

АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МОЛОДЕЖИ ПРИАРАЛЬЯ (УЗБЕКИСТАН) В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТЕПЕНИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО НЕБЛАГОПОЛУЧИЯ ТЕРРИТОРИИ

© 2020 г. В. О. Еркудов, Д. В. Заславский, А. П. Пуговкин, *А. Т. Матчанов,
*К. У. Розумбетов, **Р. К. Даулетов, *С. П. Есемуратова, *И. И. Нажимов, В. Г. Пузырев

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет»
Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия; *Каракалпакский государственный университет имени Бердаха,
г. Нукус, Каракалпакстан, Республика Узбекистан; **Нукусский филиал Ташкентского педиатрического
медицинского института, г. Нукус, Каракалпакстан, Республика Узбекистан

Целью работы являлась оценка антропометрических показателей молодежи в возрасте 21–26 лет, родившихся в период максимального использования пестицидов и до 17 лет проживавших в Приаралье – регионе экологического бедствия, в зависимости от степени экологического неблагополучия территории проживания. *Методы.* В ходе поперечного исследования проведено измерение 33 антропометрических признаков у социально однородной группы из 320 добровольцев (175 девушек и 135 юношей) в возрасте от 21 до 26 лет. По степени экологического неблагополучия территории проживания испытуемые были разделены на следующие группы: 1 – критическая, 2 – относительно благополучная и 3 – благополучная. Межгрупповые различия в количественных признаках изучали с помощью критерия Краскела – Уоллиса с апостериорными сравнениями по Манну – Уитни с поправкой Бонферрони. Категориальные признаки сравнивали с помощью критерия хи-квадрат для биномиального распределения. *Результаты.* У юношей из критической группы габаритные размеры тела, показатели массивности костей были значительно меньше, чем у сверстников из других групп. У девушек из группы относительного благополучия при отсутствии регионарных особенностей длины тела имели место увеличенные по сравнению с их сверстницами из других групп размеры груди, массивность костей. Пропорции тела у них характеризовались сочетанием долихоморфного телосложения с отсутствием регионарных различий ширины плеч, увеличенным обхватом бедер и шириной таза. У юношей из экологически благоприятных регионов толщина кожно-жировой складки оказалась больше, чем у сверстников из других регионов. У девушек из группы относительного благополучия имели место более высокие значения массы тела и объема талии. При этом ни у обследованных девушек, ни у юношей не обнаружено статистически значимых отличий в частоте встречаемости отклонений массы тела, определяемых по индексу массы тела. *Выводы.* Выявленные особенности строения тела могли быть сформированы под влиянием поллютантов, обладающих эндокринразрушающим действием и загрязняющих окружающую среду региона. Используемый в работе подход может быть применен для мониторинга состояния здоровья жителей Приаралья и других зон экологического неблагополучия.

Ключевые слова: антропометрические параметры, юноши, девушки, Аральская экологическая катастрофа, пестициды, эндокрин-разрушающие соединения

ANTHROPOMETRIC CHARACTERISTICS OF YOUNG ADULTS IN AREAS WITH DIFFERENT ECOLOGICAL RISKS IN THE ARAL SEA REGION, UZBEKISTAN

V. O. Yerkudov, D. V. Zaslavsky, A. P. Pugovkin, *A. T. Matchanov,
*K. U. Rozumbetov, **R. K. Dauletov, *S. P. Esemuratova, *I. I. Nazhimov, V. G. Puzyrev

St. Petersburg State Pediatric Medical University, Saint Petersburg, Russia; *Karakalpak Berdakh State University,
Nukus, Uzbekistan; **Nukus branch of Tashkent Pediatric Medical Institute, Nukus, Uzbekistan

Aim. In this paper we present anthropometric characteristics of young adults permanently living in three areas with different ecological risks in the Aral Sea region. The main hypothesis is that the exposure to organochlorine pesticides (OCPs) in early childhood combined with factor associated with Aral Sea disaster (ASD) may have consequences for body composition in adulthood. *Methods.* A cross-sectional study. Altogether, 33 anthropometric parameters including body mass, length, sizes of extremities, chest, pelvis, and skinfold thickness were measured in 320 volunteers (135 males, 175 females) born in 1990-1995 before implementation of measures for liquidation of the ASD consequences. The participants were divided into three groups by ecological characteristics of the place of residence: 1 - critical, 2 - relatively optimal and 3 - optimal. Numeric data were analyzed by Kruskal-Wallis tests with Mann-Whitney post-hoc tests with Bonferroni correction for multiple comparisons. Categorical data were compared using exact chi-squared tests for binomial distribution. *Results.* Young men living in critical area had significantly lower values for body mass, arm length, chest circumference, waist circumference, skinfold thickness compared to their counterparts in other groups. Women from the second group had significantly greater average values for all studied characteristics compared with the two other groups. *Conclusions.* Men from the most ecologically disadvantaged areas had signs of suboptimal bone development. The observed differences in arm length and the size of the major joints in men may be associated with the anti-androgenic effect of OCPs before and during puberty while the opposite pattern revealed in females may be partly explained by estrogenic effect of OCPs. Our findings are in line with the results from the literature on endocrine disruptor chemicals. Environmental monitoring and public health measures are needed to preserve and improve health of the population of the Aral Sea region.

Key words: anthropometric parameters, youngsters, Aral Sea disaster, pesticides, endocrine disruptor chemicals

Библиографическая ссылка:

Еркудов В. О., Заславский Д. В., Пуговкин А. П., Матчанов А. Т., Розумбетов К. У., Даулетов Р. К., Есемуратова С. П., Нажимов И. И., Пузырев В. Г. Антропометрические характеристики молодежи Приаралья (Узбекистан) в зависимости от степени экологического неблагополучия территории // Экология человека. 2020. № 10. С. 45–54.

For citing:

Yerkudov V. O., Zaslavsky D. V., Pugovkin A. P., Matchanov A. T., Rozumbetov K. U., Dauletov R. K., Esemuratova S. P., Nazhimov I. I., Puzyrev V. G. Anthropometric Characteristics of Young Adults in Areas with Different Ecological Risks in the Aral Sea Region, Uzbekistan. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2020, 10, pp. 45–54.

С начала 60-х годов XX века в Приаралье развивается экологическая катастрофа, вызванная прогрессирующей естественной аридизацией климата, антропогенным опустыниванием [2, 6, 13], с одной стороны, и избыточным использованием сельскохозяйственных пестицидов — с другой [2, 13]. В период с 1980 по 1995 год в Каракалпакстане было применено около 30 тысяч тонн пестицидов различных наименований [2], среди которых выраженным токсическим действием в отношении роста и развития человека обладают хлорорганические (ХОС) и фосфорорганические (ФОС) соединения [25]. Необходимо также отметить высокие концентрации тяжелых металлов, в особенности свинца, в почве и воде [29]. В Каракалпакстане нет крупных промышленных предприятий, поэтому источник загрязнения тяжелыми металлами остается предметом дискуссии и по сей день [26].

Аридизация экосистемы Приаральского региона привела к усилению континентальности климата и появлению пыле-соляных бурь [2, 13]. Избыточное засоление почвы вызвало нарушение естественной миграции и элиминации пестицидов, их накопление и распространение по всей территории Приаралья [2, 6, 13]. Как следствие, имеет место высокая загрязненность этими соединениями пищевых продуктов и воды. При длительном сохранении ХОС и ФОС в окружающей среде и в организме [27] они с пищей [26] неизбежно попадают в кровь [18], абсорбируются в различных органах и тканях [12], могут являться причиной высокой заболеваемости у жителей Приаралья [4, 13], нарушения у них роста и сроков полового созревания [3].

