

УЧРЕДИТЕЛЬ  
Московский  
государственный  
университет  
имени М.В.Ломоносова

Серия XXIII – Антропология –  
выходит с 2009 года (4 раза в год)

Vestnik Moskovskogo Universiteta.  
Series 23. Anthropologiya

Журнал зарегистрирован  
в Федеральной службе  
по надзору  
в сфере связи и массовых  
коммуникаций РФ.  
Свидетельство регистрации  
ПИ № ФС77-35672  
от 19 марта 2009 г.

*Журнал печатает статьи по следующим  
группам специальностей:*

03.03.00 – физиология  
по биологическим наукам  
03.02.00 – общая биология  
по биологическим наукам  
07.00.00 – исторические науки и археология  
13.00.00 – педагогические науки

*Адрес редакции:*

125009, Москва, ул. Моховая, д. 11  
НИИ и Музей антропологии МГУ  
Тел.: (495) 629-75-36  
E-mail: vestnikmsu23@mail.ru

Цена свободная

*Корректор:* А.В. Степанова  
*Редактор английских текстов:*  
М.К. Карапетян

*Адрес Издательского дома МГУ:*

119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы,  
д. 1, строение 15  
Тел.: 495-939-32-91

secretary@msupublishing.ru

Подписано в печать 21.12.2017 г.  
Формат 60x90 1/8. Печать цифровая.  
Усл. печ. л. 19,0. Тираж 420 экз.

Отпечатано в ООО «Клаб-Принт»  
127018, Москва, 3-й проезд Марьиной  
рощи, д. 40, к. 1.  
Тел.: 8-495-669-50-09  
Выход в свет 22.01.2018 г.

# Вестник Московского университета

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Основан в ноябре 1946 г.

ISSN 0201-7385

ISSN 2074-8132

Серия XXIII

## АНТРОПОЛОГИЯ

№ 3

2017

Издательство Московского университета

## СОДЕРЖАНИЕ

### Антропология

(физиология по биологическим наукам)

<i>Руднев С.Г., Анисимова А.В., Синдеева Л.В., Задорожная Л.В., Лукина С.С., Малахина А.В., Вашура А.Ю., Цейтлин Г.Я., Година Е.З.</i> Методические вопросы изучения вариаций подкожного жира: сравнение различных типов калиперов .....	4
<i>Гудкова Л.К.</i> Корреляционный анализ и его значение в экологической антропологии. Часть 1 .....	27
<i>Савинецкий А.Б., Маурер А.М., Сыроежкин Г.В.</i> К вопросу об оптимальном количестве исходных изображений для получения инвариантного обобщенного фотопортрета .....	36
<i>Горбачева А.К., Федотова Т.К.</i> Пространственное разнообразие показателей физического развития российских детей грудного возраста в связи с климато-географическими факторами .....	44
<i>Бондарева Э.А., Парфентьева О.И., Сонькин В.Д.</i> «Бережливый» генотип: ожирение или спортивный успех .....	56
<i>Козлов А.И., Вершубская Г.Г.</i> D-витаминный статус и персистенция лактазы в европейских популяциях (обзор литературы с элементами мета-анализа) .....	68
<i>Калихман Л., Бацевич В.А., Кобылянский Е.</i> Остеоартроз в долгожительских популяциях Кавказа .....	76
<i>Калюжный Е.А.</i> Ауксологические аспекты антропометрических скринингов учащихся города и района Нижегородской области .....	86
<i>Балановская Е.В., Юсупов Ю.М., Схаляхо Р.А., Степанов Г.Д., Асылгужин Р.Р., Жабагин М.К., Балаганская О.А., Султанова Г.Д., Борисова Е.Б., Дараган Д.М., Балановский О.П.</i> Генетические портреты семи кланов северо-западных башкир: вклад финно-угорского компонента в генофонд башкир .....	94
<i>Березина Н.Я.</i> Анализ показателей билатеральной асимметрии длинных костей конечностей раннесредневекового населения Северной Осетии (по материалам могильника Мамисондон) .....	104

### Исторические науки и археология

<i>Шпак Л.Ю.</i> К вопросу о физическом типе этрусков. Часть 1. Описательные признаки лица по материалам этрусской живописи .....	114
<i>Балахонова Е.И.</i> Материалы экспедиции Л.А. Загоскина (1842–1844 гг.) в фондах Музея антропологии МГУ .....	123
<i>Харитонов В.М.</i> Фундаментальные проблемы эволюционной антропологии в творчестве В.П. Якимова .....	138
<i>Гудкова Л.К.</i> Петр Николаевич Башкиров – ученый и учитель .....	144

### Рецензии

Рецензия на книгу: М.А. Негашева «Основы антропометрии»: учебное пособие. (И.В. Перевозчиков) .....	150
---	-----

## CONTENTS

### Anthropology

<i>Rudnev S.G., Anisimova A.V., Sindeeva L.V., Zadorozhnaya L.V., Lukina S.S., Malakhina A.V., Vashura A.Yu., Tseytlin G.Ya., Godina E.Z.</i> Methodological issues of studying variations in subcutaneous fat: a comparison of different types of skinfold calipers .....	4
<i>Goodkova L.K.</i> The correlation analysis and its significance in ecological anthropology. Part 1 .....	27
<i>Savinetskiy A.B., Maurer A.M., Syroezhkin G.V.</i> On the question of optimal number of initial images for obtaining an invariant composite photo portrait .....	36
<i>Gorbacheva A.K., Fedotova T.K.</i> Spatial variability of physical development indices of Russian infants in connection with the climatic and geographical factors .....	44
<i>Bondareva E.A., Parfenteva O.I., Son'kin V.D.</i> «Thrifty» genotype: obesity or sports achievement? .....	56
<i>Kozlov A.I., Vershubskaya G.G.</i> D-vitamin status and lactase persistence in European populations (review with the elements of meta-analysis) .....	68
<i>Kalichman L., Batsevich V.A., Kobylitskiy E.</i> Osteoarthritis in longevity populations of the Caucasus .....	76
<i>Kalyuzhny E.A.</i> Auxological aspects of anthropometrical screenings of urban and rural students from Nizhny Novgorod Region .....	86
<i>Balanovska E., Yusupov Y., Shalyaho R., Stepanov G., Asilgulin R., Zhabagin M., Balaganskaya O., Sultanova G., Borisova E., Daragan D., Balanovsky O.</i> Genetic portraits of seven clans of north-western Bashkirs: contribution of the Finno-Ugric genetic component to the Bashkirian gene pool .....	94
<i>Berezina N.Ya.</i> Analysis of the indicators of the bilateral asymmetry of long bones of the extremities in the Early Medieval population of North Ossetia (based on data from Mamisondon cemetery) .....	104

### History and archaeology

<i>Shpak L.Y.</i> On the physical type of Etruscans. Part 1. Descriptive traits of appearance (face) on the materials of Etruscan painting .....	114
<i>Balakhonova E.I.</i> Materials from Zagoskin's expedition (1842–1844) in the collections of the Moscow State University Anthropological museum .....	123
<i>Kharitonov V.M.</i> Fundamental problems of evolutionary anthropology in the works of V.P. Yakimov .....	138
<i>Goodkova L.K.</i> Petr Nikolayevich Bashkirov – scientist and teacher .....	144

### Book Reviews

<i>Negasheva M.A.</i> «Principles of Anthropometry» (study guide) ( <i>Ealya Perevozchikov</i> ) .....	150
--	-----

## МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ИЗУЧЕНИЯ ВАРИАЦИЙ ПОДКОЖНОГО ЖИРА: СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ КАЛИПЕРОВ

С.Г. Руднев<sup>1,2</sup>, А.В. Анисимова<sup>3</sup>, Л.В. Синдеева<sup>4</sup>, Л.В. Задорожная<sup>3</sup>, С.С. Лукина<sup>5</sup>,  
А.В. Малахина<sup>5</sup>, А.Ю. Вашура<sup>5</sup>, Г.Я. Цейтлин<sup>5</sup>, Е.З. Година<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ФГБУН ИВМ РАН, Москва

<sup>2</sup>ФГБУ «ЦНИИОИЗ» Минздрава России, Москва

<sup>3</sup>МГУ имени М.В. Ломоносова, НИИ и Музей антропологии, Москва

<sup>4</sup>ФГБОУ ВО «КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого», Красноярск

<sup>5</sup>ФГБУ «НМИЦ ДГОИ им. Д. Рогачёва» Минздрава России, Москва

Калиперометрия, или измерение толщины кожно-жировых складок на определённых участках тела, традиционно используется в биологической и медицинской антропологии для характеристики подкожного жировоголожения, оценки типа телосложения, состава тела и нутритивного статуса. Результаты калиперометрии зависят не только от техники измерений, но и от типа калипера. Разнообразие типов калиперов и межгрупповые различия результатов измерений затрудняют возможность обобщения и сопоставления данных популяционных выборочных исследований.

Цель исследования – характеристика точности и воспроизводимости результатов измерений кожно-жировых складок при применении различных типов калиперов.

С участием пяти измерителей выполнено сравнительное экспериментальное исследование 11 калиперов пяти типов: Вереск (ООО «Вереск», Красноярск), КЭЦ-100 (ОАО «ТВЕС», Тулиновский приборостроительный завод, Тамбовская обл.), FatTrack II (Accu-Measure, США), GPM (DKSH, Швейцария) и Lange (Beta Technology; Cambridge Scientific Industries, США). Исследование проводилось в три этапа: с использованием металлического калибровочного блока GPM, «сэндвичей» из мягкой силиконовой резины kSil™ GP250 (Silicone Engineering, Великобритания) и на основе измерений четырёх жировых складок (над трицепсом, под лопаткой, над гребнем подвздошной кости и на голени), используемых в схеме соматотипирования Хит-Картера, у 11 взрослых добровольцев.

При измерениях калибровочного блока и «сэндвичей» из силиконовой резины металлическими калиперами (Вереск, GPM, Lange) выборочные стандартные отклонения и коэффициенты вариации были, в среднем, втрое меньше, чем при измерениях пластиковыми калиперами (КЭЦ-100, FatTrack II). В сравнении с калипером GPM, калиперы Вереск, КЭЦ-100 и Lange статистически значимо завышали толщину «сэндвичей» и суммарную толщину указанных четырёх жировых складок, а калипер FatTrack II давал сопоставимые результаты (значимые различия отсутствовали).

В целом, проведённое исследование выявило преимущества использования традиционно рекомендуемых типов калиперов. Из пяти рассмотренных типов калиперов лучшие показатели имел калипер GPM (итоговая субъективная экспертная оценка 8,9 баллов из 10). Калипер Lange при сравнительно высокой воспроизводимости результатов завышал толщину складки (итоговая оценка 7,0 баллов). Пластиковый калипер FatTrack II был сравним по точности с GPM на фоне сниженной воспроизводимости результатов (итоговая оценка 6,2 балла). При сравнительно высокой повторяемости результатов, калипер Вереск отличался низким качеством статической и динамической калибровки (итоговая оценка 5,8 баллов). Худшими показателями (максимальная суммарная техническая ошибка, минимальный коэффициент надёжности измерений, низкое качество калибровки) отличался калипер КЭЦ-100 (итоговая оценка 2,1 балла), что ставит под серьёзное сомнение целесообразность его применения в центрах здоровья в рамках профилактического скрининга населения России, и в целом – в научной и практической работе.

Для обеспечения возможности сравнения с результатами других исследований описание данных калиперометрии должно включать:

– информацию о типе калипера и его соответствии требованиям стандартизации измерений (металлический/пластиковый; площадь контактных участков; характеристика давления, оказываемого на складку; дискретность измерений и др.);

- сведения о результатах сравнения использованного типа калипера с эталонным оборудованием;
- информацию о статической и динамической калибровке калипера;
- данные об уровне подготовки специалистов, производящих измерения, расчётные значения технических ошибок измерений и коэффициентов надёжности.

Ключевые слова: антропометрия, кожно-жировые складки, калиперометрия, измерительное оборудование, сравнение, точность, воспроизводимость, техническая ошибка измерений, коэффициент надёжности

## Введение

Методические проблемы, связанные с ошибками измерений, воспроизводимостью результатов при повторных измерениях одним или несколькими измерителями и, наконец, сравнением результатов измерений, проведённых разными инструментами, всегда находились в центре внимания биологов человека. Именно поэтому авторы руководств, посвящённых антропометрическим измерениям, подробно останавливались на необходимости тщательной подготовки персонала, соблюдения методических рекомендаций, отбора и верификации инструментария (см., например, [Бунак, 1941; Human biology, 1969; Ross, Eiben, 1992; Ulijaszek, Mascie-Taylor, 1994; Roche, Sun, 2003; NHANES, 2007; Handbook of anthropometry, 2012]).

Калиперометрия, или измерение толщины кожно-жировых складок на определённых участках тела при помощи специальных инструментов – калиперов<sup>1</sup>, является неотъемлемой частью большинства программ антропометрических измерений, направленных на изучение физического развития и здоровья населения [Бунак, 1941; Anthropometric standardization ... 1988; Антропология в медицине, 1989; Norton, Olds, 2004; Година с соавт., 2011; Marfell-Jones et al., 2012; Handbook of anthropometry, 2012]. Калиперометрия традиционно используется в биологической и медицинской антропологии для характеристики подкожного жирового отложения [Hammond, 1955; Чтецов, 1968; Лутовинава с соавт., 1970; Пермьякова, 2010; Иванова с соавт., 2011; Дорохов с соавт., 2015], оценки типа телосложения [Carter, Heath, 1990; Дорохов с соавт., 2015], состава тела [Matiegka, 1921; Durnin,

Womersley, 1974; Slaughter et al., 1988; Ackland et al., 2012] и нутритивного статуса [Frisancho, 1990; Must et al., 1991; WHO, 1995; Gibson, 2005; Тютельян с соавт., 2008]. Широкому распространению метода при решении указанных задач способствовали неинвазивность, портативность, доступность, сравнительно невысокая цена, относительная простота инструментария и возможность применения в лабораторных, стационарных и полевых условиях.

Для получения воспроизводимых и сопоставимых результатов антропометрических измерений и калиперометрии от измерителей требуется определённый уровень подготовки [Бунак, 1941; Ulijaszek, Kerr, 1999; Cameron, 2013]. С 1996 года действует международная система аккредитации специалистов в области спортивной антропометрии [Marfell-Jones et al., 2012]. Точность и воспроизводимость результатов измерений жировых складок зависят не только от техники измерений, но и от типа калипера [Lohman, Pollock, 1981], а современные требования стандартизации измерений содержат рекомендации по использованию определённых наименований калиперов [Carter, Heath, 1990; Norton et al., 2004; Marfell-Jones et al., 2012].

Основные требования к конструкции калиперов были сформулированы в середине 1950-х годов [Edwards et al., 1955] и впоследствии приняты на международном уровне [Human biology, 1969]. Они включают:

- наличие у калипера достаточно широких прямоугольных контактных площадок, служащих для сжатия складки в момент измерений, с хорошо округлёнными краями и углами<sup>2</sup>;
- обеспечение постоянного давления контактных площадок на складку, равного 10 г/мм<sup>2</sup>,

<sup>1</sup> От англ. caliper (циркуль). Данный термин был заимствован в 1960-х гг. из англоязычной литературы, где его полное название – skinfold caliper, или циркуль для измерения складок кожи и подкожного жира. Считается [Tanner, 1981], что первые инструментальные измерения кожно-жировых складок у человека были выполнены немецким пастором и врачом Людвигом Котельманом [Kotelman, 1879] и вслед за ним французским анатомом, физиологом и энциклопедистом Полем Рише [Richer, 1890].

<sup>2</sup> В упомянутой работе [Edwards et al., 1955] рекомендовалось использовать прямоугольные контактные участки размером 6х15 мм (т.е. площадью 90 мм<sup>2</sup>), как у калиперов Franzen и Harpenden. Калипер Holtain имеет контактные участки площадью 78 мм<sup>2</sup> [Fidanza et al., 2003], а калипер Lange – 30 мм<sup>2</sup>.

во всём диапазоне измерений, от двух до 40 мм и выше<sup>3</sup>;

- использование шкалы измерений с ценой деления до 1 мм (лучше 0,1–0,2 мм).

