004, 19, pp. 55–59. (In Russ.).
- Kuznetzova D.A., Sizova E.N., Tzirkin V.I. Osobennosti vliyaniya tekhnogennogo zagryazneniya na fizicheskoye razvitiye podrostkov v usloviyakh Evropeiskogo Severa I crednykh shirot [Peculiarities of the influence of technogenic pollution on physical development of adolescents in European North and middle latitudes]. *Ekologiya cheloveka* [Human ecology], 2015, 11, pp. 3–12. (In Russ.).
- Luchaninova V.N. *Adaptatsiya i zdoroviye detey v usloviyakh dalnevostochnogo mussonnogo klimata* [Adaptation and health of children to musson climate environment]. Doctor in Medicine Thesis. Moscow, 1992. 52 p. (In Russ.).
- Makarova T.M. *Vliyaniye razlichnykh urovney antropogennoy nagruzki na razvitiye i funktsionirvaniye osnovnykh sistem organizma detey mladshogo shkolnogo vozrasta* [Influence of different levels of anthropogenic stress on development and functioning of basic systems of the organism of children of primary school] PhD in Medicine Thesis. Orenburg, 2011. 23 p. (In Russ.).
- Materiali po fizicheskomu razvitiyu detey i podrostkov. Vipusk 1.* [Materials on physical development of children and adolescents. Issue 1.]. Eds: A.Ya. Goldfeld et al. Moscow, Medgiz Publ., 1962. 375 p. (In Russ.).
- Materiali po fizicheskomu razvitiyu detey i podrostkov. Gorodov i selskikh mestnostey SSSR. Vipusk 2.* [Materials on physical development of children and adolescents of cities and rural regions of the USSR. Issue 1.]. Eds: A.Ya. Goldfeld et al]. Moscow, Medgiz 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 et al. Moscow, Meditsina Publ., 1977. 496 p. (In Russ.).
- Melnik V.A. *Tipologicheskiye osobennosti formirovaniya morfofunktsionalnykh pokazateley gorodckikh shkolnikov Respubliki Belarus* [Typological peculiarities of forming of morphofunctional indices of urban schoolchildren of Republic of Belarus]. Doctor in Biology Thesis. Moscow, 2019. 48 p. (In Russ.).
- Meteoarkhivi 1. Elektronnii resurs* [Meteorological archives] Available at: <http://aisori.meteo.ru/ClspR>. Accessed – 27.11.2018. (In Russ.).
- Pelekh L. *Razvitiye kostnoy sistemi detey v usloviyakh zagryazneniya atmosferi* [Development of osteo system of children in conditions of air pollution]. *Gigiyena i saniteriya* [Hygiene and sanitory], 1980, 4, pp. 57–59. (In Russ.).
- Pogoda i klimat. Elektronnii resurs* [Weather and Climate]. URL: <http://pogoda.ru.net>. Accessed – 27.11.2018. (In Russ.).
- Prokhorov B.A. *Atlas «Okruzhayushchaya sreda i zdorovie naseleniya Rossii»* [Atlas «Environment and health of the population of Russia»]. Moscow, PAIMS Publ., 1995. 448 p. (In Russ.).