Территория Приаралья подразделяется на три зоны в зависимости от степени негативного воздействия аридизации и пестицидной нагрузки, а также удаленности от центра экологической катастрофы [6]. Первая зона — «критическая» — включает в себя северные регионы. Вторая — зона «относительного благополучия» — отличается от первой реализацией мер по ликвидации последствий экологической катастрофы, а именно общегородскими мероприятиями по очищению воды [6]. Третья зона — южный регион Приаралья — является «благополучной».

Физическое развитие человека может отражать негативное влияние пестицидов и других поллютантов в постнатальном онтогенезе, поскольку они способны вмешиваться в гормональные механизмы становления формы и размеров тела, являясь эндокринразрушающими соединениями (ЭДС) [15], концентрация которых различна в трех обсуждаемых зонах [2, 6]. Ранее были выявлены отличия длины тела у детей,

проживающих в первой, второй и третьей зонах Аральской экологической катастрофы [3]. В современной литературе налицо недостаток сведений об антропометрических особенностях жителей Каракалпакии, родившихся в период с 1990 по 1995 год. Между тем выявление этих особенностей является важной задачей для выделения маркеров возможного влияния ЭДС в критические периоды формирования строения тела.

Поэтому целью данной работы являлось установление особенностей физического развития у субъектов, проживающих на различном расстоянии от центра Аральской катастрофы в качестве возможного фактора, определяющего «окно воздействия» неблагоприятных экологических факторов на постнатальный онтогенез.

Проводилась сравнительная антропометрическая характеристика субъектов юношеского возраста, родившихся в период максимального использования пестицидов и с рождения до 17 лет проживавших в первой, второй и третьей зонах территориального деления Приаралья как региона экологического бедствия.

Методы

На основании договоров о сотрудничестве между Санкт-Петербургским государственным педиатрическим медицинским университетом и Каракалпакским государственным университетом имени Бердаха, а также Нукусским филиалом Ташкентского педиатрического медицинского института проведено комплексное антропометрическое обследование 320 добровольцев-студентов (175 девушек и 135 юношей) в возрасте от 21 до 26 лет. Участники исследования были разделены на три группы в зависимости от региона проживания в детском и юношеском возрасте. В группу «Зона 1» (юноши — 42, девушки — 45 человек) были включены уроженцы Муйнакского, Кунградского, Шуманайского, Караузякского, Тахтакупырского районов Приаралья [6]. Группу «Зона 2» (юноши — 44, девушки — 67 человек) составили уроженцы Нукуса, городов Тахиаташ, Кегейли, Ходжели, Канлыккуль, Чимбай [6]. В группу «Зона 3» (юноши — 49, девушки — 63 человек) вошли уроженцы южной части Приаралья: Туркульского, Берунийского, Амударьинского районов, города Элликкалы [6].

Критериями включения испытуемых в исследования были: социальная, возрастная, географическая, этническая и половая однородность (студенты, юноши и девушки, родившиеся с 1992 по 1998 год и с рождения до 17 лет проживавшие в том или ином районе

Каракалпакстана, относящиеся к первой, второй и третьей зоне территориального деления Приаралья как региона экологического бедствия) согласно документам, удостоверяющим личность. Этнический состав испытуемых, вошедших во все три группы, был одинаков: 20 % юношей и 14 % девушек были казахами; 27 % юношей и 32 % девушек — узбеками, 21 % юношей и 11 % девушек — туркменами; 32 % юношей и 46 % девушек — каракалпаками. Кроме этого учитывали отсутствие соматической, неврологической, ортопедической и психиатрической патологии. Все испытуемые подписывали информированное согласие на участие в исследовании.

Исследование проводилось двумя и более сотрудниками в весенне-летнем периоде 2019 года при комфортной температуре в утренние часы в изолированной комнате с достаточным освещением. Испытуемый находился в легкой одежде. Массу тела измеряли на электронных медицинских весах ВЭМ-150-«Масса-К» (ЗАО «Масса-К», Россия) с точностью измерения от 50 до 150 г в зависимости от нагрузки. Параметры строения тела определяли по общепринятой методике [5], при необходимости пальпируя и затем отмечая медицинским маркером для кожи следующие антропометрические точки: высота верхушечной точки, верхнегрудинная, плечевая, лучевая, шиловидная, пальцевая, лобковая, передняя подвздошно-остистая, верхнеберцовая и нижеберцовая. Затем измеряли высоты соответствующих антропометрических точек над полом с помощью складного мобильного ростомера SECA 217 (Германия) и антропометра Мартина (КАФА, Россия). Полученные данные использовали для определения и расчёта длины тела (высота верхушечной точки), длины корпуса (длина тела — длина ноги), длины туловища (высота верхнегрудинной точки — высота лобковой точки над полом), длины руки (высота плечевой точки — высота пальцевой точки над полом), длины плеча (высота плечевой точки — высота лучевой точки над полом), длины ноги (высота передней подвздошно-остистой точки), длины бедра (длина ноги — длина голени). Длину предплечья (расстояние между лучевой и шиловидной лучевой точкой) и длину голени (расстояние между верхнеберцовой и нижеберцовой точками) определяли с помощью антропометра Мартина с верхней штангой.

Диаметры грудной клетки: продольный (передне-задний среднегрудинный), диаметр груди, поперечный (среднегрудинный) и акромиальный (между плечевыми точками) измеряли с помощью толстотного циркуля (КАФА, Россия) с точностью измерения до 1 мм. Размеры таза: тазо-гребневый диаметр — расстояние между левой и правой подвздошно-гребешковыми точками — измеряли с применением тазомера акушерского (Можайский медико-инструментальный завод, Можайск, Россия). С помощью скользящего циркуля (КАФА, Россия) измеряли ширину локтя (наибольшее расстояние между шиловидными отростками лучевой и локтевой костей), ширину запястья (расстояние между

лучевой и локтевой шиловидной точкой) и ширину колена (наибольшее расстояние между медиальным и латеральным надмыщелками бедренной кости в области колена), ширину лодыжки (расстояние между мыщелками большой и малой бедренной кости), длину кисти (расстояние между средней линией, проведенной между лучевой и локтевой шиловидной точкой) и стопы (расстояние между пяточной точкой и I пальцем). С помощью рулетки с метрической лентой из нерастяжимого материала с точностью измерения до 0,01 см («Measure King», VANIGCY, Китай) измеряли обхват груди (у юношей — по сосковой линии, у девушек — по верхнему краю грудной железы), бедер (по ягодицам), талии (в наиболее узком месте), плеча (в проекции наибольшего развития двуглавой мышцы), предплечья (в проекции наибольшего развития тканей предплечья), бедра (в области тазобедренного сустава), колена, голени (в проекции наибольшего развития икроножной мышцы), лодыжки.

Толщину кожно-жировой складки (КЖС) на передней поверхности груди под соском у юношей, на животе в области пупка, на спине под лопаткой, на задней поверхности плеча, на бедре в области тазобедренного сустава измеряли калипером (Slim Guide Caliper, Китай) с pistolетной рукояткой и оттарированной пружиной для создания одинакового давления на обе стороны жировой складки (10 г на мм²) с точностью измерения до 0,5 мм. Жизненную емкость легких (ЖЕЛ) измеряли с применением электронного устройства Electronic vital capacity tester, FCS-10000 (Grows Instrument, Китай, 2018).