Жировые складки являются легко сжимаемыми, поэтому обеспечение постоянного давления на складку, не зависящего от их размера и измерителя, является необходимым условием получения сопоставимых результатов. Известно, что измеренный размер складки сильно зависит от давления, оказываемого на складку, в диапазоне значений давления 2–10 г/мм<sup>2</sup>, и меньше зависит в диапазоне 10–90 г/мм<sup>2</sup> [Keys, Brozek, 1953; Лутовинова с соавт., 1970]. При низком давлении на складку (порядка 2–3 г/мм<sup>2</sup>) резко снижается воспроизводимость результатов измерений [Edwards et al., 1955], а высокое давление, оказываемое на складку (от 30 г/мм<sup>2</sup> и выше), искажает её толщину благодаря значительному углублению контактных площадок в подкожно-жировую клетчатку и вызывает крайне неприятные болевые ощущения у испытуемых [Лутовинова с соавт., 1970]. Взятые вместе, эти факторы обусловили выбор требований стандартизации измерительного оборудования. Начальный этап разработки профессиональных инструментов для калиперометрии включал проведение натурных экспериментов с использованием близких по назначению технических устройств и ряда приспособлений к ним для выявления критически значимых особенностей, оптимизации функций и дизайна создаваемого оборудования с целью получения надёжных результатов, минимизации дискомфорта пациенту и удобства постоянного применения.

В те же годы были сконструированы первые серийные инструменты, удовлетворяющие указанным требованиям – калиперы Harpenden [Edwards et al., 1955; Tanner, Whitehouse, 1955] и Lange

[Lange, Brozek, 1961]. Более ранние инструменты не соответствовали основным требованиям стандартизации либо не подходили по другим причинам. Например, калипер Franzen (1929), известный как первый калипер с пружиной, не обеспечивал постоянства давления на складку во всём диапазоне измерений, малахистометр Correnti (1947) имел слишком большие контактные площадки и был неудобен для повседневного использования, модификация калипера Вернье компании Glogau and Co., известная как Minnesota caliper [Keys, Brozek, 1953; Fidanza, 2003], не была доведена до серийного образца, а калипер Best (1954) давал постоянное, но более высокое давление на складку (30 г/мм<sup>2</sup>) и имел не соответствующую по форме и размеру круглую контактную площадку диаметром 3 мм. В российских ауксологических исследованиях наряду с другими разработками применялась модификация калипера Best с прямоугольными контактными площадками и стандартным давлением на складку, равным 10 г/мм<sup>2</sup> [Миклашевская с соавт., 1988].

Позднее на основе калипера Harpenden был предложен менее громоздкий и более лёгкий калипер Holtain (Таннера-Уайтхауса), также известный как калипер GPM<sup>4</sup>, дающий практически одинаковые результаты с калипером Harpenden [Parizkova, Roth, 1972; Tanner, Whitehouse, 1975]. В ряде работ калипер Holtain был признан наиболее надёжным и удобным инструментом для измерения жировых складок [Parizkova, Roth, 1972; Cameron, 1978].

Преимуществами традиционного оборудования являются устойчивое серийное производство, наличие технической поддержки и многолетняя апробация в научных исследованиях. Абсолютное большинство референтных ауксологических данных калиперометрии для различных стран и регионов мира получено с использованием калиперов Holtain (см., например, [Fok et al., 2011; Cicek et al., 2014; Nagy et al., 2014; Marrodan et al., 2017]), Harpenden [Wohlfahrt-Weje et al., 2014; Khadiikar et al., 2015; Kuhle et al., 2015] и, реже, калиперов Lange [Addo, Himes, 2010]. В одной из недавних публикаций, наряду с калипером Holtain, рекомендовано использование электронного металлического калипера Skyndex [Cameron, 2013].

Применительно к проверке и регулировке точности показаний калиперов, как и любого другого измерительного оборудования, применяется тер-

<sup>3</sup> Относительное постоянство давления на складку обеспечивается, в том числе, за счёт использования пружины и минимизации трения в участке соединения подпружиненных браншей калипера. Толщина кожного покрова человека зависит от возраста и составляет, в среднем, 0,6–0,9 мм для мужчин и 0,5–0,7 мм для женщин [Escoffier et al., 1989], поэтому кожно-жировые складки толщиной менее 2 мм на практике не встречаются. У взрослых людей толщина кожно-жировых складок, равная 40 мм, соответствует среднему процентному содержанию жира в массе тела (%ЖМТ) порядка 32–34% для мужчин и 40–42% для женщин [Slaughter et al., 1988] и значению индекса массы тела (ИМТ) порядка 34–36 кг/м<sup>2</sup> [Romero-Corral et al., 1998]. С увеличением распространённости ожирения в 2000-х гг. возникла проблема несоответствия конструкции калиперов максимально наблюдаемым значениям толщины складок [Grady, 2001] и сформировался запрос на инструменты с расширенным диапазоном измерений.

<sup>4</sup> Калипер GPM по своим характеристикам и внешнему виду практически идентичен калиперу Holtain. Ранее он выпускался компанией Siber-Hegner (Цюрих, Швейцария), а с 2002 года – концерном DKSH (аббревиатура происходит от фамилий основателей образовавших его компаний: Diethelm, Keller и Siber-Hegner).

мин «калибровка». Прежде всего, устройство для измерения жировых складок должно безошибочно определять известные линейные размеры. Назовём это свойство статической калибровкой. Примерами статической калибровки являются проверка точности показаний калипера с использованием металлического эталона или совмещение стрелки индикаторного устройства с нулевой отметкой шкалы измерений, а также обнуление датчика измерений в случае калипера с цифровой шкалой индикации. Кроме того, ввиду сжимаемости складок калипер должен обладать известными компрессионными свойствами (см. выше). Назовём эти качества динамической калибровкой<sup>5</sup>. Примерами динамической калибровки являются замена пружины калипера на заводе-изготовителе и последующая диагностика с использованием специального оборудования (см., например, [Carlyon et al., 1998; Hewitt et al., 2002]).

В настоящее время производится несколько десятков типов калиперов. Профессиональные инструменты для измерения жировых складок (например, калиперы Harpenden, Holtain и Lange), как правило, выполнены в металлическом корпусе, более долговечны, обеспечивают высокую воспроизводимость результатов и допускают возможность как статической, так и динамической калибровки. Со второй половины 1970-х годов также выпускаются пластиковые калиперы. При сравнительно низкой цене<sup>6</sup> они менее надёжны и долговечны, могут характеризоваться сниженной точностью и воспроизводимостью результатов, как правило, не допускают возможности динамической калибровки и недостаточно апробированы в научных исследованиях [Lohman, Pollock, 1981; Gibson, 2005]. В основном они востребованы в фитнес-индустрии и для самоконтроля в домашних условиях. Одним из исключений является калипер Slim Guide, рекомендованный Международным обществом продвижения кинантропометрии (ISAK) «в качестве альтернативы эталонному калиперу Harpenden» [Marfell-Jones et al., 2012].

Широко применяются регрессионные формулы для оценки состава тела по данным калиперомет-

рии, полученные на основе сравнения результатов измерений жировых складок калиперами Harpenden [Durnin, Rahaman, 1967; Durnin, Womersley, 1974; Slaughter et al., 1988] и Lange [Durnin, Womersley, 1974; Jackson, Pollock, 1978] с эталонными оценками состава тела. Некоторые модели калиперов (например, металлический калипер Skyndex I и пластиковый калипер FatTrack PRO) имеют встроенный микропроцессор с функциями хранения данных и оценки состава тела с использованием указанных формул. Однако в целом, в связи с проблемой сопоставимости данных, в современных руководствах по антропометрии подчёркивается необходимость осторожной интерпретации оценок состава тела на основе регрессионных формул, если данные наблюдений были собраны калиперами других типов по сравнению с использованными при их построении [Norton et al., 2004]. То же относится и к оценке соматотипа по схеме Хит-Картера, где для измерения жировых складок настоятельно рекомендуется использовать калиперы Harpenden или Holtain, а в качестве альтернативы – калипер Slim Guide [Carter, 2002].

Данные сравнений калиперов различных типов неоднородны. Результаты сравнений могут зависеть от возраста калиперов и интенсивности их использования, давности калибровки и качества измерений. В целом принимается, что калипер Lange завышает толщину складки в сравнении с калиперами Harpenden и Holtain [Gruber et al., 1990; Zillikens, Conway, 1990; Gibson, 2005], хотя более ранние исследования выявили отсутствие значимых различий между калиперами Harpenden и Lange [Sloan, Shapiro, 1972; Womersley et al., 1973]. Для минимизации зависимости от измерителей при сравнении динамических свойств калиперов известен стандартный приём, состоящий в использовании образцов губчатой резины различной толщины с характеристиками, имитирующими свойства подкожно-жирового слоя [Schmidt, Carter, 1990; Gore et al., 1995].

В современных российских антропологических исследованиях для измерения жировых складок применяется как зарубежное, так и отечественное оборудование. Из импортных устройств используются калиперы GPM [Пермякова, 2010; Немцев с соавт., 2015], FatTrack [Иванова с соавт., 2011; Воронков с соавт., 2013; Васильева с соавт., 2016], Lange (см., например, [Воронов с соавт., 2009]), Slim Guide [Kalichman, Kobylansky, 2006] и другие. Из отечественных инструментов чаще упоминаются металлический калипер Вереск [Синдеева, 2014; Койносов, 2015; Штейнердт, 2015] и пластиковый калипер КЭЦ-100 [Соловьёва, 2012; Совершаева с соавт., 2014]. Последний входит в состав оснащения центров здоровья, на

<sup>5</sup> Используемое нами определение статической и динамической калибровки отличается от приведённого в работе других авторов [Carlyon et al., 2004].

<sup>6</sup> Для сравнения, на сегодняшний день цена пластиковых устройств начинается от 500–1000 рублей, а рекомендованного металлического калипера Holtain составляет порядка 22 тыс. рублей [Holtain Ltd, 2017]. В 2014 году компания Skyndex, LLC анонсировала выпуск эргономичного беспроводного металлического калипера Skyndex Pro120 с встроенной технологией Bluetooth и измеряемым размером складки до 120 мм по цене около 90 тыс. рублей [CISION PR Newswire, 2014]. См. также [Wood, 2008].



Рис. 1. Использованное оборудование и материалы. Калиперы: 1 – Вереск, 2 – GPM, 3 – Lange, 4 – FatTrack II, 5 – КЭЦ-100; 6 – «сэндвичи» из силиконовой резины различной толщины для эмуляции измерений жировых складок

базе которых с 2010 года проводится массовый профилактический скрининг населения России. Сравнений отечественных калиперов для измерения жировых складок между собой и с традиционным импортным оборудованием никогда не проводилось.

*Цель исследования* – сравнительная характеристика точности и воспроизводимости результатов измерений кожно-жировых складок при применении различных типов калиперов.

### Материалы и методы

При проведении эксперимента были использованы пять типов калиперов для измерения жировых складок, из них три разновидности устройств металлического (Вереск, GPM, Lange) и две – пластикового типа (КЭЦ-100, FatTrack II), в том числе два типа калиперов отечественного производства (Вереск, КЭЦ-100) (рис. 1). Всего в эксперименте было задействовано 11 единиц калиперов (табл. 1).

Металлический калипер Вереск (ООО «Вереск», Красноярск) массой 0,31 кг имеет двойную механическую шкалу измерений с минимальной ценой деления 0,1 мм. Площадь контактных участков калипера составляет 45 мм<sup>2</sup>, а максимальная измеряемая толщина складки равна 105 мм.

В настоящее время калипер этого типа не производится. На разных этапах эксперимента были доступны три калипера Вереск разной интенсивности и длительности применения (табл. 1). Калипер Вереск имеет регулируемую точку отсчёта. Перед началом измерений показания шкалы выставлялись на нулевую отметку. Динамическая калибровка не производилась.

Металлический калипер GPM (DKSH, Швейцария) массой 0,5 кг имеет измеренную площадь контактных участков порядка 70 мм<sup>2</sup> и механическую шкалу измерений с ценой деления 0,2 мм. Диапазон измерений составляет от 0 до 45 мм. В наличии были три калипера GPM разной длительности и частоты применения, динамическая калибровка не производилась.

Металлический калипер Lange (Beta Technology; Cambridge Scientific Industries, США) массой 0,18 кг имеет механическую шкалу измерений с ценой деления 1 мм. Площадь контактных участков калипера составляет 30 мм<sup>2</sup>, а максимальная измеряемая толщина складки равна 60 мм. Были доступны два калипера Lange разного года выпуска, имеющие значительные сроки и интенсивность использования, динамическая калибровка не производилась.

Пластиковый электронный цифровой калипер КЭЦ-100 (ОАО «ТВЕС», Тамбовская обл.) состоит

Таблица 1. Общая характеристика набора калиперов и схема их использования в эксперименте

№ п/п	Калипер / условное обозначение	Фирма-производитель	В каком учреждении используется	Год начала применения, общее количество измерений	Применение на этапах эксперимента (номер этапа)		
					1	2	3
<i>Металлические калиперы</i>							
1	Вереск / В1	ООО «Вереск», Красноярск	КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого	2010 г., 4000–5000	+	+	+
2	Вереск / В2	ООО «Вереск», Красноярск	КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого	2008 г., 12 000–14 000		+	
3	Вереск / В3	ООО «Вереск», Красноярск	КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого	2005 г., 40 000–45 000		+	
4	GPM / G1	DKSH, Швейцария	НИИ МА МГУ им. М.В. Ломоносова	2004 г., 2500–3000	+	+	+
5	GPM / G2	DKSH, Швейцария	НИИ МА МГУ им. М.В. Ломоносова	2004 г., 18 000–20 000	+	+	
6	GPM / G3	DKSH, Швейцария	НИИ МА МГУ им. М.В. Ломоносова	2004 г., 40 000–45 000	+	+	+
7	Lange / L1	Beta Technology, США	НИИ МА МГУ им. М.В. Ломоносова	2010 г., 3000–4000	+	+	
8	Lange / L2	Cambridge Scientific Industries, США	РГУФКСМиТ	2000 г., 35 000	+	+	+
<i>Пластиковые калиперы</i>							
9	КЭЦ-100 / К1	ООО «ТВЕС», Тамбовская обл.	НМИЦ ДГОИ им. Д. Рогачёва	Ранее не использовался	+	+	+
10	КЭЦ-100 / К2	ООО «ТВЕС», Тамбовская обл.	КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого	Не более 20–30		+	
11	FatTrack II / F	Accu-Measure, США	НМИЦ ДГОИ им. Д. Рогачёва	2016 г., 2000	+	+	+

Примечания. Обозначения этапов эксперимента: 1 – измерения металлического эталона; 2 – измерения «сэндвичей» из силиконовой резины; 3 – измерения кожно-жировых складок.

из собственно калипера массой 0,3 кг и пульта управления массой 0,6 кг (рис. 1). Некоторые разновидности устройства допускают возможность подключения к персональному компьютеру для обмена данными. Измеренная толщина жировой складки отображается на электронном табло с дискретностью измерений 1 мм в диапазоне 2–100 мм. Площадь контактных участков в паспорте устройства не указана. При включении питания происходит автоматическая настройка калипера с обнулением датчика измерений. Авторам были доступны три новых калипера КЭЦ-100. Один из них имел заводской брак (контактные площадки калипера в исходном положении не совмещались) и был исключён из рассмотрения. Два других калипера КЭЦ-100 использовались в эксперименте (см. табл. 1). Согласно описанию, средний срок службы устройства составляет 5 лет.