- Savvateeva V.G., Kuzmina L.A., Sharov S.V. et al. Fizicheskoye razvitiye detey rannego vozrasta goroda Irkutsk [Physical development of children of early age of Irkutsk city]. *Sibirskiy meditsinskiy zurnal* [Siberian Medical Journal], 2003, 40 (5), pp. 71–77. (In Russ.).
- Sattarov A.E., Karelina N.R. Osobennosti rostovikh protsessov u malchikov i yunoshey razlichnikh proporzii i teloslozeniya, prozivayuszhikh v yuznoy chasti Kirgizstana [Peculiarities of growth processes of boys and juveniles, living in the south of Kirghizstan]. *Pediatr* [Pediatrist], 2018, 9 (5), pp. 47–51. (In Russ.).
- Sotzkova V.A. *Biokhimicheskiye markeri adaptazii u detey mladshogo skolnogo vozrasta v usloviyakh goroda s razvitoy khimicheskoy i neftekhimicheskoy promishlennostyu* [Biochemical markers of adaptation of children of primary school in the city of developed chemical and petrochemical industry] PhD in Biology Thesis. Tyumen, 2007. 21 p. (In Russ.).
- Sukhanova I.V., Maksimov A.L., Vdovenko S.I. Osobemnosti adaptazii u yunoshey Magadanskoj oblasti: morfofunktsionalniye perestrojki (soobszheniye 1) [Peculiarities of adaptation of juveniles of Magadan region (report 1)]. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology], 2013, 8, pp. 3–10. (In Russ.).
- Fedotova T.K., Gorbacheva A.K., Sukhova A.V. Prostranstvenniye variazii somaticheskikh pokazateley detey v vozraste pervogo i vtorogo detstva v svyazi s klimatogeograficheskimi faktoremi [Spatial variability of somatic traits of children of first and second childhood in connection with anthropogenic and climatic factors]. *Moscow University Anthropology Bulletin* [Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya XXIII. Antropologiya], 2019, 1, pp. 49–61. DOI: 10.32521/2074-8132.2019.1.049-061. (In Russ.).
- Fedotova T.K., Gorbacheva A.K. Geograficheskie variatsii razmerov tela novorozhdennih i grudnih detey [Geographical variations of body dimensions of newborns and infants]. *Vestnik arheologii, antropologii i etnografii* [Bulletin of archeology, anthropology and ethnography], 2014, 1 (24), pp. 96–102. (In Russ.).
- Chiryatyeva T.V. *Individualno-tipologicheskie osobennosti rosta i razvitiya organizma detei na severe* [Individual/typological regularities of growth and development of child organism in the north] Doctor in Medicine Dissertation. Tumen, 2001. 256 p. (In Russ.).
- Shalina T.I., Vasileva L.S., Isaev Yu.S. Osobennosti rosta kostey kisti kak kriteriy opredeleniya biologicheskogo vozrasta v razlichnih ekologicheskikh usloviyakh prozhivaniya [Specificity of manus bones growth as criterion of biological age in different ecological living conditions]. *Sudebno-meditsinskaya ekspertiza* [Journal of Forensic medicine], 2009, 4, pp. 9–12. (In Russ.).
- Yampolskaya Yu.A. Fizicheskoe razvitiye schkolnikov Moskvy vo vtoroy polovine XX veka: sostoyaniye, tendentsii, prognoz [Physical development of Moscow schoolchildren during second half of XX century: status, tendencies, prognosis]. *Antropologiya na poroge III tysyacheletiya. Tom 2* [Anthropology at the edge of III anniversary. Volume 2]. Moscow: Stary sad Publ., 2004, pp. 567–591. (In Russ.).
- Bartosh O.P., Sokolov A.Ia. Somatotype-dependent cardiorespiratory system adaption in children and adolescents in the north-east of Russia. *Gig. Sanit.*, 2006, 6, pp. 59–61.
- Cowgill L.W., Eleazer C.D., Auerbach B.M., Temple D.H., Okazaki K. Developmental variations in ecogeographical body proportions. *Ann. J. Phys. Anthropol.*, 2012, 148 (4), pp. 557–570.
- Godoy R., Tanner S., Reyes-Garcia V. et al. The effect of rainfall during gestation and early childhood on adult height in a foraging and horticultural society of the Bolivian Amazon. *Am. J. Hum. Biol.*, 2008, 20 (1), pp. 23–34.
- Nikooyeh B., Abdollahi Z., Hajifaraji M., Alavi-Maid H., Salehi F. et al. Vitamin D Status, Latitude and their Associations with some health parameters in children% national food and nutrition surveillance. *J. Trop. Pediatr.*, 2017, 63 (1), pp. 57–64.
- Ogasawara K., Yumitori V. Early-life exposure to weather shocks and child height: Evidence from industrializing Japan. *SSM Popul. Health*, 2019, 7, pp. 1–11.
- Principles and Practice of Pediatric Oncology. Eds. P.A. Pizzo, D.G. Poplack. 7th ed. Philadelphia, Lippincott Williams and Wilkins, 2015. 1320 p.
- Schell L.M. Culture, Urbanism and Changing Human Biology. *Glob. Bioeth.*, 2014, 25 (2), pp. 147–154.
- Schell L.M., Gallo M.V., Horton H.D. Power and pollutant exposure in the context of Amerucan Indian health and survival. *Ann. Hum. Biol.*, 2016, 43 (2), pp. 107–114.
- Sheffield P.E., Weinberger K.R., Kinney P.L. Climate change, aeroallergens, and pediatric allergic disease. *Mt. Sinai J. Med.*, 2011, 78 (1), pp. 78–84.
- Skoufias E., Vinha K. Climate variability and child height in rural Mezico. *Econ. Hum. Biol.*, 2012, 10 (1), pp. 54–73.
- Wells J.C., Saunders M.A., Lea A.S., Cortina-Borja M., Shirley M.K. Beyond Bergmann's rule: Global variability in human body composition is associated with annual average precipitation and annual temperature volatility. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 2019, 170 (1), pp. 75–87.
- Wells J.C. Ecological volatility and human evolution: a novel perspective on life history and reproductive strategy. *Evol. Anthropol.*, 2012, 21 (6), pp. 277–278.
- Yokoya M., Higuchi Y. Association between summer temperature and body weight in Japanese adolescents and children: An ecological analysis. *Am. J. Hum. Biol.*, 2016, 28 (6), pp. 789–795.
- Yokoya M., Shimizu H., Higuchi Y. Geographical distribution of adolescent body height with respect to effective day light in Japan: an ecological analysis. *PLoS One.*, 2012, 7 (12), pp. 1–15.
- Videhult F.K., Ljhlund I., Hernell O., West C.E. Body mass but not vitamin status is associated with bone mineral content and density in young school children in Northern Sweden. *Food Nutr. Res.*, 2016, 60, pp. 1–8.

#### Information about Authors

Fedotova Tatiana K., PhD, D. Sc.; ORCID ID: 0000-0001-7750-7924; tatiana.fedotova@mail.ru;  
Gorbacheva Anna K., PhD.; ORCID ID: 0000-0001-5201-7128; angoria@yandex.ru.