У всех испытуемых производили расчет индекса массы тела (ИМТ), что является общепринятой методикой для определения типа отклонения массы тела. ИМТ 15,99 и менее расценивали как выраженный дефицит массы тела; 16,00–18,49 — дефицит массы тела; 18,5–24,99 — условная норма; 25,00–29,99 — избыточная масса тела; 30 и более — ожирение [5].

Проверка статистических гипотез о различии центральных тенденций в трех группах осуществлялась для количественных переменных с помощью критерия Краскела — Уоллиса. При выявлении статистически значимых отличий апостериорные сравнения проводили с помощью критерия Манна — Уитни с поправкой Бонферрони для коррекции инфляции ошибки 1 рода. Категориальные переменные анализировали с помощью критерия хи-квадрат с принятием биномиального распределения. Вычисления производились с применением встроенных функций Excel из прикладного пакета MS Office 2010, программы статистической обработки данных Stata. Все непрерывные данные представлены в виде средних арифметических (М) и 95 % доверительных интервалов (ДИ). Категориальные данные представляли в виде долей с 95 % ДИ.

Результаты

Анализ данных выявил статистически значимые отличия следующих антропометрических параметров у испытуемых обоих полов. Масса тела, длина тела, дли-

Таблица 1

Средние значения и 95 % доверительные интервалы для показателей физического развития молодых мужчин, проживающих в различных зонах экологического бедствия в Приаралье

Признак	Зона 1	Зона 2	Зона 3	Р*	р для попарных сравнений**		
					Зона 1 – Зона 2	Зона 1 – Зона 3	Зона 2 – Зона 3
Масса тела, кг	60,17 (57,88; 62,46)	60,28 (56,67; 63,87)	69,62 (65,19; 74,05)	0,0045	1	0,02491	0,01903
Длина тела, см	171,21 (168,12; 174,29)	176,19 (174,03; 178,36)	176,39 (174,82; 177,94)	0,01224	0,03101	0,01288	1
Длина корпуса, см	94,84 (88,87; 100,80)	97,32 (92,81; 101,84)	98,49 (93,49; 103,51)	0,8333	1	1	1
Длина руки, см	65,73 (62,44; 69,03)	54,31 (62,27; 66,47)	65,26 (63,30; 67,22)	0,6458	1	1	1
Длина плеча, см	27,85 (26,47; 29,23)	28,00 (26,81; 29,21)	29,68 (27,02; 32,34)	0,8019	1	1	1
Длина предплечья, см	24,67 (23,61; 25,68)	23,30 (22,34; 24,27)	23,66 (22,71; 24,63)	0,1785	0,1222	0,8674	1
Длина кисти, см	13,85 (12,73; 14,97)	15,42 (14,59; 16,42)	15,99 (15,38; 16,60)	0,005608	0,03961	0,003379	1
Длина ноги, см	78,87 (71,90; 84,84)	78,49 (73,85; 83,13)	75,85 (71,56; 80,15)	0,6891	1	1	1
Длина бедра, см	36,84 (32,75; 40,93)	36,10 (34,20; 38,00)	36,34 (34,25; 38,44)	0,926	1	1	1
Длина голени, см	36,17 (31,84; 40,49)	37,73 (35,48; 39,98)	37,49 (35,28; 39,69)	0,8292	1	1	1
Длина стопы, см	23,47 (17,44; 29,50)	23,79 (22,34; 25,24)	21,24 (19,45; 23,02)	0,5416	1	1	0,8095
Продольный диаметр груди, см	18,04 (17,10; 18,99)	18,66 (18,05; 19,27)	20,00 (19,25; 20,75)	0,003055	0,7291	0,01156	0,03785
Поперечный диаметр груди, см	30,00 (27,59; 32,41)	28,18 (28,04; 30,32)	29,93 (28,89; 30,98)	0,7148	1	1	1
Обхват груди, см	84,16 (82,61; 88,34)	85,86 (82,61; 89,12)	90,97 (88,26; 96,69)	0,006441	1	0,04339	0,02338
Тазо-гребневый диаметр, см	29,42; 27,56; 31,28)	28,28 (27,01; 29,58)	29,09 (28,12; 30,07)	0,5122	1	1	0,9651
Обхват бедер, см	88,59 (81,87; 95,32)	86,19 (81,42; 90,95)	92,08 (88,89; 95,27)	0,1224	1	1	0,1162
Ширина колена, см	87,25 (82,88; 91,93)	87,15 (84,34; 89,95)	88,24 (86,05; 90,43)	0,4396	1	1	0,9024
Ширина лодыжки, см	62,65 (59,18; 66,12)	64,88 (67,73; 67,03)	68,24 (66,77; 68,71)	0,002286	1	0,008415	0,02726
Ширина локтя, см	74,43 (62,05; 86,82)	77,83 (74,41; 81,25)	78,52 (75,97; 81,08)	0,8761	1	1	1
Ширина запястья, см	56,65 (52,99; 60,32)	55,27 (53,99; 56,57)	56,72 (55,13; 58,31)	0,6764	1	1	0,9953
Обхват плеча, см	28,76 (26,72; 30,80)	31,32 (27,71; 34,93)	33,95 (30,00; 36,91)	0,01012	1	0,01036	0,1563
Обхват предплечья, см	27,59 (26,27; 28,90)	27,64 (26,34; 28,95)	28,92 (26,93; 32,91)	0,8936	1	1	1
Обхват запястья, см	18,27 (16,60; 19,94)	18,63 (17,44; 19,82)	20,81 (19,73; 21,89)	0,005966	1	0,04759	0,01757
Обхват бедра, см	51,84 (48,44; 55,24)	48,30 (45,02; 51,58)	53,05 (49,91; 56,16)	0,1304	1	1	0,1491
Обхват колена, см	39,90 (37,94; 41,65)	39,12 (37,80; 40,45)	42,39 (39,65; 45,12)	0,1634	1	1	0,1835
Обхват голени, см	37,81 (35,63; 40,19)	36,72 (35,50; 37,94)	38,49 (37,24; 39,75)	0,1578	0,7283	1	0,177
Обхват лодыжки, см	26,56 (24,78; 28,37)	26,27 (24,45; 28,09)	27,24 (26,09; 28,39)	0,3517	1	1	0,4996
КЖС на груди, см	5,42 (4,46; 6,38)	6,19 (5,04; 7,35)	9,24 (7,32; 11,16)	0,003938	1	0,01332	0,03062
КЖС на задней поверхности плеча, см	4,75 (4,08; 5,42)	5,50 (4,41; 6,16)	8,64 (7,05; 10,23)	0,0001919	1	0,0006455	0,006922
КЖС на животе, см	7,83 (5,75; 9,91)	8,27 (6,58; 9,96)	12,46 (10,11; 14,81)	0,0005776	1	0,01084	0,002707

Продолжение таблицы 1

Признак	Зона 1	Зона 2	Зона 3	Р*	р для попарных сравнений**		
					Зона 1 – Зона 2	Зона 1 – Зона 3	Зона 2 – Зона 3
КЖС под лопаткой, см	7,75 (6,42; 9,08)	7,65 (6,17; 9,13)	11,09 (9,00; 13,19)	0,0002747	1	0,0421	0,0004765
КЖС на бедре, см	7,50 (5,52; 4,48)	7,84 (6,26; 9,42)	11,08 (9,55; 12,56)	0,0004722	1	0,03653	0,000836
Обхват талии, см	77,64 (71,06; 84,11)	77,68 (74,12; 81,24)	85,16 (87,85; 88,47)	0,00327	1	0,003369	0,01072
ЖЕЛ, мл	3868,58 (3379,00; 4358,20)	3714,92 (3369,20; 4060,60)	3984,16 (3704,20; 4264,10)	0,3068	1	1	0,3885

Примечание. Рассчитано с помощью * – критерия Краскела – Уоллиса; ** – критерия Манна – Уитни.