Пластиковый пружинный калипер FatTrack II (Accu-Measure, США), самый лёгкий и компактный из рассматриваемых типов калиперов (рис. 1),

имеет электронную шкалу индикации результатов с дискретностью измерений 0,1 мм и звуковую индикацию стандартного сжатия складки. Измеренная площадь контактных участков составила 16 мм<sup>2</sup>. В отличие от четырёх других типов калиперов, пружина устройства FatTrack II действует на растяжение, а не на сжатие браншей, поэтому в свободном положении бранши калипера полностью раскрыты (рис. 1). Измеритель сжимает складку собственным усилием, а регистрация результата измерения происходит в момент установления стандартного давления на складку. Устройство допускает возможность автоматической и ручной калибровки, имеется функция оценки состава тела по встроенным формулам с сохранением трёх профилей. Диапазон измерений составляет от 0 до 63 мм. По опыту наших специалистов, максимальный срок годности калипера при условии регулярного использования (с учётом замены батареек) составляет около 1 года, а максимальный ресурс – порядка 8–10 тысяч измерений.

На различных этапах эксперимента в проведении измерений принимали участие пять исследователей: АВА (специалист-антрополог со значительным опытом измерений калипером GPM), АВМ (медсестра, имеющая значительный опыт повседневного применения калипера FatTrack II в клинической практике), ЛВЗ (эксперт в области антропометрии с 30-летним опытом использования разных типов калиперов, в том числе GPM и Lange), ЛВС (эксперт в области антропометрии с 20-летним опытом использования калипера Вереск и других типов калиперов) и ССЛ (опытный лаборант-исследователь, периодически использующий калипер FatTrack II в своей деятельности).

Исследование проводили в августе-декабре 2016 года в три этапа.

На первом этапе оценивали статические свойства калиперов на основе проверки точности и воспроизводимости результатов измерений несжимаемого объекта. Для этого использовали металлический эталон – калибровочный блок GPM из комплекта одноимённого антропометрического оборудования. Указанный блок имеет 4 участка измерений толщиной 10, 20, 30 и 50 мм, соответственно. Цикл измерений эталона, в порядке возрастания толщины участков измерений, проводили последовательно 8 калиперами (табл. 1) и повторяли 10 раз. Измерения эталона проводили в лаборатории ауксологии человека НИИ и Музея антропологии МГУ имени М.В. Ломоносова, в них участвовали два исследователя (АВА и ЛВС). Через каждые два или три цикла измерений они сменяли друг друга. В общей сложности, с учётом недоступности измерения участка блока толщиной 50 мм калиперами GPM, было выполнено 290 замеров металлического эталона.

На втором этапе сопоставляли динамические свойства калиперов путём измерений сжимаемого материала – мягкой силиконовой резины kSil™ GP250 (Silicone Engineering, Великобритания). Данный материал имеет пористую структуру с закрытыми порами. Он является гибким, упругим и легко сжимаемым (твёрдость по Шору 5A), что примерно соответствует свойствам подкожно-жирового слоя [Controzzi et al., 2014]. Исходный материал имел форму широкого листа (пластины) толщиной 10 мм, из которого были изготовлены образцы для измерений размером 10x10 см. Указанные образцы использовали непосредственно или путём наложения друг на друга для формирования «сэндвича» нужной толщины, от 10 до 50 мм (рис. 1). Основной цикл измерений набора из пяти «сэндвичей» разной толщины проводили в лаборатории ауксологии человека НИИ и Музея антропологии МГУ имени М.В. Ломоносова последовательно теми же 8 калиперами, что и при измерениях металлического эталона, и повторя-

ли 20 раз. В ходе измерений калипер держали строго в вертикальной плоскости по отношению к измеряемому образцу, при этом контактные площадки калипера располагали друг под другом посередине между краем и центром образца. В основном цикле измерений второго этапа участвовали два исследователя (АВА и ЛВЗ). Через каждые два или три цикла измерений они сменяли друг друга. Каждый исследователь выполнил в общей сложности по 10 циклов измерений. В дополнение к этому, на базе КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого исследователь ЛВС провёл серию измерений набора «сэндвичей» тремя калиперами Вереск, один из которых (В1) был использован в основной серии измерений, и доступным экземпляром калипера КЭЦ-100 (К2). На базе НМИЦ ДГОИ им. Д. Рогачёва два других исследователя (АВМ и ССЛ) провели измерения «сэндвичей» калипером FatTrack II. В общей сложности, на втором этапе были задействованы пять исследователей, все 11 калиперов, и выполнено 1040 измерений «сэндвичей» из силиконовой резины.

На третьем этапе анализировали динамические свойства калиперов на основе измерений жировых складок. На добровольной основе с письменным подтверждением информированного согласия было проведено выборочное обследование 11 человек в возрасте от 17 до 46 лет. Измерения проводили в лаборатории ауксологии человека НИИ и Музея антропологии МГУ имени М.В. Ломоносова (n=5) и на кафедре анатомии и биологической антропологии РГУФКСМиТ (n=6), где большинство обследованных имели высокие спортивные разряды (табл. 2). Индекс массы тела (ИМТ) рассчитывали приближённо на основе самоопределения длины и массы тела. По стандартной методике [Carter, 2002] с использованием шести калиперов (табл. 1) измеряли толщину четырёх жировых складок, используемых при определении соматотипа по схеме Хит-Картера: под лопаткой, на задней поверхности плеча (над трицепсом), на животе (над гребнем подвздошной кости) и на голени. Измерения в указанной последовательности проводили на правой стороне тела для каждого из шести калиперов и повторяли три раза. Указанный цикл измерений был выполнен независимо друг от друга тремя исследователями (АВА, АВМ и ЛВЗ). Всего на третьем этапе было выполнено 2376 измерений жировых складок<sup>7</sup>.

<sup>7</sup> В ходе эксперимента с использованием упомянутых шести калиперов также были выполнены измерения 8 из 11 добровольцев исследователем ССЛ. Ввиду выбранного метода анализа групповых различий (сопоставляли выборочные средние суммарной толщины складок для всей выборки, см. далее) соответствующие данные были исключены из рассмотрения.

Таблица 2. Общая характеристика группы обследованных (n=11)

№ п/п	Пол	Возраст, лет	Вид спорта, спортивное звание/разряд	Длина тела, см	Масса тела, кг	ИМТ, кг/м <sup>2</sup>	ΣЖС, мм
1	Жен.	22	Скалолазание, сноуборд	175	62	20,2	40,3
2	Жен.	22	Нет	169	84	29,4	92,1
3	Жен.	25	Нет	172	67	22,6	45,9
4	Жен.	25	Нет	164	87	32,3	89,6
5	Муж.	46	Шахматы, кмс	188	93	26,3	56,2
6	Муж.	18	Баскетбол, кмс	202	103	25,2	27,3
7	Муж.	25	Смешанные единоборства, мс	181	70	21,4	24,1
8	Муж.	21	Футбол, плавание	178	76	24,0	33,6
9	Муж.	18	Мотокросс, 2 разряд	179	60	18,7	16,9
10	Муж.	17	Триатлон, кмс	190	80	22,2	19,1
11	Муж.	18	Велосипедный спорт, кмс	177	76	24,3	35,0

Примечания. ИМТ – индекс массы тела, ΣЖС – суммарная толщина жировых складок под лопаткой, на трицепсе, на животе и на голени (измерения выполнены калипером GPM (G1), исследователь ЛВЗ).

Все измерения выполнялись в стандартизованных условиях в закрытом помещении при комнатной температуре. Перед проведением измерений все использованные материалы и измерительное оборудование находились в помещении не менее суток.

Измерения жировых складок проводились с соблюдением правил биоэтики. В соответствии с законом о персональных данных, полученные данные были деперсонифицированы. Статистическую обработку выполняли в пакетах программ Minitab 17.3 и MS Excel 2010.

Проверку нормальности проводили по критерию Колмогорова-Смирнова. Межгрупповые различия оценивали на основе парного t-критерия или двухвыборочного t-критерия. Значимые различия определяли при  $p < 0,05$ . Точность измерений металлического эталона оценивали непосредственно, а «сэндвичей» и жировых складок – используя данные измерений калиперами GPM (Таннера-Уайтхуса) в качестве референтных значений. Методом парных сравнений анализировали два типа внутригрупповой изменчивости толщины «сэндвичей»: для выявления различий между измерителями при измерениях устройствами одного типа (один калипер, разные измерители) и между калиперами одного типа при измерениях одним исследователем (один измеритель, разные калиперы). Сравнение результатов измерений жировых складок проводили для суммарной толщины четырёх складок.

Воспроизводимость результатов измерений металлического эталона и «сэндвичей» из силиконовой резины оценивали путём сравнения выборочных стандартных отклонений и коэффициентов вариации. Воспроизводимость результатов измерений жировых складок оценивали на осно-

ве расчёта индивидуальной технической ошибки измерений (technical error of measurements, TEM) для каждого измерителя, типа калипера и жировой складки по формуле:

$$TEM = \sqrt{\sum_{i=1}^N (\sum_{j=1}^K M_{ij}^2 - (\sum_{j=1}^K M_{ij})^2) / N(K-1)},$$

где  $M_{ij}$  – результат  $j$ -го измерения для  $i$ -го обследованного,  $N$  – количество обследованных,  $K$  – количество повторных измерений [Mueller et al., 1988; Ulijaszek, Kerr, 1999]. По той же формуле для каждого типа калипера определяли межиндивидуальную ошибку измерений  $TEM_m$  (где  $M_{ij}$  – результат измерения  $i$ -го обследованного  $j$ -м измерителем, а  $K$  – количество измерителей). Суммарную техническую ошибку измерений  $\Sigma TEM$  для каждого типа калипера вычисляли по формуле:

$$\Sigma TEM = \sqrt{(\sum_{i=1}^K TEM_i^2 / K) + TEM_m^2},$$

где  $TEM_i$  – техническая ошибка измерений для  $i$ -го измерителя, а  $K$  – количество измерителей. Для определения доли межиндивидуальной вариации данных (выборочной дисперсии), не связанной с ошибками измерений, рассчитывали коэффициент надёжности (coefficient of reliability)  $R$  по формуле:  $R = 1 - (\Sigma TEM^2 / S^2)$ ,

где  $S$  – выборочное стандартное отклонение. Оценки  $TEM$ ,  $TEM_m$ ,  $\Sigma TEM$  и  $R$  для четырёх жировых складок усредняли и сопоставляли с референтными значениями [Ulijaszek, Kerr, 1999].

На основе характеристики точности, воспроизводимости результатов измерений и ряда других факторов, таких как удобство считывания информации, эргономичность дизайна и соотношение цена-качество, получали субъективную сравнительную количественную оценку калиперов по 10-балльной шкале.

## Результаты

### *Измерения металлического эталона*

Все использованные металлические калиперы (Вереск, GPM, Lange) при измерениях металлического эталона обеспечивали хорошо воспроизводимые результаты: выборочное стандартное отклонение (S), как правило, не превышало 0,1–0,2 мм (табл. 3). Пластиковые калиперы характеризовались, в среднем, более низкой воспроизводимостью (стандартное отклонение в пределах 0,3–0,5 мм). Для обоих типов калиперов выборочные стандартные отклонения мало зависели от толщины измеряемого образца, а коэффициент вариации (V) с увеличением толщины образца уменьшался.

Минимальные, но, как правило, значимые (ввиду высокой воспроизводимости результатов измерений) отклонения выборочных средних от должных значений наблюдались для калиперов GPM (в пределах 0,2–0,3 мм) (табл. 3). Один из двух калиперов Lange (L1) значимо занижал, а другой (L2) завышал толщину эталона (отклонения до –0,5 и +1,0 мм соответственно). Максимальные отклонения от должных значений среди металлических калиперов наблюдались для калипера Вереск: в зависимости от толщины измеряемого образца, показания калипера были завышены, в среднем, на 0,6–2,1 мм. Пластиковый калипер КЭЦ-100 давал завышенные результаты для трёх значений толщины образца (значимые различия в пределах 0,4–1,3 мм). В случае калипера FatTrack II значимые различия с эталоном отсутствовали, а при толщине измеряемого образца 20 и 30 мм результаты оказались точны (имели нулевой разброс). Для калиперов GPM и FatTrack II абсолютная погрешность измерений металлического эталона не зависела от толщины измеряемого образца, а для калиперов Вереск, Lange и КЭЦ-100 росла с толщиной образца (табл. 3).

### *Измерения «сэндвичей» из силиконовой резины*

Воспроизводимость результатов измерений «сэндвичей» из силиконовой резины металлическими калиперами была много выше, чем пластиковыми калиперами (табл. 4): средние стандартные отклонения и коэффициенты вариации при измерениях металлическими калиперами были втрое меньше. В случае металлических калиперов с увеличением толщины «сэндвича» средние стандартные отклонения монотонно росли, а в случае пластиковых калиперов изменялись менее регулярно. Средние коэффициенты вариации с увеличением толщины «сэндвича» снижались: для металлических калиперов – с 3,2% до 0,9%, а для пластиковых калиперов – с 10,3% до 3,0%.

Из таблицы 4 видно, что в случае металлических калиперов внутригрупповые различия толщины «сэндвичей» для устройств одного типа были много меньше, чем межгрупповые различия (между типами калиперов). На этом основании результаты измерений калиперами одного типа были объединены. Средние измеренные значения толщины «сэндвичей» калиперами Lange были значимо выше, чем калиперами GPM (на 2,5 мм), а калиперами Вереск – чем калиперами Lange (на 1,5 мм) (рис. 2). В сравнении с калиперами GPM, калиперы Вереск завышали толщину «сэндвичей», в среднем, на 4,1 мм. Один из калиперов Вереск (B3) существенно отличался результатами измерений от двух других (B1 и B2) в сторону увеличения (табл. 4). После исключения данных калипера B3 значимость различий сохранялась (средние различия с калиперами Lange составили 1,1 мм, а с калиперами GPM – 3,6 мм). Различия средних для калиперов Lange и GPM, а также Вереск и GPM, росли в диапазоне значений толщины «сэндвича» от 10 до 30 мм и далее стабилизировались. Различия калиперов Вереск и Lange мало зависели от толщины измеряемого образца.

Пластиковые калиперы КЭЦ-100 значимо завышали толщину «сэндвичей» в сравнении с FatTrack II (в среднем, на 4,0 мм). Выборочные средние для калиперов FatTrack II были близки к таковым для калиперов GPM. Для калиперов КЭЦ-100 и Вереск определялись небольшие, но значимые различия для каждого размера «сэндвичей» (за исключением толщины 10 мм).

Анализ внутригрупповой изменчивости результатов измерений толщины «сэндвичей» для выявления различий между измерителями при измерениях устройствами одного типа (один калипер, разные измерители) выявил следующие особенности:

- на устройствах GPM (всего три калипера и два измерителя) 11 из 12 парных сравнений значимых различий не выявили;
- на устройствах Lange (всего два калипера и два измерителя) были выявлены значимые различия в 4-х из 10 случаев (при толщине «сэндвича» 40 и 50 мм);
- на устройстве Вереск (B1) (один калипер и два измерителя) значимые различия были выявлены в двух случаях из 5: при низкой (10 мм) и высокой (50 мм) толщине «сэндвича»;
- на устройстве КЭЦ-100 (K1) (один калипер и два измерителя) значимые различия были выявлены в двух случаях из 5: при толщине «сэндвича» 10 и 20 мм;
- на устройстве FatTrack II (один калипер и 4 измерителя) в 24 случаях из 30 наблюдались значимые различия, при этом 5 из 6 случаев

**Таблица 3. Измерения металлического эталона: средние арифметические значения (M, мм), стандартные отклонения (S, мм) и коэффициенты вариации (V, %) для серий из 10 измерений**

Калипер	Толщина измеряемого образца, мм											
	10			20			30			50		
	M	S	V	M	S	V	M	S	V	M	S	V
<i>Металлические калиперы</i>												
Вереск (B1)	10,6*	0,1	1,2	20,9*	0,1	0,6	31,2*	0,1	0,3	52,1*	0,1	0,2
GPM (G1)	9,7*	0,1	0,8	19,8*	0,1	0,5	29,8*	0,0	0,1	-	-	-
GPM (G2)	9,9*	0,1	0,8	19,8*	0,2	0,8	29,9*	0,2	0,5	-	-	-
GPM (G3)	10,0	0,1	0,7	20,0	0,1	0,4	30,2*	0,1	0,2	-	-	-
Lange (L1)	9,9*	0,1	0,7	19,8*	0,2	0,5	29,5*	0,1	0,2	49,6*	0,1	0,3
Lange (L2)	10,2*	0,2	2,2	20,4*	0,3	1,3	30,7*	0,2	0,7	51,0*	0,0	0,0
Среднее		<b>0,1</b>	<b>1,1</b>		<b>0,2</b>	<b>0,7</b>		<b>0,1</b>	<b>0,3</b>		<b>0,1</b>	<b>0,2</b>
<i>Пластиковые калиперы</i>												
КЭЦ-100 (K1)	10,9*	0,3	2,9	20,3	0,5	2,4	30,4*	0,5	1,7	51,3*	0,5	0,9
FatTrack II (F)	10,2	0,4	4,1	20,0	0,0	0,0	30,0	0,0	0,0	50,3	0,5	1,0
Среднее		<b>0,4</b>	<b>3,5</b>		<b>0,3</b>	<b>1,2</b>		<b>0,3</b>	<b>0,9</b>		<b>0,5</b>	<b>1,0</b>

Примечания. \* – Значимые различия по сравнению с должным значением (на основе 95% доверительных интервалов). Полуужирным шрифтом выделены средние значения стандартных отклонений и коэффициентов вариации для металлических и пластиковых калиперов, соответственно.