Таблица 2

Средние значения и 95 % доверительные интервалы для показателей физического развития молодых женщин, проживающих в различных зонах экологического бедствия в Приаралье

Признак	Зона 1	Зона 2	Зона 3	Р*	р для попарных сравнений**		
					Зона 1 – Зона 2	Зона 1 – Зона 3	Зона 2 – Зона 3
Масса тела, кг	54,20 (49,33; 59,02)	56,19 (54,47; 57,98)	51,69 (45,43; 53,95)	0,006901	0,3323	1	0,006108
Длина тела, см	161,67 (159,43; 163,90)	161,98 (159,59; 164,37)	162,21 (158,61; 161,81)	0,09986	1	1	0,1023
Длина корпуса, см	84,81 (76,56; 93,06)	71,94 (67,87; 76,02)	84,04 (77,34; 90,75)	0,006711	0,0388	1	0,02297
Длина руки, см	60,23 (56,93; 63,54)	60,62 (58,56; 62,69)	60,53 (57,84; 63,22)	0,9286	1	1	1
Длина плеча, см	29,21 (27,58; 30,84)	28,41 (26,87; 29,95)	28,85 (26,82; 30,88)	0,4119	0,7488	0,5869	1
Длина предплечья, см	21,79 (20,22; 23,36)	22,21 (21,46; 22,97)	22,06 (21,01; 23,12)	0,8229	1	1	1
Длина кисти, см	27,12 (16,49; 47,85)	20,14 (12,54; 27,75)	15,52 (12,72; 17,93)	0,9504	1	1	1
Длина ноги, см	80,71 (71,75; 89,68)	91,91 (88,35; 95,47)	86,57 (82,66; 90,47)	0,003605	0,2396	1	0,03605
Длина бедра, см	46,79 (39,76; 53,83)	45,03 (43,29; 46,78)	42,06 (39,28; 44,34)	0,06339	0,961	0,08832	0,07295
Длина голени, см	35,54 (32,83; 38,26)	38,83 (36,97; 40,10)	38,37 (35,51; 41,23)	0,2678	0,3084	0,6023	1
Длина стопы, см	19,45 (17,34; 21,56)	19,80 (17,52; 22,09)	19,90 (18,15; 21,65)	0,4783	1	1	0,8858
Продольный диаметр груди, см	18,72 (15,68; 21,76)	20,87 (18,10; 23,55)	18,95 (17,19; 20,72)	0,9049	1	1	1
Поперечный диаметр груди, см	28,10 (20,73; 35,47)	25,08 (24,49; 25,68)	25,69 (23,64; 27,74)	0,8238	1	1	1
Обхват груди, см	86,91 (81,45; 92,37)	91,56 (89,66; 93,46)	87,71 (85,26; 90,15)	0,02797	0,2814	1	0,03647
Тазо-гребневый диаметр, см	28,33 (26,41; 30,26)	29,65 (28,68; 20,62)	27,71 (26,71; 28,72)	0,01421	0,6844	1	0,01108
Обхват бедер, см	95,53 (91,63; 99,43)	96,74 (92,67; 100,82)	90,70 (87,30; 94,11)	0,0007571	0,3131	0,5654	0,0006258
Ширина колена, см	70,69 (63,04; 78,35)	74,88 (71,11; 78,65)	78,99 (76,37; 81,59)	0,1777	0,4718	0,1652	1
Ширина лодыжки, см	61,99 (51,48; 66, 50)	62,48 (61,12; 63,84)	61,91 (59,82; 64,00)	0,05965	0,6121	1	0,06823
Ширина локтя, см	69,12 (66,44; 71,80)	70,46 (68,75; 72,17)	67,46 (65,53; 69,39)	0,01652	0,7143	0,7203	0,0165
Ширина запястья, см	48,79 (45,20; 52,39)	54,62 (40,66; 68,58)	48,74 (47,77; 49,71)	0,7486	1	1	1
Обхват плеча, см	32,72 (28,95; 36,49)	33,89 (32,03; 35,72)	30,77 (27,77; 33,77)	0,008144	0,944	0,5643	0,006598
Обхват предплечья, см	30,84 (28,10; 33,89)	31,89 (29,73; 33,45)	28,21 (25,21; 31,21)	0,004122	0,08704	1	0,005694
Обхват запястья, см	31,58 (13,31; 49,83)	28,82 (20,15; 37,48)	21,52 (18,63; 24,40)	0,01842	0,5036	0,2199	0,02373

Продолжение таблицы 2

Признак	Зона 1	Зона 2	Зона 3	Р*	р для попарных сравнений**		
					Зона 1 – Зона 2	Зона 1 – Зона 3	Зона 2 – Зона 3
Обхват бедра, см	56,22 (50,01; 62,44)	54,57 (54,91; 57,23)	52,63 (48,62; 56,65)	0,02138	0,171	1	0,02961
Обхват колена, см	45,40 (42,19; 48,61)	45,45 (43,41; 47,50)	40,92 (39,29; 42,55)	0,002032	1	0,03335	0,003833
Обхват голени, см	43,19 (39,52; 46,76)	43,41 (41,25; 45,58)	38,74 (37,60; 40,49)	0,002599	1	0,1167	0,002716
Обхват лодыжки, см	32,62 (29,49; 35,76)	31,73 (38,80; 33,67)	28,22 (26,25; 30,20)	0,001492	1	0,01862	0,003505
КЖС на задней поверхности плеча, см	11,78 (9,71; 13,85)	14,97 (11,86; 18,08)	12,30 (10,98; 13,63)	0,1009	0,2201	1	0,2491
КЖС на животе на уровне пупка, см	12,56 (10,67; 14,44)	13,48 (12,30; 14,65)	13,10 (11,80; 14,41)	0,4375	0,8715	1	0,8896
КЖС под лопаткой, см	10,53 (7,88; 13,18)	13,19 (11,82; 14,55)	11,60 (10,25; 12,95)	0,06122	0,104	0,8421	0,326
КЖС на бедре, см	16,50 (14,40; 18,61)	16,83 (15,26; 18,40)	16,36 (14,87; 17,85)	0,9994	1	1	1
Обхват талии, см	77,61 (72,68; 82,53)	77,35 (74,66; 80,05)	72,84 (69,54; 76,13)	0,02889	1	0,3626	0,02937
ЖЕЛ, мл	2484,11 (2044,40; 2923,80)	2748,34 (2559,30; 2937,40)	2183,21 (1850,00; 2516,40)	0,0002079	0,8121	0,3584	0,0001296

Примечание. Рассчитано с помощью * – критерия Краскела – Уоллиса; ** – критерия Манна – Уитни

на кисти, продольный диаметр груди, обхват грудной клетки и талии, ширина лодыжки, обхват запястья, КЖС на груди, на задней поверхности плеча, под лопаткой, на животе и бедре, обхват плеча у юношей из «Зоны 3» был больше, чем у их сверстников из «Зоны 1» и «Зоны 2» (табл. 1). Напротив, более высокие значения массы тела, длины корпуса, длины ноги, обхвата груди, тазо-гребневого диаметра, обхвата бедер, ширины локтя, обхвата плеча, предплечья, запястья, бедра, колена, голени, лодыжки, талии и ЖЕЛ обнаружены у девушек из «Зоны 2», чем у девушек из «Зоны 1» и «Зоны 3» (табл. 2).