отсутствия значимых различий имели место для одной пары специалистов (АВА и ЛВЗ).

В целом, для металлических калиперов большинство парных сравнений (20 из 27) не выявили значимых различий между измерителями. Напротив, для пластиковых калиперов в большинстве случаев (26 из 35 парных сравнений) были установлены значимые различия между измерителями.

Анализ внутригрупповой изменчивости результатов измерений толщины «сэндвичей» для выявления различий между калиперами одного типа при измерениях одним исследователем (один измеритель, разные калиперы) выявил следующие особенности:

- в случае калиперов GPM (всего два измерителя и три калипера) два из них (G1 и G2) в 7 случаях из 8 дали близкие результаты (различия не значимы), а для третьего (G3) выборочные средние были значимо ниже, чем для G1 и G2;
- калиперы Lange (L1 и L2) (всего два измерителя и два калипера) дали близкие результаты в 4-х случаях из 10 (при небольшой толщине «сэндвича»), а в остальных случаях были установлены значимые различия;
- в случае калиперов Вереск (один измеритель и три калипера) два из них (B1 и B2) дали близкие результаты (различия не значимы), а для третьего (B3) выборочные средние были значимо выше по сравнению с B1 и B2;
- выявлена сходная структура значимости парных различий выборочных средних для двух измерителей (13 из 17 совпадений).

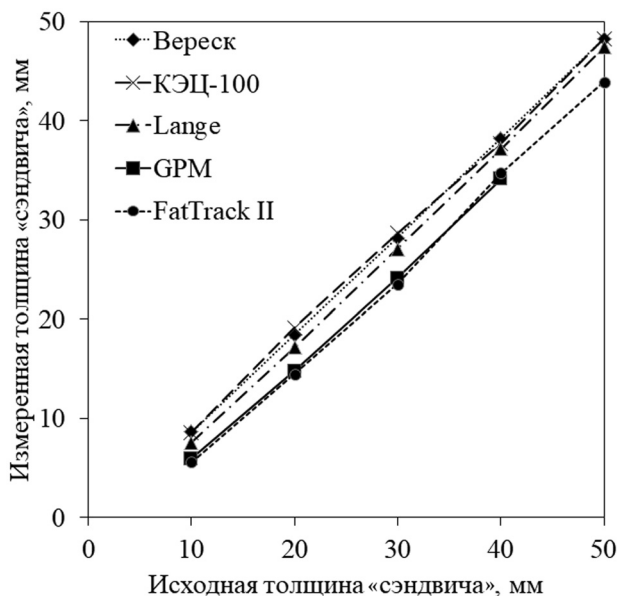


Рис. 2. Средняя измеренная толщина «сэндвичей» в зависимости от их исходной толщины для различных типов калиперов (в порядке убывания результата): Вереск (◆), КЭЦ-100 (×), Lange (▲), GPM (■), FatTrack II (●)

Таблица 4. Измерения «сэндвичей» из силиконовой резины: средние арифметические значения (М, мм), стандартные отклонения (S, мм) и коэффициенты вариации (V, %) для серий из 10 измерений

Калипер	Измеритель	Исходная толщина (до сжатия), мм														
		10			20			30			40			50		
		Измеренная толщина (после сжатия), мм														
		M	S	V	M	S	V	M	S	V	M	S	V	M	S	V
<i>Металлические калиперы</i>																
B1	АВА	8,4	0,2	2,2	18,4	0,2	1,2	28,0	0,3	0,9	37,9	0,3	0,7	48,4	0,5	1,0
B1	ЛВЗ	8,5	0,2	2,6	18,4	0,3	1,4	27,9	0,4	1,3	37,8	0,4	1,1	48,0	0,4	0,8
B1	ЛВС	8,7	0,2	2,0	18,5	0,3	1,4	28,5	0,2	0,8	38,5	0,3	0,7	48,5	0,5	0,9
B2	ЛВС	8,9	0,2	2,3	18,5	0,2	1,1	28,3	0,7	2,6	38,8	0,5	1,2	48,3	0,4	0,8
B3	ЛВС	10,7	0,6	5,6	20,5	0,5	2,6	30,3	0,5	1,5	40,3	0,6	1,5	50,1	0,5	1,1
G1	АВА	6,1	0,1	2,4	15,0	0,3	1,3	24,4	0,3	0,2	34,3	0,2	0,6	-	-	-
G1	ЛВЗ	6,1	0,1	1,6	14,9	0,2	1,1	24,3	0,3	1,4	34,3	0,3	1,0	-	-	-
G2	АВА	6,2	0,1	2,3	14,9	0,2	1,4	24,4	0,3	1,3	34,6	0,4	1,0	-	-	-
G2	ЛВЗ	6,1	0,1	2,2	15,0	0,3	1,7	24,2	0,2	0,9	34,3	0,3	0,9	-	-	-
G3	АВА	5,6	0,2	3,8	14,5	0,2	1,2	23,8	0,4	1,5	33,7	0,4	1,1	-	-	-
G3	ЛВЗ	5,4	0,1	2,5	14,4	0,2	1,1	23,6	0,3	1,0	33,6	0,5	1,4	-	-	-
L1	АВА	7,4	0,5	7,0	17,1	0,2	0,9	27,0	0,0	0,0	37,1	0,3	0,8	47,3	0,4	0,9
L1	ЛВЗ	7,5	0,3	4,4	17,1	0,3	1,8	26,9	0,2	0,8	36,6	0,4	1,0	46,9	0,3	0,7
L2	АВА	7,6	0,3	3,8	17,3	0,4	2,0	27,3	0,3	1,0	37,7	0,4	1,1	48,1	0,3	0,7
L2	ЛВЗ	7,8	0,3	3,4	17,2	0,2	1,4	27,1	0,3	1,2	37,2	0,3	0,7	47,5	0,4	0,9
Среднее			<b>0,2</b>	<b>3,2</b>		<b>0,3</b>	<b>1,4</b>		<b>0,3</b>	<b>1,1</b>		<b>0,4</b>	<b>1,0</b>		<b>0,4</b>	<b>0,9</b>
<i>Пластиковые калиперы</i>																
K1	АВА	8,0	1,2	14,4	19,1	1,9	10,0	29,2	1,6	5,3	38,4	1,8	2,2	49,3	1,4	2,9
K1	ЛВЗ	9,8	0,6	6,5	21,0	0,0	0,0	29,8	0,6	2,1	38,8	1,0	2,7	49,6	0,8	1,7
K2	ЛВС	7,9	0,9	11,1	17,3	1,1	6,1	26,9	0,7	2,7	36,0	0,7	1,9	45,9	1,1	2,4
F	АВА	7,3	0,9	12,7	16,6	1,6	9,5	26,2	1,5	5,6	36,0	2,1	5,8	46,4	1,7	3,7
F	АВМ	4,2	0,5	11,2	11,6	0,5	4,6	19,7	0,9	4,4	29,9	1,0	3,3	40,4	1,0	2,4
F	ЛВЗ	6,9	0,9	12,8	15,7	1,2	7,8	25,3	0,8	3,2	35,2	1,4	3,8	46,3	0,9	2,0
F	ССЛ	3,9	0,1	3,7	13,9	2,8	20,1	22,8	0,9	3,8	37,9	0,8	2,1	42,5	2,4	5,7
Среднее			<b>0,7</b>	<b>10,3</b>		<b>1,3</b>	<b>8,3</b>		<b>1,0</b>	<b>3,9</b>		<b>1,3</b>	<b>3,1</b>		<b>1,3</b>	<b>3,0</b>

Примечания. Условные обозначения калиперов см. в табл. 1. Полужирным шрифтом выделены средние значения стандартных отклонений и коэффициентов вариации для металлических и пластиковых калиперов, соответственно.

В целом, значимые различия между металлическими калиперами одного типа при измерениях одним исследователем были выявлены для большинства (34 из 49) парных сравнений. Как правило, абсолютные различия были невелики на фоне высокой воспроизводимости результатов (табл. 4). Измерений несколькими пластиковыми калиперами одного типа одним измерителем в настоящем исследовании не проводилось.

#### *Измерения жировых складок*

В таблице 5 представлены данные о суммарной толщине четырёх жировых складок – под лопаткой, на трицепсе, над гребнем подвздошной кости и на голени – для 11 обследованных при измерениях, выполненных разными специалистами

с использованием нескольких типов калиперов. (При суммировании для каждой складки было взято среднее арифметическое из трёх измерений.) Для каждого калипера были выявлены значимые внутригрупповые различия между измерителями (табл. 5). Размах значений внутригрупповых различий выборочных средних для металлических калиперов (3,9–6,3 мм) был значительно меньше, чем для пластиковых калиперов (7,9 и 11,5 мм).

При объединении данных в соответствии с типом калиперов парные сравнения не выявили значимых различий выборочных средних суммарной толщины складок для калиперов GPM (G1, G3) и FatTrack II (табл. 5). Выборочные средние для других типов калиперов (Lange, Вереск, КЭЦ-100) значимо отличались как между собой, так и от средних для калиперов GPM и FatTrack II. Мак-

симальные различия с калиперами GPM наблюдались для калипера Вереск (11,6–11,9 мм). Далее, в порядке убывания различий, следовали калиперы Lange (8,4–8,7 мм) и КЭЦ-100 (5,2–5,5 мм). Описанная структура значимости различий между калиперами сохранялась и для каждого измерителя в отдельности за исключением четырёх парных сравнений: калиперов GPM (G1, G3) и FatTrack II с калипером КЭЦ-100 для исследователя ЛВЗ, а также калипера FatTrack II с калипером КЭЦ-100 для исследователя АВА.

Сравнительная оценка воспроизводимости результатов измерений жировых складок для различных типов калиперов и измерителей в терминах технических ошибок измерений и коэффициента надёжности представлена в таблице 6. Индивидуальная техническая ошибка  $TEM_i$  варьировала от специалиста к специалисту. Меньшие средние значения индивидуальной ошибки наблюдались для металлических калиперов, в особенности для калиперов GPM (от 0,69 до 1,05 мм). Кроме того, данные калиперов GPM для различных жировых складок, как правило, характеризовались меньшим разбросом индивидуальной технической ошибки для различных измерителей. Большие средние значения индивидуальной ошибки наблюдались для пластиковых калиперов, в особенности для калипера КЭЦ-100 (от 1,54 до 2,67 мм). Тем не менее, данные специалиста АВМ для пластикового калипера FatTrack II отличались минимальной индивидуальной ошибкой (от 0,53 до 0,83 мм). Наименьшими средними значениями межиндивидуальной ошибки  $TEM_m$  (1,40 и 1,42 мм) и суммарной ошибки  $\Sigma TEM$  (1,62 и 1,73 мм) характеризовались калиперы GPM (G1, G3), а наибольшими значениями (2,71 и 3,54 мм) – калипер КЭЦ-100. Пластиковый калипер FatTrack II по величине суммарной технической ошибки был близок к металлическим калиперам Lange и Вереск (табл. 6). Металлические калиперы в сравнении с пластиковыми калиперами отличались повышенными средними коэффициентами надёжности  $R$  (0,90–0,94, максимум соответствовал калиперу GPM). Для рассмотренных жировых складок коэффициенты надёжности измерений металлическими калиперами были, как правило, выше, чем пластиковыми калиперами. Наименьшее среднее значение коэффициента надёжности (0,80) соответствовало калиперу КЭЦ-100.

### Обсуждение результатов

Наряду с профессиональным оборудованием для измерения жировых складок, традиционно

используемым при получении референтных антропометрических данных (калиперы Harpenden, Holtain и Lange, см. выше), выпускаются другие типы калиперов. Различия конструкции и технических характеристик калиперов и наблюдаемые межгрупповые различия результатов измерений обусловили значимость проблемы сопоставимости данных, получаемых калиперами разных типов [Schmidt, Carter, 1990; Gore et al., 1995]. В работе приведены результаты сравнения пяти типов калиперов (Вереск, КЭЦ-100, FatTrack II, GPM и Lange), два из которых произведены в России.

Как уже отмечалось выше, для выявления различий между калиперами исследование проводили в три этапа. Сначала анализировали статические свойства калиперов, не зависящие от качества динамической калибровки, а именно, их способность точно определять известные линейные размеры (на примере металлического эталона). Затем сопоставляли компрессионные (динамические) свойства калиперов путём измерений «сэндвичей» из мягкой силиконовой резины kSil™ GP250 (Silicone Engineering, Великобритания), имитирующей свойства подкожно-жирового слоя. (Материал «сэндвичей» был однороден и обладал изотропией, поэтому влияние различий техники измерений было сведено к минимуму.) И, наконец, сравнение калиперов проводилось на основе измерения жировых складок с учётом различий между измерителями.

В отличие от образцов губчатой резины, использованных для проверки качества динамической калибровки калиперов в других работах [Schmidt, Carter, 1990; Gore et al., 1995], пластины из силиконовой резины kSil™ GP250 имели одинаковую толщину по всей площади поверхности. Они полностью восстанавливали форму при многократных повторных измерениях в одном и том же участке и, таким образом, отсутствовал эффект истончения, наблюдаемый при измерениях жировых складок [Keys, Brozek, 1953]. Аналогичный материал применялся для имитации подкожно-жирового слоя при разработке конструкции руки антропоморфного робота [Controzzi et al., 2014]. По мнению авторов указанной работы, а также наших экспертов (ЛВЗ, ЛВС), сжимаемость данного материала (твёрдость по Шору 5А) была несколько меньше, чем типичной кожно-жировой складки. Более близкого по свойствам готового материала для проведения эксперимента нам найти не удалось. В связи с этим, а также ввиду слоистой структуры «сэндвичей», при большом размере «сэндвичей» их измеренная толщина мало отличалась от исходной толщины. Однако в целом, как показали результаты исследования, для выявления различий компрессионных свойств калиперов данный материал оказался вполне пригоден (табл. 4 и рис. 2).