У испытуемых обоих полов не выявлено статистически значимых отличий длины руки, плеча, предплечья, бедра, голени, стопы, поперечного диаметра груди, ширины колена, запястья (см. табл. 1 и 2). У юношей, но не у девушек не обнаружено статистически значимых отличий длины корпуса, ноги, тазо-греб-

невого диаметра, обхвата бедер, предплечья, бедра, колена, голени, лодыжки, ширины локтя и ЖЕЛ (см. табл. 1 и 2). У девушек, но не у юношей не было статистически значимых отличий длины тела, кисти, продольного диаметра груди, ширины лодыжки, КЖС во всех измеряемых областях (см. табл. 1 и 2).

Показатели распространенности выраженного дефицита массы тела, дефицита массы тела, избытка массы тела, нормы и ожирения представлены в табл. 3 и табл. 4 для мужчин и женщин соответственно. Статистически значимых межгрупповых различий в распространенности изучаемых категорий выявлено не было ни у мужчин ($p = 0,155$), ни у женщин ($p = 0,237$).

Обсуждения результатов

Данные, представленные в работе, позволяют достаточно объективно описать тенденции форми-

Таблица 3

Распространенность отклонений массы тела, определяемых по индексу массы тела, с 95 % доверительными интервалами у молодых мужчин, проживающих в различных зонах экологического бедствия в Приаралье

Отклонение	Зона 1	Зона 2	Зона 3
Выраженный дефицит массы тела	0 (0; 0,34)	0,04 (0,0004; 0,25)	0 (0; 0,13)
Дефицит массы тела	0,083 (0,00084; 0,45)	0,31 (0,12; 0,56)	0,11 (0,02; 0,30)
Норма	0,75 (0,34; 0,96)	0,62 (0,35; 0,83)	0,68 (0,45; 0,84)
Избыток массы тела	0,17 (0,013; 0,55)	0,04 (0,0004; 0,25)	0,11 (0,02; 0,30)
Ожирение	0 (0; 0,34)	0 (0; 0,17)	0,11 (0,02; 0,30)

Примечание. $p = 0,155$.

Таблица 4

Распространенность отклонений массы тела, определяемых по индексу массы тела, с 95 % доверительными интервалами у молодых женщин, проживающих в различных зонах экологического бедствия в Приаралье

Отклонение	Зона 1	Зона 2	Зона 3
Выраженный дефицит массы тела	0,06 (0,0006; 0,34)	0 (0; 0,08)	0,04 (0,003; 0,16)
Дефицит массы тела	0,11 (0,008; 0,39)	0,15 (0,06; 0,31)	0,24 (0,11; 0,42)
Норма	0,67 (0,34; 0,89)	0,78 (0,61; 0,89)	0,66 (0,47; 0,81)
Избыток массы тела	0,17 (0,03; 0,47)	0,05 (0,007; 0,17)	0,06 (0,009; 0,20)
Ожирение	0 (0; 0,25)	0,017 (0,0002; 0,11)	0 (0; 0,09)

Примечание. $p = 0,237$.

рования физического развития у юношей и девушек под негативным влиянием комплекса абиотических и антропогенных экологических факторов в зависимости от территориальной близости проживания к эпицентру экологической катастрофы в период постнатального онтогенеза. У юношей из группы «Зона 1» (критическая) длина тела, габаритные размеры грудной клетки, показатели массивности костей (обхват и ширина крупных суставов [19]), а также длины кисти, значительно уменьшены по сравнению с аналогичными показателями у их сверстников из групп «Зона 2» и «Зона 3». У обследованных девушек наблюдалась иная картина: у субъектов из группы «Зона 2» (г. Нукус) при отсутствии регионарных отличий длины тела и телосложения имели место более высокие размеры груди и ЖЕЛ, массивность костей, чем у их сверстниц из групп «Зона 1» и «Зона 3». Пропорции тела у девушек из группы «Зона № 2» отличались мозаичностью и неоднородностью. Долихоморфное телосложение — высокие значения длины ноги и низкие значения длины корпуса — сочеталось с отсутствием регионарных различий ширины плеч и высокими значениями обхвата бедер и ширины таза.

В литературе обсуждается и считается доказанным влияние ЭДС (тяжелых металлов и ХОС) и ФОС на рост и развитие человека. Показано, что у субъектов, проживающих на различных территориях, загрязненных ХОС [31], а также ФОС [25] и тяжелыми металлами [10], преимущественно свинцом [10], имеют место статистически значимые низкие значения длины тела. Показано, что эти поллютанты ограничивают рост пренатально, легко проникая через плаценту и накапливаясь в тканях плода [25]. Их высокие концентрации обнаруживаются в грудном молоке [33]. Это создает условия для воздействия ЭДС как перинатально и в период новорожденности, так и, учитывая их накопление в организме [27], на протяжении всего постнатального онтогенеза: в допубертатном периоде [10, 36], адrenaрхе [17] и пубертате [15, 31, 36, 37]. В эти периоды отмечается, что снижение концентрации гормона роста и инсулинозависимого фактора роста-1 (ИЗФР-1) под влиянием ЭДС [37] и их антитериоидное действие [15] является результатом цитотоксического действия ХОС и тяжелых металлов. Кроме того, обсуждается прямое действие тяжелых металлов на костную ткань, приводящее к снижению ее минерализации [16]. В отличие от ХОС и тяжелых металлов ФОС не являются ЭДС, однако имеются сведения об эффекте избыточного накопления ацетилхолина у беременных, проживающих в районах, загрязненных ФОС [14]. Это способствует увеличению количества преждевременных родов и снижению гестационного возраста при рождении и появлению детей с задержкой роста [14].

Нельзя не отметить влияние на рост и развитие человека анемии, которая была распространена в Приаралье в 90-х годах XX века, спровоцирована избыточной концентрацией ХОС и отмечалась более чем у 50 % женщин и детей первого года жизни [2, 4].

В основе снижения длины тела ребенка при анемии лежит снижение кислородной ёмкости крови у него [24] или у матери [20], что приводит к внутриутробному и постнатальному гипоксическому воздействию на гепатоциты и ингибированию синтеза белка, в частности ИЗФР-1 [32]. Однако маркером гипоксического воздействия являются уменьшенные размеры голени [21], что не было установлено в настоящей работе у субъектов, проживающих в трех указанных зонах, в соответствии с данными литературы [26]. Следовательно, можно предположить лишь минимальный вклад гипоксического компонента в регионарные различия физического развития.

Исследования в области раскрытия молекулярных и клеточных механизмов действия ЭДС [15] показывают, что они вызывают избыточную активацию внутриклеточного арил-углеводородного рецептора (АУР) [15]. Это приводит к измененной активации генов, контролирующих органогенез, эмбриональное развитие и клеточный цикл [15]. Эпигенетическая АУР-опосредованная модификация клеточного цикла также приводит к снижению пролиферации клеток [15]. Необходимо отметить существенный вклад эпигенетической модификации наследственного материала в нарушения роста и развития человека [15], которые могут стабильно передаваться через поколения [30]. Это, возможно, имело место у обследованных лиц, старшие родственники которых пережили пик развития Аральской экологической катастрофы. В литературе не найдено сведений об АУР-опосредованном изменении генов НОХ, контролирующих форму тела [22], что исключает участие этого механизма в регионарном различии формы тела у юношей и девушек. На этом основании возможно утверждать, что меньшие размеры длины руки у юношей из группы «Регион № 1» могут иметь случайный характер или реализоваться через ЭДС-опосредованное снижение гормона роста [37].