Таблица 5. Измерения жировых складок: суммарная толщина складок под лопаткой, на трицепсе, над подвздошным гребнем и на голени (мм) для 11 обследованных в зависимости от типа калипера и измерителя

№ п/п	Калипер																	
	Вереск (В1)			GPM (G1)			GPM (G3)			Lange (L2)			КЭЦ-100 (К1)			FatTrack II (F)		
	АВА	АВМ	ЛВЗ	АВА	АВМ	ЛВЗ	АВА	АВМ	ЛВЗ	АВА	АВМ	ЛВЗ	АВА	АВМ	ЛВЗ	АВА	АВМ	ЛВЗ
1	52,6	51,8	55,2	41,7	43,6	40,3	40,4	43,2	39,3	51,2	51,7	46,3	59,7	61,3	40,3	43,6	41,0	34,9
2	118,4	106,6	111,2	101,7	91,4	92,1	105,5	94,0	89,2	125,7	105,7	107,0	122,7	116,0	102,7	103,1	84,0	86,5
3	67,8	66,7	74,0	56,1	54,8	56,2	58,7	56,8	53,1	66,7	67,7	65,2	66,3	64,3	56,0	60,2	51,3	56,9
4	114,9	107,7	109,3	99,2	91,6	89,6	98,5	97,4	90,2	112,8	109,7	99,2	101,7	106,3	81,0	100,2	83,8	90,6
5	61,6	64,1	63,6	52,9	52,5	45,9	52,7	53,6	46,9	64,7	62,7	55,2	55,0	68,0	41,7	51,8	49,0	41,3
6	38,6	45,0	44,5	33,1	35,8	27,3	31,7	36,4	27,9	40,3	39,3	34,3	30,0	42,7	17,0	36,9	32,4	30,1
7	35,2	31,7	38,5	24,9	24,8	24,1	26,3	23,0	24,6	33,7	27,6	30,2	24,0	29,7	19,0	29,2	21,1	22,1
8	50,3	49,8	52,7	40,4	41,5	33,6	40,6	41,8	34,8	49,8	50,7	43,3	44,7	51,7	50,0	45,2	38,4	35,9
9	22,3	22,2	23,0	17,6	18,5	16,9	17,6	18,3	17,4	20,5	18,3	20,5	18,3	18,0	19,3	18,0	17,1	17,0
10	28,4	28,6	31,3	21,9	23,6	19,1	21,0	22,8	20,5	25,3	26,0	24,2	20,3	23,0	21,0	25,6	19,9	19,9
11	49,1	43,8	57,8	38,2	39,0	35,0	36,5	39,6	34,3	49,5	43,0	45,0	41,7	42,7	48,7	46,2	34,6	39,8
Среднее (SEM)	58,1 (9,6)	56,2* (8,6)	60,1 (8,7)	48,0* (8,6)	47,0* (7,5)	43,6 (7,8)	48,1* (8,9)	47,9* (8,0)	43,5 (7,6)	58,2* (10,1)	54,8 (9,1)	51,9 (8,6)	53,1* (10,1)	56,7* (9,5)	45,2 (8,3)	50,9** (8,4)	43,0 (7,0)	43,2 (7,6)
Общее среднее	<b>58,1***</b>			<b>46,2</b>			<b>46,5</b>			<b>54,9***</b>			<b>51,7***</b>			<b>45,7</b>		

Примечания. SEM – стандартная ошибка среднего. \* – Значимые внутригрупповые различия (при измерениях тем же калипером) в сравнении с измерителем ЛВЗ,  $p < 0,05$ . \*\* – Значимые внутригрупповые различия в сравнении с измерителями АВМ и ЛВЗ,  $p < 0,05$ . \*\*\* – Значимые межгрупповые различия калиперов Вереск, КЭЦ-100 и Lange между собой и с калиперами GPM и FatTrack II,  $p < 0,05$ . Полушириным шрифтом выделены средние значения по всем измерителям для рассматриваемого типа калипера.

**Таблица 6. Технические ошибки измерений (мм) и коэффициенты надёжности в зависимости от типа калипера и измерителя для четырёх жировых складок**

Параметр	Калипер																	
	Вереск (B1)			GPM (G1)			GPM (G3)			Lange (L2)			КЭЦ-100 (K1)			FatTrack II (F)		
	АВА	АВМ	ЛВЗ	АВА	АВМ	ЛВЗ	АВА	АВМ	ЛВЗ	АВА	АВМ	ЛВЗ	АВА	АВМ	ЛВЗ	АВА	АВМ	ЛВЗ
<i>Жировая складка под лопаткой</i>																		
TEM <sub>i</sub>	1,13	1,66	0,92	0,79	0,76	0,72	0,96	0,57	0,70	1,21	1,08	1,24	1,17	1,18	3,40	1,73	0,53	1,24
TEM <sub>м</sub>	1,46			1,16			0,84			1,10			1,29			1,61		
ΣTEM	1,93			1,38			1,13			1,61			2,54			2,05		
R	0,92			0,95			0,96			0,94			0,86			0,89		
<i>Жировая складка над трицепсом</i>																		
TEM <sub>i</sub>	0,93	1,90	0,87	0,53	0,68	0,42	1,01	0,67	0,88	1,95	1,06	1,11	1,72	1,60	1,36	1,58	0,83	1,65
TEM <sub>м</sub>	1,38			1,99			1,99			2,61			3,72			1,74		
ΣTEM	1,91			2,07			2,17			2,98			4,03			2,24		
R	0,95			0,93			0,93			0,88			0,80			0,90		
<i>Жировая складка над гребнем подвздошной кости</i>																		
TEM <sub>i</sub>	0,93	1,72	1,88	0,74	0,93	0,68	0,99	1,21	1,28	1,22	1,42	1,64	2,04	1,60	3,53	1,88	0,63	1,75
TEM <sub>м</sub>	2,07			1,24			1,43			2,61			2,78			2,34		
ΣTEM	2,60			1,47			1,85			2,98			3,76			2,79		
R	0,88			0,95			0,92			0,86			0,78			0,81		
<i>Жировая складка на голени</i>																		
TEM <sub>i</sub>	0,99	1,85	1,54	1,32	0,53	0,95	1,24	1,10	0,96	1,26	1,77	1,48	2,63	1,78	2,39	2,11	0,82	1,48
TEM <sub>м</sub>	1,86			1,19			1,40			1,86			3,06			1,73		
ΣTEM	2,39			1,54			1,78			2,40			3,83			2,33		
R	0,89			0,94			0,94			0,91			0,77			0,86		
<i>Средние значения (по четырём жировым складкам)</i>																		
TEM <sub>i</sub>	1,00	1,78	1,30	0,85	0,73	0,69	1,05	0,89	0,96	1,41	1,33	1,37	1,89	1,54	2,67	1,83	0,70	1,53
TEM <sub>м</sub>	1,69			1,40			1,42			2,05			2,71			1,86		
ΣTEM	2,21			1,62			1,73			2,49			3,54			2,35		
R	0,91			0,94			0,94			0,90			0,80			0,87		

Примечания. TEM<sub>i</sub> – индивидуальная техническая ошибка; TEM<sub>м</sub> – межиндивидуальная техническая ошибка; ΣTEM – суммарная техническая ошибка; R – коэффициент надёжности.

Металлические калиперы Вереск, GPM и Lange характеризовались более высокой, а пластиковые калиперы КЭЦ-100 и FatTrack II сниженной воспроизводимостью результатов измерений. При повторных измерениях эталона и «сэндвичей» из силиконовой резины металлическими калиперами стандартные отклонения и коэффициенты вариации оказались, в среднем, втрое меньше, чем при измерениях пластиковыми калиперами (табл. 3, 4). Это согласуется с данными о 3-кратных различиях коэффициентов вариации давления, оказываемого на складку, при измерениях металлическими и пластиковыми калиперами [Léger et al., 1982]. Стандартными характеристиками воспроизводимости данных антропометрии являются технические ошибки измерений и коэф-

фициент надёжности. При измерениях жировых складок наименьшей суммарной технической ошибкой (и наибольшим коэффициентом надёжности) отличался калипер GPM, а наибольшей ошибкой (и наименьшим коэффициентом надёжности) – калипер КЭЦ-100 (табл. 6).

Средние (по совокупности четырёх жировых складок) значения индивидуальной технической ошибки для калипера GPM (от 0,69 до 1,05 мм, см. табл. 6) соответствовали данным других работ: в среднем, порядка 0,84–1,26 мм, в зависимости от локализации складки [Uljaszek, Kerr, 1999]. Для пластиковых калиперов (в особенности для КЭЦ-100) средние значения индивидуальной ошибки, как правило, превышали типичные значения. Тем не менее, данные исследователя

АВМ для пластикового калипера FatTrack II характеризовались приемлемым значением индивидуальной ошибки (0,70 мм), что, по нашему мнению, отражает индивидуальный опыт повседневного использования этого устройства и, одновременно, возможности хорошо обученного измерителя. Суммарные технические ошибки для калипера GPM (1,62 мм и 1,73 мм) были близки к среднему значению по литературным данным, равному 1,52 мм [Ulijaszek, Kerr, 1999], а для других типов калиперов были много выше (для калипера КЭЦ-100 – более чем в два раза). Средние значения коэффициента надёжности  $R$  для металлических калиперов (0,90–0,94) соответствовали, а для пластиковых калиперов были ниже (0,87 для FatTrack II и 0,80 для КЭЦ-100) типичных значений: от 0,88 до 0,94 в зависимости от локализации складки [Ulijaszek, Kerr, 1999]. Из указанной работы также следует, что минимальный («экспертный») уровень индивидуальной технической ошибки при измерениях жировых складок составлял 0,1–0,4 мм и, таким образом, не достигался в нашем исследовании (табл. 6). Это связано с особенностями организации нашего эксперимента, ориентированного не только на сравнение воспроизводимости, но и точности измерений: трехкратное измерение жировой складки калипером производилось не подряд, а в ряду измерений пятью другими калиперами (см. раздел «Материалы и методы»). Вследствие этого значения индивидуальной ошибки могли быть увеличены из-за эффекта истончения складок. Кроме того, при проведении измерений жировых складок участки измерений не отмечались маркером, как это нередко практикуется для снижения погрешности измерений [Human biology, 1969; NHANES, 2007; Marfell-Jones et al., 2012]. Предполагалось, что небольшая естественная вариация выбора участка измерений позволит уменьшить эффект истончения складок<sup>8</sup>, так как за относительно короткий период времени измерений для первых трёх обследованных было выполнено по 54, а для остальных восьми – по 72 измерения каждой из четырёх жировых складок. В то же время, выбранная последовательность измерений давала возможность исследователю забывать результат предыдущего измерения складки тем же калипером. (Для имитации «слепого» метода запись результатов измерений велась ассистентом.) На наш взгляд, это приводило к более объективной оценке погрешности измерений.

<sup>8</sup> По нашим расчётам, в ходе измерений толщина кожно-жировых складок к моменту окончания эксперимента уменьшалась, в среднем, на 0,5–0,7 мм в зависимости от складки (данные не показаны).

Минимальной абсолютной ошибкой измерений металлического эталона характеризовались калиперы GPM и FatTrack II, а остальные калиперы (Вереск, КЭЦ-100 и, в меньшей степени, Lange) имели дефекты статической калибровки: погрешность измерений росла с увеличением размера измеряемого участка эталона. Для калипера Вереск (B1) относительная ошибка измерений эталона составила 4–6%, а абсолютная ошибка достигала 2,1 мм (при толщине измеряемого участка 50 мм).

Результаты измерений «сэндвичей» и жировых складок калипером FatTrack II были сопоставимы с калипером GPM (значимые различия отсутствовали), а остальные калиперы давали завышенные результаты. Максимальные различия с калипером GPM при измерениях «сэндвичей» из силиконовой резины наблюдались для калиперов Вереск и КЭЦ-100, а при измерениях жировых складок – для калиперов Вереск и Lange (в среднем, на 25% и 18%). Указанные различия многократно превышали размер дефекта статической калибровки, что свидетельствует о недостатке динамической калибровки калиперов.

Близость результатов, получаемых калиперами GPM и FatTrack II, согласуется с результатами исследования [Руднев с соавт., 2017], где показана условная применимость недавно предложенных регрессионных формул на основе биоимпедансометрии для оценки соматотипа по схеме Хит-Картера<sup>9</sup> в группе детей и подростков с онкологическими заболеваниями в состоянии ремиссии. При построении указанных формул использовались данные измерений калипером GPM [Anisimova et al., 2016], что соответствовало рекомендациям Л. Картера и Б. Хит [Carter, Heath, 1990; Carter, 2002], а у детей и подростков с онкологическими заболеваниями для расчёта соматотипа использовались данные измерений калипером FatTrack II. И, следовательно, было выполнено необходимое условие применимости формул – сравнимость калиперов [Norton et al., 2004].

Несмотря на отсутствие значимых различий выборочных средних для калиперов GPM и FatTrack II, более низкая воспроизводимость результатов измерений калипером FatTrack II и, в частности, меньший коэффициент надёжности измерений (табл. 4 и 6), могут означать потенциальные трудности интерпретации небольших изменений жиросложения и состава тела при осуществлении мониторинга.

<sup>9</sup> Указанные формулы были построены по данным для 2364 этнически русских детей и подростков школьного возраста из Москвы, Архангельска и Архангельской области [Anisimova et al., 2016], а затем несколько видоизменены и уточнены на расширенной выборке [Колесников с соавт., 2016].

Калипер Вереск значительно завышал толщину складок в сравнении с GPM. Таким образом, подтвердилось предположение, высказанное в работе Л.В. Синдеевой и С.Г. Руднева [Синдеева, Руднев, 2017] о причине выявленного несоответствия биоимпедансных оценок соматотипа по формулам А.В. Анисимовой и соавторов [Anisimova et al., 2016] расчётным антропометрическим значениям в подгруппе 16–17-летних этнически русских подростков и лиц юношеского возраста – жителей Восточной Сибири. При соматотипировании по схеме Хит-Картера в указанной выборке использовались данные измерений калипером Вереск. И, следовательно, не выполнялось необходимое условие применимости формул – сравнимость калиперов (см. выше).

Ввиду использования калиперов GPM (Таннера-Уайтхауса) и Вереск в российских антропологических исследованиях (первый чаще применяется на территории Европейской части России, а второй – в ряде регионов Восточной и Западной Сибири), на основе сравнения средних значений четырёх жировых складок, измеренных калиперами Вереск (B1) и GPM (G1) тремя исследователями у 11 добровольцев нами получены следующие формулы пересчёта между калиперами:

Для мужчин:  $y = 0,73x + 0,34$  ( $R^2=0,83$ ;  $SEE=1,48$  мм);

Для женщин:  $y = 0,86x - 0,60$  ( $R^2=0,94$ ;  $SEE=1,68$  мм),

где  $x$  – результат измерений жировой складки калипером Вереск (мм),  $y$  – соответствующий прогноз для калипера GPM (мм),  $R^2$  – коэффициент детерминации, а  $SEE$  – стандартная ошибка регрессии. Коэффициент детерминации для подгруппы мужчин, где преобладали квалифицированные представители различных видов спорта, был несколько ниже, чем для женщин. Из-за ограниченного размера выборки формулы построены для «обобщённой складки» (независимо от её локализации). Необходимо иметь в виду, что формулы пересчёта получены по данным измерений калипером Вереск (B1), бывшим в употреблении и часто использовании качество динамической калибровки калипера Вереск может снижаться (табл. 1 и 4). Поэтому, а также ввиду малого размера выборки, полученные формулы следует применять с осторожностью. Более подробное сравнение не входило в задачи данного исследования.

Построенные формулы пересчёта в применении к вышеуказанной работе [Синдеева, Руднев, 2017] дают поправку в оценку соматотипа по схеме Хит-Картера в подгруппе 16–17-летних подростков и лиц юношеского возраста в виде снижения балла эндоморфии, в среднем, на 0,85 у юношей и на 0,64 у девушек. Для сравнения, биоимпедан-

сные оценки балла эндоморфии у юношей 17 лет были, в среднем, на 0,42, а у девушек 16-17 лет – на 1,30 ниже антропометрических оценок с использованием калипера Вереск [Синдеева, Руднев, 2017]. Ввиду того, что исходные данные были получены калипером B3 (Л.В. Синдеева, частное сообщение), еще больше завышающим толщину складок в сравнении с B1 (см. табл. 4 и обсуждение выше), можно предположить, что наблюдаемое несоответствие расчётных формул антропометрии и биоимпедансометрии объясняется не биологическими различиями популяций, а особенностями измерительного оборудования.

Массовый сбор данных калиперометрии в России осуществляется на базе центров здоровья с использованием пластиковых калиперов КЭЦ-100. Из рассмотренных типов калиперов данное устройство отличалось самой низкой воспроизводимостью результатов: коэффициент надёжности измерений составил 0,80 при рекомендуемом уровне 0,95 [Ulijaszek, Kerr, 1999]. Из трёх доступных новых калиперов КЭЦ-100 один имел заводской брак – контактные площадки в исходном положении браншей калипера не попадали друг на друга (!), а два других (K1 и K2) показали существенно разные результаты при измерениях «сэндвичей» из силиконовой резины (табл. 4). Калипер КЭЦ-100 (K1) сильно завышал толщину «сэндвичей» и жировых складок в сравнении с GPM. При этом, по словам измерителей, нередко приходилось «поджимать» бранши калипера КЭЦ-100 для удержания складки, прикладывая дополнительное усилие. Вероятно, поэтому ранговые места калиперов КЭЦ-100 и Lange при измерениях «сэндвичей» и жировых складок, взятые в порядке сравнения средних, поменялись между собой (рис. 2 и табл. 5).

Таким образом, давление контактных площадок калипера КЭЦ-100 (K1) на складку было недостаточным. Сами площадки были плохо определены, недостаточно плоские и имели малый размер, на верхней бранше калипера контактная площадка состояла из двух составных частей, посередине площадки проходил выступающий шов, либо части стыковались неровно. Информация о давлении на складку, свойствах контактных площадок и возможности дополнительной динамической калибровки калипера в паспорте устройства отсутствовала, что указывало на недостаточное знакомство разработчиков с основными требованиями стандартизации измерений. В связи с изложенным, выбор в пользу калипера КЭЦ-100 при оснащении центров здоровья следует считать необоснованным.

Результаты исследования суммированы в таблице 7, где представлена обобщённая итоговая характеристика и субъективная количественная

**Таблица 7. Итоговая характеристика рассмотренных типов калиперов и их субъективная количественная оценка (по 10-балльной шкале)**

Калипер	Характеристика	Субъективная оценка, баллы
<i>Металлические</i>		
Вереск	Сравнительно высокая воспроизводимость результатов измерений. Низкое качество статической и динамической калибровки. Низкая точность измерений, завывает толщину складок в сравнении с референтными значениями.	5,8
GPM	Высокая воспроизводимость результатов измерений. Точность сопоставима с эталонной. Наименьшая суммарная техническая ошибка измерений, наибольший коэффициент надёжности.	8,9
Lange	Сравнительно высокая воспроизводимость результатов измерений. Недостатки статической калибровки. Завывает толщину складок в сравнении с референтными значениями.	7,0
<i>Пластиковые</i>		
КЭЦ-100	Низкая воспроизводимость, низкая точность измерений, конструктивные недостатки. Наибольшая суммарная техническая ошибка измерений, наименьший коэффициент надёжности.	2,1
FatTrack II	Сниженная воспроизводимость результатов измерений. Точность измерений сопоставима с калипером GPM.	6,2

оценка калиперов по 10-балльной шкале (по принципу «больше – лучше»), а в таблице 8 приведена структура указанной оценки.

Помимо описанных в разделе «Введение» основных требований стандартизации измерительного оборудования, влияющих на точность и воспроизводимость результатов измерений и необходимых для получения сопоставимых результатов [Edwards et al., 1955; Human biology, 1969], немаловажное значение придаётся дополнительным условиям, таким как удобство считывания информации и эргономичность дизайна [Camegon, 1978]. Эти и другие факторы (например, соотношение цена-качество) были учтены при построении субъективной количественной оценки калиперов. Определяющими факторами мы считали точность и воспроизводимость результатов измерений – критически важные свойства при проведении популяционных выборочных исследований.

Полученные нами результаты подтвердили предпочтительность выбора традиционно рекомендуемого оборудования: лучшими характеристиками обладал калипер GPM (Таннера-Уайтхауса), практически идентичный калиперу Holtain, служащему эталоном для измерения жировых складок. Калипер Lange давал завышенные результаты в сравнении с GPM, что согласуется с наблюдаемыми различиями калиперов Lange и Holtain [Zillikens, Conway, 1990; Gibson, 2005]. Калиперы GPM (G1, G2 и G3) показали близкие результаты независимо от сроков и интенсивности

эксплуатации, а все остальные калиперы давали либо сопоставимые с GPM (FatTrack II), либо завышенные результаты (Вереск, КЭЦ-100, Lange). При длительном использовании пружина калипера может только ослабнуть (а результаты – сдвинуться вверх). Поэтому при оценке точности инструментов данные измерений калиперами GPM считались референтными, несмотря на отсутствие возможности абсолютной динамической калибровки.

Из рассмотренных двух типов отечественных калиперов лучшими характеристиками обладал металлический калипер Вереск. На снижение его субъективной экспертной оценки, несмотря на сравнительно высокую воспроизводимость результатов измерений, повлияли низкое качество калибровки и отсутствие адекватной технической поддержки. При считывании информации пользоваться двойной шкалой измерений, на наш взгляд, было менее удобно. Преимуществом калипера Вереск перед другими типами калиперов является возможность измерения складок большого и сверхбольшого размеров (до 105 мм).

Качество статической калибровки калипера легко проверить с использованием металлического эталона. В случае расхождений измеренных и измеряемых значений толщины эталона в зависимости от задач исследования возможны следующие решения (см., например, [NutriActiva, 2017]):

- скорректировать результаты на величину поправки;

**Таблица 8. Структура субъективной количественной оценки калиперов на основе балльной оценки отдельных характеристик (по 10-балльной шкале)**

№ п/п	Характеристика калипера	Тип калипера				
		Вереск	GPM	Lange	КЭЦ-100	FatTrack II
1	Качество статической калибровки	1	9	6	2	8
2	Качество динамической калибровки	0	10	2	0	9
3	Воспроизводимость результатов измерений	8	10	8	3	4
4	Наличие сервисных центров с возможностью динамической калибровки	0	10	10	0	0
5	Качество контактной площадки	10	10	9	0	2
6	Удобство считывания информации	8	10	10	3	8
7	Цена деления/дискретность измерений	10	9	5	5	10
8	Эргономичность дизайна	8	10	8	1	10
9	Цена устройства	3	1	2	5	10
10	Срок службы, долговечность	10	10	10	2	1
	<b>Общая оценка (среднее)</b>	<b>5,8</b>	<b>8,9</b>	<b>7,0</b>	<b>2,1</b>	<b>6,2</b>

- использовать текущие результаты, при условии периодического контроля отсутствия изменений качества калибровки, если целью является индивидуальный мониторинг без дальнейшего обобщения данных;
- отправить калипер в сервисный центр или непосредственно производителю для регулировки точности измерений.

Третий вариант решения позволит надёжно контролировать качество не только статической, но и динамической калибровки. На сегодняшний день в России серийное производство и обслуживание металлических калиперов прекращено, сервисные центры зарубежных компаний отсутствуют, а отправка инструментов для обслуживания за рубеж не практикуется. В условиях недоступности абсолютной динамической калибровки при проведении антропологических исследований целесообразно использование стандартизованных имитаторов подкожно-жирового слоя для относительной динамической калибровки калиперов [Gore et al., 1995]. В нашем исследовании с этой целью применялись образцы мягкой силиконовой резины kSil™ GP250 (Silicone Engineering, Великобритания) с твёрдостью по Шору 5А. Вероятно, для большей реалистичности имеет смысл подобрать материал несколько меньшей твёрдости с аналогичными свойствами. Разработка таких материалов ведётся, в том числе, для синтетической анатомии и трансплантологии [Biomaterials, artificial organs... 2005; Nachman, Franklin, 2016; Trotta et al., 2017].

Несмотря на наличие отечественных методических работ [Чтецов, 1968; Лутовинова с соавт., 1970] и обширный зарубежный опыт, знание современного уровня стандартизации измерений кожно-жировых складок в России недостаточно

распространено. Например, в практическом руководстве по гигиене детей и подростков для студентов вузов наравне с традиционным калипером (GPM) рекомендуется использовать обычный скользящий циркуль, не имеющий пружины [Гигиена детей и подростков, 2012, с. 18]. К сожалению, такого рода ошибочная информация тиражируется и может вводить в заблуждение как врачей, так и разработчиков измерительного оборудования (см., например, [Жуков с соавт., 2015]). Любое инструментальное обследование должно преследовать определённую цель и, в частности, допускать возможность сравнения с референтными данными. В интересах качества медицинского образования подчеркнём, что использование скользящего циркуля для измерения кожно-жировых складок недопустимо, так как приводит к несопоставимым результатам. Исчерпывающее экспериментальное обоснование этого утверждения было дано в работах 60-летней давности [Keys, Brozek, 1953; Edwards et al., 1955] и позднее подтверждено отечественными авторами [Лутовинова с соавт., 1970] (см. раздел «Введение»).

Точность и воспроизводимость результатов измерений жировых складок зависят не только от типа калипера, но и от техники измерений. Развитие этого тезиса не входило в задачи исследования. Тем не менее, влияние упомянутого фактора заметно и в результатах нашей работы ввиду существенной вариации индивидуальных технических ошибок при измерениях калиперами одного типа (см. табл. 6), так как до проведения исследования каждому измерителю были хорошо знакомы лишь некоторые из использованных типов калиперов. В целом, это снова свидетельствует о важности стандартизации программ измерений и измерительного оборудования, организации обу-

чения и аккредитации специалистов в области антропометрии для получения сопоставимых данных.

При сравнении устройств для изучения вариаций подкожного жира мы ограничились характеристикой традиционного оборудования – калиперов. Не умаляя очевидной теоретической и практической значимости применения калиперометрии в биомедицинских исследованиях, отметим значительный прогресс, достигнутый в последние годы, в области разработки и внедрения новых методов, таких как ультразвуковое сканирование, преимуществом которого является возможность визуализации структуры тканей, а также измерения толщины не только подкожно-жирового слоя, но и висцерального жира и мышечной ткани [Wagner, 2013].

### Выводы

Проведённое исследование выявило преимущества использования традиционно рекомендуемых типов калиперов. Из пяти рассмотренных типов калиперов лучшими характеристиками обладал металлический калипер GPM (итоговая субъективная экспертная оценка 8,9 баллов из 10). Калипер Lange при сравнительно высокой воспроизводимости результатов превышал толщину складки (итоговая оценка 7,0 баллов). Пластиковый калипер FatTrack II был сравним по точности с GPM на фоне сниженной воспроизводимости результатов (итоговая оценка 6,2 балла). При сравнительно высокой повторяемости результатов, калипер Вереск отличался низким качеством статической и динамической калибровки (итоговая оценка 5,8 баллов). Худшими показателями (максимальная суммарная техническая ошибка, минимальный коэффициент надёжности измерений, низкое качество калибровки) отличался калипер КЭЦ-100 (итоговая оценка 2,1 балла), что ставит под серьёзное сомнение целесообразность его применения в центрах здоровья в рамках профилактического скрининга населения России, и в целом – в научной и практической работе.

Для обеспечения возможности сравнения с результатами других исследований описание данных калиперометрии должно включать:

- информацию о типе калипера и его соответствии требованиям стандартизации измерений (металлический/пластиковый; площадь контактных участков; характеристика давления, оказываемого на складку; дискретность измерений и др.);
- сведения о результатах сравнения использованного типа калипера с эталонным оборудованием;

- информацию о статической и динамической калибровке калипера;
- данные об уровне подготовки специалистов, производящих измерения, расчётные значения технических ошибок измерений и коэффициентов надёжности.

### Благодарности

Теоретическая часть исследования выполнена при поддержке Российского научного фонда (грант №14-15-01085 для С.Г. Руднева). Экспериментальная часть исследования поддержана Российским научным фондом (грант №14-50-00029 для Е.З. Годиной) и Российским фондом фундаментальных исследований (грант №16-06-00439 для Л.В. Синдеевой, грант №16-06-00480 для Е.З. Годиной и грант №17-06-00721 для Л.В. Задорожной). Текст рукописи подготовлен авторами совместно. Авторы благодарят В.А. Бацевича, И.С. Решетникова и И.А. Хомякову за предоставленное оборудование для калиперометрии, а также всех добровольцев, принявших участие в исследовании.

### Библиография

- Антропология в медицине / Алексеева Т.И. (ред.) М.: МГУ, 1989. 246 с.
- Бунак В.В. Антропометрия. М.: Учпедгиз, 1941. 368 с.
- Васильева Е.С., Вашура А.Ю., Литвинов Д.В. Нутритивный статус детей с онкологическими и гематологическими заболеваниями, находящихся на лечении в ФГБУ «ФНКЦ ДГОИ им. Дмитрия Рогачёва» (результаты скринингового исследования) // Современная онкология, 2016. Т. 18. № 4. С. 48–52.
- Воронков А.В., Никулин И.Н., Жилина Л.В. Особенности силовой катоболической тренировки женщин первого периода зрелого возраста // Теория и практика физической культуры, 2013. № 1. С. 49–52.
- Воронов А.В., Лемешева Ю.С., Устюжанин Д.В. Определение объёма жировой ткани бедра у мужчин методом магнито-резонансной томографии // Физиология человека, 2009. Т. 35. № 3. С. 125–131.
- Гигиена детей и подростков: руководство к практическим занятиям / Кучма В.Р. (ред.) М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012. 560 с.
- Година Е.З., Хомякова И.А., Задорожная Л.В., Анисимова А.В., Иванова Е.М., Пермякова Е.Ю., Свистунова Н.В., Степанова А.В., Гилярова О.А., Зубарева В.В. Ауксологические исследования на родине М.В. Ломоносова // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология, 2011. № 3. С. 68–99.
- Дорохов Р.Н., Чернова В.Н., Бубненко О.М. Характер распределения жировой массы тела лиц различного возраста мужского и женского пола // Учёные записки университета им. П.Ф. Лесгафта, 2015. № 9 (127). С. 91–96. DOI:10.5930/issn.1994-4683.2015.09.127.p91-96.