Считается, что АУР-опосредованные механизмы участвуют в нарушении синтеза и секреции андрогенов, а также строения и функции половых органов у юношей [15, 31, 36, 37]. Кроме того, как правило, под их воздействием имеет место снижение сроков начала пубертатного периода у юношей [31] и ускорение пубертата у девушек [36], проживающих в районах с избыточным содержанием ХОС. Это происходит вследствие модификации генетического аппарата, контролирующего начало полового созревания под действием ЭДС [15]. Некоторые ХОС проявляют эстрогенстимулирующее действие [28], которое может являться как АУР-опосредованной [15], так и прямой активацией эстрогенных рецепторов [28]. Необходимо отметить, что некоторые ЭДС обладают антиэстрогенным действием, блокируя сигналы с эстрогенного рецептора [8]. Мониторинг концентрации эстрогенов у жительниц Приаралья показал низкие концентрации этих гормонов [8].

Длительное нахождение ХОС во внешней среде и организме человека [27] не могло не привести к

отсроченному антиандрогенному, эстрогенному или антиэстрогенному действию ЭДС у субъектов, обследованных в настоящей работе.

Примечательно, что регионарные различия строения тела у обследованных юношей как более восприимчивых к ХОС субъектов, полученные в настоящей работе, полностью соответствовали изначальной гипотезе и данным литературы [3]. Таким образом, можно предположить эндокринразрушающее воздействие ХОС и тяжелых металлов на мужской организм, реализуемое во все критические периоды детства [15, 31, 36]. Вероятно, накопление данных ЭДС привело к снижению уровня гормона роста, ИЗФР-1 и гормонов щитовидной железы до пубертатного периода и антиандрогенному эффекту во время полового созревания. По-видимому, отсутствие регионарных различий телосложения свидетельствует о недостаточном вкладе в рост и развитие юношей антиандрогенного влияния ЭДС, к примеру, вследствие особенностей эффекта «доза — воздействие» у ХОС [35]: их влияние максимально проявляется либо при очень высоких, либо при очень низких их концентрациях [35].

В связи с отсутствием регионарных различий длины тела у девушек можно было бы предположить, как отмечено в литературе [37], устойчивость их организма к воздействию ЭДС. Известно, что раннее половое созревание и избыток половых гормонов приводят к формированию брахиморфного телосложения, а их недостаток — к развитию долихоморфного телосложения [1, 23]. Анализ телосложения у девушек из группы «Зона 2» (г. Нукус), выявил сочетание маркеров эстрогенингибирующего (долихоморфное телосложение [1, 23]) и эстрогенстимулирующего (широкий таз и массивные кости [1, 23]) действия ЭДС. Город Нукус является урбанизированной территорией, где велико влияние социальной среды на сроки полового созревания, что [1, 9] играет исключительную роль в акселерации полового развития. Таким образом, предполагается снижение сроков начала деятельности половых желёз у девушек из г. Нукус (зона № 2), которое, вероятно, сочетается с воздействием эстрогеноподобных ЭДС. Это сочетание, как показано в литературе [8], в условиях Приаралья приводит к снижению концентрации половых гормонов по принципу отрицательной обратной связи в пубертате до ростового скачка. Высказанные в данной работе предположения относительно избирательности воздействия половых стероидов на массивность костей и ширину таза, но не на рост и телосложение у девушек из г. Нукус возможно объяснить этапностью изменения уровня половых гормонов во время адrenaрхе и пубертатного периода. Предполагается, что генетически регулируемая первоначально повышенная активность половых стероидов в условиях снижения возраста начала пубертата способствует увеличению размеров таза, затем она сменяется торможением их инкреции до начала ростового скачка, что не приводит к изменению размеров тела и телосложения [8].

Отдельное внимание требуют полученные в работе результаты о наличии регионарных различий антропометрических параметров, характеризующих жировой обмен. У юношей из экологически благоприятных регионов толщина КЖС оказалась больше, чем у юношей из других регионов. У девушек из города г. Нукус (группа «Зона 2») имели место более высокие значения массы тела и объема талии, чем у их сверстниц из групп «Зона 1» и «Зона 3». При этом ни у обследованных девушек, ни у юношей из разных регионов не обнаружено отличий частоты встречаемости отклонений массы тела, определяемых по ИМТ. Таким образом, проживание в том или ином регионе Приаралья не является predisposing фактором дефицита массы тела или ее избытка (ожирения). Тем не менее из литературы известно [34], что повышенное содержание ХОС в окружающей среде может провоцировать избыток массы тела и ожирение, поскольку эти ЭДС способны снижать выработку лептина [11], а также активировать пролифератор пероксисом, принимающий участие в росте и дифференцировке жировой ткани [15]. Для того, чтобы ХОС могли вмешиваться в обмен веществ, необходимо сочетание нескольких факторов. Во-первых, они должны воздействовать пренатально или в периоде онтогенеза от рождения до адrenaрхе и пубертата [11, 34]. Во-вторых, считается доказанной связь пренатального и допубертатного влияния ХОС с развитием ожирения в юношеском возрасте только у матерей с избыточной массой тела [7] и имеющих полиморфизм гена PON 1 [34].

Учитывая сказанное, необходимо заключить, что полученные регионарные особенности размеров КЖС у юношей, также обхвата талии и массы тела у девушек пока не могут быть объяснены описанными механизмами, поскольку их большие размеры обнаружены в благоприятных зонах (Зона 2 и Зона 3). Однако эти результаты могут являться отправной точкой для дальнейших исследований в области влияния ЭДС на обмен веществ у жителей Приаралья.

Таким образом, выявленные в работе антропометрические особенности у субъектов юношеского возраста, родившихся в период максимального использования пестицидов и с рождения до 17 лет проживавших в первой, второй и третьей зонах территориального деления Приаралья как региона экологического бедствия, могут быть результатом длительного действия поллютантов, обладающих эндокринразрушающим действием и загрязняющих окружающую среду региона. Использованный в работе подход может быть применен для мониторинга состояния здоровья жителей Приаралья.

Авторство

Еркудов В. О. внес существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, получение, анализ и интерпретацию данных; подготовил первый вариант статьи; окончательно утвердил присланную в редакцию рукопись; все остальные авторы внесли существенный вклад в концепцию и дизайн

исследования, получение, анализ и интерпретацию данных; окончательно утвердили присланную в редакцию рукопись.

Еркудов Валерий Олегович — SPIN 5155-2173, ORCID 0000-0001-7351-0405

Заславский Денис Владимирович — SPIN 5832-9510, ORCID 0000-0001-5936-6232

Пуговкин Андрей Петрович — SPIN 2065-4505, ORCID 0000-0001-8415-2885

Матчанов Азат Таубалдыевич — SPIN 8253-2317, ORCID 0000-0001-6066-1327

Розумбетов Кенжабек Умар угли — SPIN 9333-7494, ORCID 0000-0001-5967-4219

Даулетов Руслан Калниязович — SPIN 5391-7555; ORCID 0000-0002-7476-1748

Есемуратова Сановар Палмуратовна — SPIN 6784-6098, ORCID 0000-0002-9765-3651

Нажимов Илал Ибрагимович — SPIN 5042-7019, ORCID 0000-0001-8119-1379

Пузырев Виктор Геннадиевич — SPIN 2727-0049, ORCID 0000-0002-0185-3545

Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

Список литературы / References

1. Властовский В. Г. Акцелерация роста и развития детей. М.: Изд-во МГУ, 1976. 280 с.