- Жуков С.В., Королюк Е.Г., Рыбакова М.В., Петров В.П., Щаблин О.В. Разработка устройства для оценки толщины кожной складки у ребёнка в условиях массового профилактического осмотра // *Инновации в науке*, 2015. № 41. С. 155–160.
- Иванова И.В., Чёрная Н.Л., Мамонтова О.К. Оценка жирового компонента массы тела школьников с помощью портативного полуавтоматического калипера // *Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского*, 2011. Т. 93. № 3. С. 34–37.
- Койнов А.П. Влияние сомато-биологических особенностей жителей Среднего Приобья на развитие и течение болезней кожи: Автореф. дисс. ... д-ра мед. наук. Тюмень, 2015. 38 с.
- Колесников В.А., Руднев С.Г., Николаев Д.В., Анисимова А.В., Година Е.З. О новом протоколе оценки соматотипа по схеме Хит-Картера в программном обеспечении биоимпедансного анализатора состава тела // *Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология*, 2016. № 4. С. 4–13.
- Лутвинова Н.Ю., Уткина М.И., Чтецов В.П. Методические проблемы изучения вариаций подкожного жира // *Вопросы антропологии*, 1970. Вып. 36. С. 32–54.
- Миклашевская Н.Н., Соловьёва В.С., Година Е.З. Рост-овые процессы у детей и подростков. М.: Изд-во МГУ, 1988. 184 с.
- Немцев О.Б., Элипханов С.Б., Доронина Н.В., Немцева Н.А. Морфологические особенности российских дзюдоистов лёгких и средних весовых категорий разной квалификации // *Учёные записки университета им. П.Ф. Лесгафта*, 2015. № 7(125). С. 141–145. DOI:10.5930/issn.1994-4683.2015.07.125.p141-145.
- Пермякова Е.Ю. Вариации развития подкожного жира-отложения у девочек Москвы и Архангельска за последние 20 лет // *Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология*, 2010. № 4. С. 70–75.
- Руднев С.Г., Цейтлин Г.Я., Вашура А.Ю., Лукина С.С., Румянцев А.Г. Соматотип детей и подростков с онкологическими заболеваниями в состоянии ремиссии и возможности его биоимпедансной оценки // *Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского*, 2017. Т. 96. № 1. С. 186–193.
- Синдеева Л.В. Закономерности изменчивости состава тела и биологического возраста человека на примере населения Восточной Сибири: Автореф. дисс. ... д-ра мед. наук. Красноярск, 2014. 42 с.
- Синдеева Л.В., Руднев С.Г. Характеристика половозрастной изменчивости соматотипа по Хит-Картеру у взрослых людей и возможности его биоимпедансной оценки (на примере русского населения Восточной Сибири) // *Морфология*, 2017. Т. 151. № 1. С. 77–87.
- Совершаева С.Л., Ишекова Н.И., Соловьёва Н.А. Сравнительный анализ физиологической активности различных фитнес-программ в динамике оценки данных калиперометрии для коррекции избыточной массы тела у женщин // *Фундаментальные исследования*, 2014. № 9–11. С. 2489–2493.
- Соловьёва Н.А. Сравнительный анализ физической нагрузки различной направленности на антропометрические показатели у женщин разных возрастных групп с избыточной массой тела // *Успехи современного естествознания*, 2012. № 10. С. 43–47.
- Тутельян В.А., Гаппаров М.М.Г., Батулин А.К., Каганов Б.С. и др. Использование метода комплексной антропометрии в клинической практике для оценки физического развития и пищевого статуса здорового и больного человека: учебно-методическое пособие. М., 2008. 47 с.
- Чтецов В.П. Вариации подкожного жира // *Вопросы антропологии*, 1968. Вып. 30. С. 38–54.
- Штейнердт С.В. Морфофункциональное состояние и оптимизация врачебного контроля у студентов юношеского возраста: Автореф. дисс. ... канд. мед. наук. М., 2015. 23 с.
- Abdulrazzaq Y.M., Nagelkerke N., Moussa M.A. UAE population reference standard charts for body mass index and skinfold thickness, at ages 0–18 years // *Int. J. Food Sci. Nutr.*, 2011. Vol. 62. N 7. P. 692–702. DOI:10.3109/09637486.2011.567978.
- Ackland T.R., Lohman T.G., Sundgot-Borgen J., Maughan R.J., Meyer N.L., Stewart A.D., Muller W. Current status of body composition in sport // *Sports Medicine*, 2012. Vol. 42. N 3. P. 227–249. DOI:10.2165/11597140-000000000-00000.
- Addo O.Y., Himes J.H. Reference curves for triceps and subscapular skinfold thicknesses for US children and adolescents // *Am. J. Clin. Nutr.*, 2010. Vol. 91. N 3. P. 635–642. DOI:10.3945/ajcn.2009.28385.
- Anisimova A.V., Godina E.Z., Nikolaev D.V., Rudnev S.G. Evaluation of the Heath-Carter somatotype revisited: new bioimpedance equations for children and adolescents. IFMBE Proceedings. Vol. 54 / eds F. Simini, P. Bertemes-Filho. Singapore-Heidelberg: Springer, 2016. P. 80–83. DOI:10.1007/978-981-287-928-8\_21.
- Anthropometric standardization reference manual / Lohman T.G., Roche A.F., Martorell R. (eds.). Champaign, IL: Human Kinetics, 1988. 177 p.
- Best W.R. An improved caliper for measurement of skinfold thickness // *J. Lab. Clin. Med.*, 1954. Vol. 43. N 6. P. 967–970.
- Biomaterials, artificial organs and tissue engineering / Hench L.L., Jones J.R. (eds.). Cambridge: Woodhead Publishing, 2005. 300 p.
- Cameron N. Essential anthropometry: baseline anthropometric methods for human biologists in laboratory and field situations // *Am. J. Hum. Biol.*, 2013. Vol. 25. N 3. P. 291–299. DOI:10.1002/ajhb.22388.
- Cameron N. The methods of auxological anthropometry // *Human growth: postnatal growth* / F. Falkner et al. (eds.). N.Y.: Springer, 1978. Vol. 2. P. 35–90.
- Carlyon R.G., Bryant R.W., Gore C.J., Walker R.E. Apparatus for precision calibration of skinfold calipers // *Am. J. Hum. Biol.*, 1998. Vol. 10. N 6. P. 689–697.
- Carlyon R., Gore C., Woolford S., Bryant R. Calibrating Harpenden skinfold calipers // *Anthropometrica: a textbook of body measurements for sports and health courses* / K. Norton, T. Olds (eds.). Sydney: Univ. of South Wales Press, 2004. P. 97–119.
- Carter J.E.L. The Heath-Carter anthropometric somatotype: instruction manual. 2002. URL: <http://www.somatotype.org/Heath-CarterManual.pdf> (дата обращения: 15.08.2017).
- Carter J.E.L., Heath B.H. Somatotyping – development and applications. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1990. 503 p.
- Cicek B., Ozturk A., Unalan D., Bayat M., Mazicioglu M.M., Kurtoglu S. Four-site skinfolds and body fat percentage references in 6-to-17-year old Turkish children and adolescents // *J. Pak. Med. Assoc.*, 2014. Vol. 64. N 10. P. 1154–1161.
- CISION PR Newswire. SKYNDEX™ announces new bluetooth wireless Pro120 skinfold caliper. 2014. URL: <http://www.prnewswire.com/news-releases/skyndex-announces->

- new-bluetooth-wireless-pro120-skinfold-caliper-261148901.html (дата обращения: 15.08.2017).
- Controzzi M., D'Alonzo M., Peccia C., Oddo C.M., Carrozza M.C., Cipriani C. Bioinspired fingertip for anthropomorphic robotic hands // *Appl. Bionics Biomech.*, 2014. Vol. 11. N 1–2. P. 25–38. DOI:10.3233/ABB-140092.
- Correnti V. Il malachistometro – nuovo apparecchio per la misura dello spessore delle parti molli // *Riv. Antrop.*, 1947. Vol. 35. P. 439–442.
- Durnin J.V.G.A., Rahman M.M. The assessment of the amount of fat in the human body from measurements of skinfold thickness // *Brit. J. Nutr.*, 1967. Vol. 21. N 3. P. 681–689.
- Durnin J.V.G.A., Womersley J. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years // *Br. J. Nutr.*, 1974. Vol. 32. N 1. P. 77–97. DOI:10.1079/BJN19740060.
- Edwards D.A.W., Hammond W.H., Healy M.J.R., Tanner J.M., Whitehouse R.H. Design and accuracy of calipers for measuring subcutaneous tissue thickness // *Br. J. Nutr.*, 1955. Vol. 9. P. 133–143.
- Escoffier C., de Rigal J., Rochefort A., Vasselet M., Leveque J.-L., Agache P.G. Age-related mechanical properties of human skin: an in vivo study // *J. Invest. Dermatol.*, 1989. Vol. 93. N 3. P. 353–357. DOI:10.1111/1523-1747.ep12280259.
- Fidanza F. Body fat in adult man: semicentenary of fat density and skinfolds // *Acta Diabetol.*, 2003. Vol. 40. Suppl. 1. P. 242–245. DOI:10.1007/s00592-003-0076-0.
- Fok T.-F., Hon K.-L.E., Ng P.-C., Wong M.-C.E., So H.K., Lau T.F., Chow C.B., Lee W.H., on behalf of the Hong Kong Neonatal Measurements Working Group. Normative data for triceps and subscapular skinfold thicknesses of Chinese infants // *Acta Paediatr.*, 2006. Vol. 95. N 12. P. 1614–1619. DOI:10.1080/08035250600714318.
- Franzen R. Physical measures of growth and nutrition. N.Y.: American Child Health Association, 1929. 150 p.
- Frisancho A.R. Anthropometric standards for the assessment of growth and nutritional status. Ann Arbor: University of Michigan Press, 1990. 200 p.
- Gibson R.S. Principles of nutritional assessment, 2<sup>nd</sup> ed. Oxford: Oxford University Press, 2005. 928 p.
- Gore C.J., Woolford S.M., Carlyon R.G. Calibrating skinfold calipers // *J. Sports Sci.*, 1995. Vol. 13. N 4. P. 355–360. DOI:10.1080/02640419508732249.
- Grady D. The state of weight: many are too fat for the calipers. URL: <http://www.nytimes.com/2001/01/09/health/the-state-of-weight-many-are-too-fat-for-the-calipers.html> (дата обращения: 15.08.2017).
- Gruber J.J., Pollock M.L., Graves J.E., Colvin A.B., Braith R.W. Comparison of Harpenden and Lange calipers in predicting body composition // *Res. Quart.*, 1990. Vol. 61. N 2. P. 184–190. DOI:10.1080/02701367.1990.10608673.
- Hammond W.H. Measurement and interpretation of subcutaneous fat, with norms for children and young adult males // *Br. J. Prev. Soc. Med.*, 1955. Vol. 9. N 4. P. 201–211. Handbook of anthropometry: physical measures of human form in health and disease / Preedy V.R. (ed.). N.Y.: Springer-Verlag, 2012. 3107 p.
- Hewitt G.B., Withers R.T., Brooks A.G., Woods G.F., Day L.A. Improved rig for dynamically calibrating skinfold calipers: comparison between Harpenden and Slim Guide instruments // *Am. J. Hum. Biol.*, 2002. Vol. 14. N 6. P. 721–727. DOI:10.1002/ajhb.10087.
- Holtain Ltd. The Harpenden range of anthropometric instruments. 2017. URL: <http://www.holtain.co.uk> (дата обращения: 15.08.2017).
- Human biology. A guide to field methods // IBP Handbook. N 9 / Weiner J.S., Lourie J.A. (eds.). Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1969. 621 p.
- Jackson A.S., Pollock M.L. Generalized equations for predicting body density of men // *Br. J. Nutr.*, 1978. Vol. 40. N 3. P. 497–504. DOI:10.1079/BJN19780152.
- Kalichman L., Kobylansky E. Sex- and age-related variations of the somatotype in a Chuvasha population // *HOMO – Journal of Comparative Human Biology*, 2006. Vol. 57. N 2. P. 151–162. DOI:10.1016/j.jchb.2006.01.002.
- Keys A., Brozek J. Body fat in adult man // *Physiol. Rev.*, 1953. Vol. 33. N 3. P. 245–325.
- Khadilkar A., Mandlik R., Chiplonkar S., Khadilkar V., Ekbote V., Patwardhan V. Reference centile curves for triceps skinfold thickness for Indian children aged 5–17 years and cut-offs for predicting risk of childhood hypertension: a multi-centric study // *Indian Pediatrics*, 2015. Vol. 52. N 8. P. 675–680.
- Kotelnmann L. Die Körperverhältnisse der Gelehrtenschüler des Johanneums in Hamburg. Ein statistischer Beitrag zur Schulhygiene. Berlin, 1879.
- Kuhle S., Maguire B., Ata M., Hamilton D. Percentile curves for anthropometric measures for Canadian children and youth // *PloS One*, 2015. Vol. 10. N 7. P. e0132891. DOI:10.1371/journal.pone.0132891.
- Lange K.O., Brozek J. A new model of skinfold caliper // *Am. J. Phys. Anthropol.*, 1961. Vol. 19. N 1. P. 98–99.
- Leger L.A., Lambert J., Martin P. Validity of plastic skinfold caliper measurements // *Hum. Biol.*, 1982. Vol. 54. N 3. P. 667–675.
- Lohman T.G., Pollock M.L. Skinfold measurement: Which caliper? How much training? // *J. Phys. Edu. Recreat. Dance*, 1981. Vol. 52. N 1. P. 27–29.
- Marfell-Jones M.J., Stewart A.D., De Ridder J.H. International standards for anthropometric assessment. Wellington: International Society for the Advancement of Kinanthropometry, 2012. 131 p.
- Marrodon M.D., de Espinosa M.G.M., Herraes A., Alfaro E.L., et al. Development of subcutaneous fat in Spanish and Latin American children and adolescents: Reference values for biceps, triceps, subscapular and suprailiac skinfolds // *HOMO – Journal of Comparative Human Biology*, 2017. Vol. 68. N 2. P. 145–155. DOI:10.1016/j.jchb.2017.02.003.
- Matiegka J. The testing of physical efficiency // *Am. J. Phys. Anthropol.*, 1921. Vol. 4. N 3. P. 223–230.
- Mueller W.H., Martorell R.T., Lohman T., Roche A.F., Martorell R. Reliability and accuracy of measurement // Anthropometric standardization reference manual / Lohman T., Roche A.F., Martorell R. (eds.). Champaign, IL: Human Kinetics, 1988. P. 83–86.
- Must A., Dallal G.E., Dietz W.H. Reference data for obesity: 85th and 95th percentiles of body mass index (wt/ht<sup>2</sup>) and triceps skinfold thickness // *Am. J. Clin. Nutr.*, 1991. Vol. 53. N 4. P. 839–846.
- Nachman M., Franklin S.E. Artificial skin model simulating dry and moist in vivo human skin friction and deformation behavior // *Tribology Int.*, 2016. Vol. 97. P. 431–439. DOI:10.1016/j.triboint.2016.01.043.

- Nagy P., Kovacs E., Moreno L.A., Veidebaum T., Tornaritis M., Kourides Y. et al., on behalf of the IDEFICS consortium. Percentile reference values for anthropometric body composition indices in European children from the IDEFICS study // *Int. J. Obes.*, 2014. Vol. 38 (Suppl. 2). P. S15-S25. DOI:10.1038/ijo.2014.131.
- National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES). Anthropometry procedures manual. CDC, 2007. 102 p. Электронный ресурс. URL: [https://www.cdc.gov/nchs/data/nhanes/nhanes\\_07\\_08/manual\\_an.pdf](https://www.cdc.gov/nchs/data/nhanes/nhanes_07_08/manual_an.pdf) (дата обращения: 15.08.2017).
- Norton K., Olds T. (Eds.) *Anthropometrica: a textbook of body measurements for sports and health courses*. Sydney: Univ. of South Wales Press, 2004. 413 p.
- Norton K., Whittingham N., Carter L., Kerr D., Gore C., Marfell-Jones M. *Measurement techniques in anthropometry // Anthropometrica: a textbook of body measurements for sports and health courses / K. Norton, T. Olds (eds.)*. Sydney: Univ. of South Wales Press, 2004. P. 25–76.
- NutriActiva. Skinfold caliper calibration. 2017. URL: <http://www.nutriactiva.com/skinfold-caliper-calibration/> (дата обращения: 15.08.2017).
- Parizkova J., Roth Z. The assessment of depot fat in children from skinfold thickness measurements by Holtain (Tanner/Whitehouse) calipers // *Hum. Biol.*, 1972. Vol. 44. N 4. P. 613–620.
- Richer P. Du role de la graisse dans la conformation exterieure du corps humain // *Nouv. Iconogr. Salpetriere*, 1890. Vol. 3. P. 20–26.
- Roche A., Sun S. *Human growth: assessment and interpretation*. Cambridge: Cambridge University Press, 2003. 311 p.
- Romero-Corral A., Somers V.K., Sierra-Johnson J., Thomas R.J., Bailey K.R., Collazo-Clavell M.L., Allison T.G., Korinek J., Batsis J.A., Lopez-Jimenez F. Accuracy of body mass index to diagnose obesity in the US adult population // *Int. J. Obes.*, 1998. Vol. 32. N 6. P. 959–966. DOI:10.1038/ijo.2008.11.
- Ross W.D., Eiben O.G. A commentary on the optimal design of an anthropometric tape // *Acta Med. Auxol.*, 1992. Vol. 24. N 2. P. 101–104.
- Schmidt P.K., Carter J.E.L. Static and dynamic differences among five types of skinfold calipers // *Hum. Biol.*, 1990. Vol. 62. N 3. P. 369–388.
- Slaughter M.H., Lohman T.G., Boileau R.A., Horswill C.A., Stillman R.J., Van Loan M.D., Bembien D.A. Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth // *Hum. Biol.*, 1988. Vol. 60. N 5. P. 709–723.
- Sloan A.W., Shapiro M. A comparison of skinfold measurements with three standard calipers // *Hum. Biol.*, 1972. Vol. 44. N 1. P. 29–36.
- Tanner J.M. *A history of the study of human growth*. Cambridge: Cambridge University Press, 1981. 499 p.
- Tanner J.M., Whitehouse R.H. Revised standards for triceps and subscapular skinfolds in British children // *Arch. Dis. Child.*, 1975. Vol. 50. N 2. P. 142–145.
- Tanner J.M., Whitehouse R.H. The Harpenden skinfold caliper // *Am. J. Phys. Anthropol.*, 1955. Vol. 13. N 4. P. 743–746. DOI:10.1002/ajpa.1330130413.
- The Heath-Carter anthropometric somatotype: instruction manual. 2002. URL: <http://www.somatotype.org/Heath-CarterManual.pdf> (дата обращения: 15.08.2017).
- Trotta T.N., Trotta J.A., Lowe S. Human tissue models, materials, and methods. US Patent no 20170069231. 2017. URL: <http://www.google.com/patents/US20170069231> (дата обращения: 15.08.2017).
- Ulijaszek S.J., Kerr D.A. Anthropometric measurement error and the assessment of nutritional status // *Br. J. Nutr.*, 1999. Vol. 82. N 3. P. 165–177. DOI:10.1017/S0007114599001348.
- Ulijaszek S.J., Mascie-Taylor S.J.N. (Eds.) *Anthropometry: the individual and the population*. Cambridge: Cambridge University Press, 1994. 213 p.
- Wagner D.R. Ultrasound as a tool to assess body fat // *J. Obes.*, 2013. Vol. 2013. Article ID 280713. DOI:10.1155/2013/280713.
- Wohlfahrt-Veje C., Tingaard J., Winther K., Mouritsen A., Hagen C.P., Mieritz M.G., de Renzy-Martin K.T., Boas M., Petersen J.H., Main K.M. Body fat throughout childhood in 2647 healthy Danish children: agreement of BMI, waist circumference, skinfolds with dual X-ray absorptiometry // *Eur. J. Clin. Nutr.*, 2014. Vol. 68. N 6. P. 664–670. DOI:10.1038/ejcn.2013.282.
- Womersley J., Durmin J.V.G.A., Armstrong W.H., Friskey M. An experimental study on variability of measurements of skinfold thickness in young adults // *Hum. Biol.*, 1973. Vol. 45. N 2. P. 281–292.
- Wood R. Skinfold caliper guide, 2008. URL: <http://www.topendsports.com/testing/skinfold-caliper-guide.htm> (дата обращения: 15.08.2017).
- World Health Organization (WHO). Physical status: the use and interpretation of anthropometry. Report of a WHO Expert Committee. World Health Organ. Tech. Rep. Ser. No. 854. Geneva: WHO, 1995. 452 p. URL: [http://www.who.int/childgrowth/publications/physical\\_status/en/](http://www.who.int/childgrowth/publications/physical_status/en/) (дата обращения: 15.08.2017).
- Zillikens M.C., Conway J.M. Anthropometry in blacks: applicability of generalised skinfold equations and differences in fat patterning between blacks and whites // *Am. J. Clin. Nutr.*, 1990. Vol. 52. N 1. P. 45–51.