Vlastovskii V. G. *Akceleraciia rosta i razvitiia detei* [Secular trend of the growth and development of children]. Moscow, Moskovskii Gosudarstvennyi universitet Publ., 1976. 280 p.

2. Курбанов А. Б., Ещанов Т. Б., Ибрагимов М. Ю., Константинова Л. Г., Темирбеков О. и Косназаров К. А. Гигиеническая оценка пестицидов, применяемых в Республике Каракалпакстан. Нукус: Билим, 2002. 76 с.

Kurbanov A. B., Eshchanov T. B., Ibragimov M. Yu., Konstantinova L. G., Temirbekov O., Kanasarov K. A. *Gigienicheskaya otsenka pestitsidov, primenyayemykh v Respublike Karakalpakstan* [Hygienic assessment of pesticides used in the Republic of Karakalpakstan]. Nukus, Bilim Publ., 2002. 76 p.

3. Матуразова Э. М., Матуразов Б. М., Бегжанова Г. Исследование антропометрических показателей у детей, проживающих в Южном Приаралье // Вестник Каракалпакского отделения Академии наук Республики Узбекистан. 2008. № 1. С. 49–52.

Maturazova E. M., Maturazov B. M., Begzhanova G. Research of anthropometrical indicators at the children living in the Southern Aral Sea. *Vestnik Karakalpakskogo otdeleniya Akademii nauk Respubliki Uzbekistan* [Karakalpak Herald of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan]. 2008, 1, pp. 49-52

4. Матчанова Н. А., Гаипова Г. Т., Ержепова Г. Ж. Исследование содержания гемоглобина в крови у женщин в условиях Южного Приаралья // Вестник Каракалпакского отделения Академии наук Республики Узбекистан. 2009. № 1, С. 37–39.

Matchanova N. A., Gaipova G. T., Erzhopova G. Zh. Research of haemoglobin in the blood of women in the Southern Aral Sea. *Vestnik Karakalpakskogo otdeleniya Akademii nauk Respubliki Uzbekistan* [Karakalpak Herald of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan]. 2009, 1, pp. 37-39. [In Russian]

5. Негашева М. А. Основы антропометрии: учебное пособие для обучающихся в образовательных организациях

высшего образования по направлению 03.06.01 «Биология» / МГУ им. М. В. Ломоносова, Биологический факультет. М.: Экон-Информ, 2017. 216 с.

Negasheva M. A. *Osnovy antropometrii* [The basics of anthropometry]. Moscow, Ekon-Inform Publ., 2017, 216 p.

6. Реймов Р. Р., Константинова Л. Г. Экологическая характеристика Приаралья и пространственная дифференциация его территории как зоны экологического бедствия // Вестник Каракалпакского отделения Академии наук Республики Узбекистан. 1992. № 2, С. 3–8.

Reimov R. R., Konstantinova L. G. The ecological characteristics of Priaralya and the spatial differentiation of its territory as an environmental disaster zone. *Vestnik Karakalpakskogo otdeleniya Akademii nauk Respubliki Uzbekistan* [Karakalpak Herald of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan]. 1992, 2, pp. 3-8. [In Russian]

7. Ashley-Martin J., Dodds L., Arbuckle T. E., Morisset A. S., Fisher M., Bouchard M. F., Shapiro G. D., Ettinger A. S., Monnier P., Dallaire R., Taback S., Fraser W. Maternal and Neonatal Levels of Perfluoroalkyl Substances in Relation to Gestational Weight Gain. *Int J Environ Res Public Health*. 2016 Jan 20;13 (1). pii: E146. DOI: 10.3390/ijerph13010146

8. Bapayeva G., Issayeva R., Zhumadilova A., Nurkasimova R., Kulbayeva S., Tleuzhan R. Organochlorine pesticides and female puberty in South Kazakhstan. *Reprod Toxicol*. 2016 Oct; 65, pp. 67-75. DOI: 10.1016/j.reprotox.2016.06.017. Epub 2016 Jun 23.

9. Bogin B., Varela-Silva M. I. Leg length, body proportion, and health: a review with a note on beauty. *Int J Environ Res Public Health*. 2010 Mar; 7 (3), pp. 1047-75. DOI: 10.3390/ijerph7031047. Epub 2010 Mar 11.

10. Burns J. S., Williams P. L., Lee M. M., Revich B., Sergeyev O., Hauser R., Korrick S. A. Peripubertal blood lead levels and growth among Russian boys. *Environ Int*. 2017 Sep; 106, pp. 53-59. DOI: 10.1016/j.envint.2017.05.023. Epub 2017 Jun.

11. Burns J. S., Williams P. L., Korrick S. A., Hauser R., Sergeyev O., Revich B., Lam T., Lee M. M. Association between chlorinated pesticides in the serum of prepubertal Russian boys and longitudinal biomarkers of metabolic function. *Am J Epidemiol*. 2014 Nov 1; 180 (9), pp. 909-19. DOI: 10.1093/aje/kwu212. Epub 2014 Sep 25.

12. Carrizo D., Grimalt J. O., Ribas-Fito N., Sunyer J., Torrent M. Physical-chemical and maternal determinants of the accumulation of organochlorine compounds in four-year-old children. *Environ Sci Technol*. 2006 Mar 1;40.(5), pp. 1420-6. DOI: 10.1021/es0518427

13. Crighton E. J., Elliott S. J., Upshur R., van der Meer J., Small I. The Aral Sea disaster and self-rated health. *Health Place*. 2003 Jun; 9 (2), pp. 73-82. DOI: 10.1016/s1353-8292(02)00017-5

14. Eskenazi B., Harley K., Bradman A., Weltzien E., Jewell N. P., Barr D. B., Furlong C. E., Holland N. T. Association of in utero organophosphate pesticide exposure and fetal growth and length of gestation in an agricultural population. *Environ Health Perspect*. 2004 Jul; 112 (10), pp. 1116-24. DOI: 10.1289/ehp.6789

15. Gore A. C., Chappell V. A., Fenton S. E., Flaws J. A., Nadal A., Prins G. S., Toppari J., Zoeller R. T. EDC-2: The Endocrine Society's Second Scientific Statement on Endocrine-Disrupting Chemicals. *Endocr Rev*. 2015 Dec; 36 (6), pp. E1-E150. DOI: 10.1210/er.2015-1010. Epub 2015 Nov 6.

16. Hamilton J. D., O'Flaherty E. J. Influence of lead on

mineralization during bone growth. *Fundam Appl Toxicol.* 1995 Jul; 26 (2), pp. 265-71. DOI: 10.1006/faat.1995.1097

17. Havelock J. C., Auchus R. J., Rainey W. E. The rise in adrenal androgen biosynthesis: adrenarche. *Semin Reprod Med.* 2004 Nov; 22 (4), pp. 337-47. DOI: 10.1055/s-2004-861550

18. Jensen S., Mazhitova Z., Zetterström R. Environmental pollution and child health in the Aral Sea region in Kazakhstan. *Sci Total Environ.* 1997 Nov 5; 206 (2-3), pp. 187-93.

19. Johnston F. E. Somatic growth of the infant and preschool child. In: Falkner A. (ed.), Tanner J. M. (ed.) *Human growth*. Vol. 2: Postnatal Growth. "Plenum Press". New York, London, 1978, pp. 91-117 (634).

20. Janmohamed A., Karakochuk C. D., McLean J., Green T. J. Improved Sanitation Facilities are Associated with Higher Body Mass Index and Higher Hemoglobin Concentration among Rural Cambodian Women in the First Trimester of Pregnancy. *Am J Trop Med Hyg.* 2016 Nov 2; 95 (5), pp. 1211-1215. Epub 2016 Aug 22. DOI: 10.4269/ajtmh.16-0278

21. Lampl M., Kuzawa C. W., Jeanty P. Prenatal smoke exposure alters growth in limb proportions and head shape in the midgestation human fetus. *Am J Hum Biol.* 2003 Jul-Aug; 15 (4), pp. 533-46. DOI: 10.1002/ajhb.10140

22. Mark M., Rijli F. M., Chambon P. Homeobox genes in embryogenesis and pathogenesis. *Pediatr Res.* 1997 Oct; 42 (4), pp. 421-9. DOI: 10.1203/00006450-199710000-00001

23. Marshall V. A. Puberty. In: Falkner A. (ed.), Tanner J. M. (ed.) *Human growth*. Vol. 2: Postnatal Growth. "Plenum Press". New York, London, 1978, pp. 141-182 (634).

24. Merrill R. D., Burke R. M., Northrop-Clewes C. A., Rayco-Solon P., Flores-Ayala R., Namaste S. M., Serdula M. K., Suchdev P. S. Factors associated with inflammation in preschool children and women of reproductive age: Biomarkers Reflecting Inflammation and Nutritional Determinants of Anemia (BRINDA) project. *Am J Clin Nutr.* 2017 Jul; 106 (Suppl 1), pp. 348S-358S. DOI: 10.3945/ajcn.116.142315. Epub 2017 Jun 14.

25. Mink P. J., Kimmel C. A., Li A. A. Potential effects of chlorpyrifos on fetal growth outcomes: implications for risk assessment. *J Toxicol Environ Health B Crit Rev.* 2012; 15 (4), pp. 281-316. DOI: 10.1080/10937404.2012.672150

26. Muntean N., Jermini M., Small I., Falzon D., Fürst P., Migliorati G., Scortichini G., Forti A. F., Anklam E., von Holst C., Niyazmatov B., Bahkridinov S., Aertgeerts R., Bertollini R., Tirado C., Kolb A. Assessment of dietary exposure to some persistent organic pollutants in the Republic of Karakalpakstan of Uzbekistan. *Environ Health Perspect.* 2003 Aug; 111 (10), pp. 1306-11. DOI: 10.1289/ehp.5907

27. Ritter R., Scheringer M., MacLeod M., Moeckel C., Jones K. C., Hungerbühler K. Intrinsic human elimination half-lives of polychlorinated biphenyls derived from the temporal evolution of cross-sectional biomonitoring data from the United Kingdom. *Environ Health Perspect.* 2011 Feb; 119 (2), pp. 225-31. DOI: 10.1289/ehp.1002211. Epub 2010 Oct 7.

28. Roy J. R., Chakraborty S., Chakraborty T. R. Estrogen-like endocrine disrupting chemicals affecting puberty in humans--a review. *Med Sci Monit.* 2009 Jun; 15 (6), pp. RA137-45.

29. Rzymiski P., Klimaszczak P., Niedzielski P., Marszelewski W., Borowiak D., Nowiński K., Baikenzhayeva A., Kurmanbayev R.,

Aladin N. Pollution with trace elements and rare-earth metals in the lower course of Syr Darya River and Small Aral Sea, Kazakhstan. *Chemosphere.* 2019 Nov; 234, pp. 81-88. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2019.06.036

30. Sen A., Heredia N., Senut M. C., Land S., Hollocher K., Lu X., Dereski M. O., Ruden D. M. Multigenerational epigenetic inheritance in humans: DNA methylation changes associated with maternal exposure to lead can be transmitted to the grandchildren. *Sci Rep.* 2015 Sep 29; 5, pp. 14466. DOI: 10.1038/srep14466

31. Sergeyev O., Burns J. S., Williams P. L., Korrick S. A., Lee M. M., Revich B., Hauser R. The association of peripubertal serum concentrations of organochlorine chemicals and blood lead with growth and pubertal development in a longitudinal cohort of boys: a review of published results from the Russian Children's Study. *Rev Environ Health.* 2017 Mar 1; 32 (1-2), pp. 83-92. DOI: 10.1515/reveh-2016-0052

32. Soliman A. T., De Sanctis V., Yassin M., Adel A. Growth and Growth hormone - Insulin Like Growth Factor -I (GH-IGF-I) Axis in Chronic Anemias. *Acta Biomed.* 2017 Apr 28; 88 (1), pp. 101-111. DOI: 10.23750/abm.v88i1.5744

33. Song S., Ma X., Pan M., Tong L., Tian Q. Excretion kinetics of three dominant organochlorine compounds in human milk within the first 6 months postpartum. *Environ Monit Assess.* 2018 Jul 11; 190 (8), pp. 457. DOI: 10.1007/s10661-018-6850-9

34. Tinggaard J., Wohlfahrt-Veje C., Husby S., Christiansen L., Skakkebaek N. E., Jensen T. K., Grandjean P., Main K. M., Andersen H. R. Prenatal pesticide exposure and PON1 genotype associated with adolescent body fat distribution evaluated by dual X-ray absorptiometry (DXA). *Andrology.* 2016 Jul; 4 (4), pp. 735-44. DOI: 10.1111/andr.12194. Epub 2016 May 26.

35. Vandenberg L. N., Colborn T., Hayes T. B., Heindel J. J., Jacobs D. R. Jr, Lee D. H., Shioda T., Soto A. M., vom Saal F. S., Welshons W. V., Zoeller R. T., Myers J. P. Hormones and endocrine-disrupting chemicals: low-dose effects and nonmonotonic dose responses. *Endocr Rev.* 2012 Jun; 33 (3), pp. 378-455. DOI: 10.1210/er.2011-1050. Epub 2012 Mar 14.

36. Wohlfahrt-Veje C., Main K. M., Schmidt I. M., Boas M., Jensen T. K., Grandjean P., Skakkebaek N. E., Andersen H. R. Lower birth weight and increased body fat at school age in children prenatally exposed to modern pesticides: a prospective study. *Environ Health.* 2011 Sep 20; 10, p. 79. DOI: 10.1186/1476-069X-10-79

37. Zumbado M., Luzardo O. P., Lara P. C., Alvarez-León E. E., Losada A., Apolinario R., Serra-Majem L., Boada L. D. Insulin-like growth factor-I (IGF-I) serum concentrations in healthy children and adolescents: relationship to level of contamination by DDT-derivative pesticides. *Growth Horm IGF Res.* 2010 Feb; 20 (1), pp. 63-7. DOI: 10.1016/j.ghir.2009.07.003. Epub 2009 Aug 20.

Контактная информация:

Еркудов Валерий Олегович — кандидат медицинских наук, старший преподаватель кафедры нормальной физиологии ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России

Адрес: 194100, г. Санкт-Петербург, ул. Литовская, д. 2
E-mail: verkudov@gmail.ru