## Контактная информация:

- Руднев Сергей Геннадьевич: e-mail: [sergey.rudnev@gmail.com](mailto:sergey.rudnev@gmail.com);  
Анисимова Анна Викторовна:  
e-mail: [anna.anisimova@anthropos.msu.ru](mailto:anna.anisimova@anthropos.msu.ru);  
Синдеева Людмила Викторовна: e-mail: [lsind@mail.ru](mailto:lsind@mail.ru);  
Задорожная Людмила Викторовна: e-mail: [mumla@rambler.ru](mailto:mumla@rambler.ru);  
Лукина Светлана Сергеевна: e-mail: [svetaluk2011@yandex.ru](mailto:svetaluk2011@yandex.ru);  
Малахина Анастасия Валерьевна:  
e-mail: [malahina.anastasiya26@yandex.ru](mailto:malahina.anastasiya26@yandex.ru);  
Вашура Андрей Юрьевич: e-mail: [avashura@gmail.com](mailto:avashura@gmail.com);  
Цейтлин Григорий Янкелевич: e-mail: [grigoryts@yandex.ru](mailto:grigoryts@yandex.ru);  
Година Елена Зиновьевна: e-mail: [godina@anthropos.msu.ru](mailto:godina@anthropos.msu.ru).

## METHODOLOGICAL ISSUES OF STUDYING VARIATIONS IN SUBCUTANEOUS FAT: A COMPARISON OF DIFFERENT TYPES OF SKINFOLD CALIPERS

S.G. Rudnev<sup>1,2</sup>, A.V. Anisimova<sup>3</sup>, L.V. Sindeeva<sup>4</sup>, L.V. Zadorozhnaya<sup>3</sup>, S.S. Lukina<sup>5</sup>,  
A.V. Malakhina<sup>5</sup>, A.Yu. Vashura<sup>5</sup>, G.Ya. Tseytlin<sup>5</sup>, E.Z. Godina<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Numerical Mathematics of the Russian Academy of Sciences, Moscow*

<sup>2</sup>*Federal Research Institute for Health Organization and Informatics of Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow*

<sup>3</sup>*Lomonosov Moscow State University, Institute and Museum of Anthropology, Moscow*

<sup>4</sup>*Krasnoyarsk State Medical University named after V.F. Voino-Yasenetsky, Krasnoyarsk*

<sup>5</sup>*National Medical Research Center of Pediatric Hematology, Oncology and Immunology named after D. Rogachev, Moscow*

*Skinfold measurements are routinely used in biological and medical anthropology to assess subcutaneous adiposity, body physique and composition, as well as nutritional state. The results of measurements depend not only on the measurement technique, but also on the type of skinfold caliper. The diversity of skinfold caliper types and intergroup differences in the results of measurements make it difficult to generalize and compare data of various population studies.*

*Our aim was to test the validity and reliability of skinfold measurements among various types of skinfold calipers.*

*A comparative experimental study was carried out with the participation of five measurers using 11 skinfold calipers of the following five types: FatTrack II (Accu-Measure, USA), GPM (DKSH, Switzerland), KETS-100 (JSC TVES, Tulinovsky Instrument Making Plant, Tambov region, Russia), Lange (Beta Technology; Cambridge Scientific Industries, USA), and Veresk (LLC Veresk, Krasnoyarsk, Russia). The study was conducted in three stages: by using metal caliper checking gauge (GPM model 219) and sandwiches of soft silicone rubber kSil™ GP250 (Silicone Engineering, UK) as well as by measurement of four skinfolds (triceps, subscapular, suprailiac, and calf) used in the Heath-Carter anthropometric somatotype method, in 11 adult volunteers.*

*When measuring the calibration block and sandwiches of silicone rubber with metal skinfold calipers (GPM, Lange or Veresk), the standard deviations of means and coefficients of variation were, on average, 3 times lower as compared to plastic ones (FatTrack II, KETS-100). As compared to GPM, the calipers KETS-100, Lange, and Veresk significantly overestimated the thickness of sandwiches and the sum of the above mentioned four skinfolds, while the differences of GPM and FatTrack II were statistically insignificant.*

*In total, our study showed an advantage of using conventionally recommended equipment. Among the five types of skinfold calipers, GPM showed the best performance (overall subjective score 8.9 out of 10 points). The Lange skinfold caliper, despite the relatively high reproducibility of the measurement results, tended to overestimate skinfold thickness (overall score 7.0 points). The skinfold caliper FatTrack II was comparable in accuracy with GPM but provided less reproducible results (overall score 6.2 points). With a relatively high reliability, the skinfold caliper Veresk showed poor quality of static and dynamic calibration (overall score 5.8 points). The worst performance (maximal total technical error of measurements, minimal coefficient of reliability, poor calibration) was shown by the caliper KETS-100 (overall score 2.1 points) which rises serious doubts on the appropriateness of its use for the purpose of preventive screening in Russian Health Centers and, on the whole, for research and practical purposes.*

*To enable comparability of skinfold data, the results of measurements should be accompanied with the following information:*

- which type of a skinfold caliper was used and how it met the conventional requirements of the measurement standardization (metal or plastic, contact surface area, jaw pressure, dial graduation, etc.);*
- data on the comparison of the skinfold caliper with the reference ones;*
- data on static and dynamic calibration;*
- data on the measurer(s) training, technical errors of measurements and coefficients of reliability.*

*Keywords: anthropometry, skinfolds, skinfold calipers, comparison, validity, reliability, technical error of measurements, coefficient of reliability*

# КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ И ЕГО ЗНАЧЕНИЕ В ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ АНТРОПОЛОГИИ. ЧАСТЬ 1

Л.К. Гудкова

*МГУ имени М.В. Ломоносова, НИИ и Музей антропологии, Москва*

*Статья посвящена изучению соизменчивости количественных признаков и представляет собой продолжение работ автора по теме приспособительной изменчивости, которая является основным содержанием физиологической, или экологической, антропологии. В первой части статьи обсуждаются история вопроса; статистические и биологические особенности корреляционного анализа. Во второй части основное внимание будет уделено его значению в изучении адаптированности популяций современного человека.*

*Корреляционный анализ, несмотря на кажущуюся многим антропологам тривиальность понятия и рутинность метода, используется, к сожалению, не всегда в соответствии с правилами и без попыток биологической трактовки получаемых результатов. Поэтому в статье в сжатой форме и с соответствующими ссылками дается необходимая информация о корреляции, которая, в первую очередь, будет полезна исследователям, не имеющим специального антропологического образования. Рассматривается только внутригрупповая прямолинейная связь двух количественных признаков с непрерывной изменчивостью.*

*Несмотря на то, что корреляционный метод получил широкое применение, вопрос о причинно-следственной обусловленности корреляций остается дискуссионным. Для правильного проведения корреляционного анализа и последующей причинной интерпретации полученных результатов важно иметь четкое представление о цели исследования [Малиновский, 1948].*

*В заключении сформулированы правила, которые следует соблюдать во избежание некорректного использования метода.*

*Ключевые слова: физиологическая, экологическая, антропология; корреляционный анализ, коэффициент корреляции*

## Введение

Статья посвящена изучению соизменчивости количественных признаков и представляет собой логическое продолжение моих работ по приспособительной изменчивости, которая является важнейшим содержанием физиологической, или экологической, антропологии [Гудкова, 2013а; 2013б; 2014]. Методология исследований по названной дисциплине базируется на принципах системности и целостности. Так как свойство целого зависит не только от особенностей составляющих частей, а главным образом от связей между этими составляющими – поиск системных и межсистемных корреляций служит основным инструментом холистического подхода. В рамках популяционной физиологии человека (одного из разделов физиологической антропологии), наряду с другими проблемами, изучается физиологический статус популяций как целостной структуры, определяемой устойчивыми

связями; а также анализируются морфофизиологические и другие межсистемные корреляции. Лабильность физиологических характеристик и относительная стабильность морфологических позволяет выяснять, как проявляется целостность организма отдельных индивидов на популяционном уровне в группах, находящихся на разных этапах адаптационного процесса и в кратковременных стрессовых ситуациях. Таким образом, изучение коррелятивной изменчивости способствует синтетическому взгляду на адаптивное состояние популяции, на возможности ее приспособительной изменчивости [Гудкова, 2008; 2010].

Корреляционный метод как таковой в работах по экологической антропологии не рассматривался, а лишь использовался в качестве одного из статистических приемов, к сожалению, зачастую не всегда в соответствии с правилами и без попыток биологической трактовки получаемых данных. В связи с этим, несмотря на кажущуюся многим ан-

тропологам тривиальность понятия и рутинность метода, считаю полезным в сжатой форме предоставить читателям необходимую информацию по теме коррелятивной изменчивости. Поэтому в первой части статьи обсуждаются история вопроса, статистические и биологические особенности анализа, а также даются примеры некорректных подходов к использованию корреляционного метода. Во второй части основное внимание будет уделено значению метода в экологической антропологии и его роли в изучении адаптированности популяций современного человека.

### Исторические и теоретические аспекты учения о корреляции

В ряде публикаций, имеющих отношение к проблеме корреляции, даются сведения о возникновении понятия и о его дальнейшем развитии в науке. В отечественной антропологии наиболее значимой в историческом и теоретическом аспектах работой такого плана является статья Я.Я. Рогинского «Закономерности связей между признаками в антропологии» [Рогинский, 1962]. Статья состоит из четырех частей, которые называются: корреляция в общей морфологии, корреляция в антропологии, некоторые задачи изучения корреляций в антропологии и некоторые проблемы общетеоретического значения. Труд выдающегося ученого не утратил своей актуальности и современным антропологам, начинающим осваивать корреляционный анализ, следует в первую очередь обратиться к изучению статьи Я.Я. Рогинского.

Термин «корреляция» (от позднелат. *correlatio*, что дословно означает «соотношение») введен в науку французским зоологом Ж. Кювье. Занимаясь систематикой животных, Ж. Кювье в своих сравнительно-анатомических построениях исходил из принципа соотношения частей организма. В одном из произведений он сформулировал его таким образом: «Всякое организованное существо представляет нечто целое, единую и замкнутую систему, части которой взаимно соответствуют; ни одна из этих частей не может изменяться без того, чтобы не изменились другие...» [Cuvier, 1815. Цит. по: Филипченко, 2011, с. 121]. Декларируемая ученым идея целостности имеет прямое отношение к физиологической антропологии, равно как и его взгляды на приспособленность организма к окружающей среде, на его с ней единство. Однако, не будучи эволюционистом, Ж. Кювье все связи считал функциональными. Это ошибочное представление с постепенным развитием взглядов различных ученых на корреляцию, конечно же, со временем менялось. Так, соотечественник и идейный про-

тивник Ж. Кювье зоолог Э. Жоффруа Сент-Илер в своем учении о единстве плана строения всех животных сформулировал четыре правила, два из которых (принцип связей и закон равновесия органов) относились непосредственно к теме корреляции [Geoffroy Saint-Hilaire, 1822. Цит. по Филипченко, 2011]. Позднее в эволюционной морфологии явление уравнивания органов получило название морфогенетических корреляций [Амлинский, 1955. Цит. по: Рогинский, 1962].

Первым, кто заявил об эволюционном значении корреляций, был английский биолог Ч. Дарвин. Труды знаменитого ученого имеют особое значение для экологической антропологии, так как Ч. Дарвин постоянно обращал внимание на соотношение изменчивость и корреляции в развитии различных признаков целостного организма в процессе его приспособления к внешней среде. Рассуждая о причинах, «приводящих к многочисленным и таинственным случаям корреляции, которых мы совершенно не понимаем» [Дарвин, 1939, с. 427–428. Цит. по: Шмальгаузен, 1982.], Ч. Дарвин, пытаясь объяснить их причинность, отмечал, что чаще всего она скрыта от нас и, без сомнения, различна в разных случаях [Филипченко, 2011]. Таким образом, уже в XIX веке возникает вопрос о причинно-следственной обусловленности связей, дискуссии по поводу которой продолжаются до настоящего времени.

Таковы, в общих чертах, были теоретические представления о коррелятивной изменчивости до начала прошлого столетия. Крайне важно иметь в виду, что научные изыскания того периода ограничивались организменным уровнем. Переход на популяционный уровень стал возможным лишь с открытием математических приемов определения степени корреляционной зависимости, что также произошло в XIX веке. С XX века тема «коррелятивная изменчивость» начинает разрабатываться по двум направлениям. С одной стороны, в аспекте теоретической биологии обсуждается исключительно эволюционное значение корреляций; с другой стороны, с использованием биометрических методов анализируются всевозможные корреляции в самых разных отраслях науки. В рамках данной статьи не представляется возможным охватить все грани проблемы, поэтому рассматриваться будут труды только тех авторов, которые имеют прямое отношение к вопросам экологической антропологии.

В 1938 г. вышла в свет книга И.И. Шмальгаузена «Организм как целое в индивидуальном и историческом развитии», в которой впервые были обозначены основные направления разработки проблемы целостности и проанализирована роль корреляции в обеспечении целостности организма [Гудкова, 2010]. «В индивидуальном развитии од-

новременно с расчленением организма происходит и усложнение системы корреляций, объединяющей развивающийся организм в одно целое» [Шмальгаузен, 1982, с. 25]. И.И. Шмальгаузен выделяет три вида корреляций: геномные (генетические), морфогенетические и эргонтические (от греч. слова «работа»). Второй тип корреляций выражает морфофизиологическую целостность развивающегося организма, а эргонтические корреляции, формирующие окончательные соотношения в форме и связях, являются ясным выражением морфофизиологической целостности сформированного организма. Развитие организма определяется как взаимодействиями частей внутри него, так и его постоянными взаимодействиями со средой. Поэтому в случае разлада корреляционной системы организма можно говорить о нарушении его адаптивных реакций в зависимости от факторов внешней среды [Шмальгаузен, 1982]. Следует отметить, что статистические корреляции И.И. Шмальгаузен, будучи теоретиком-эволюционистом, рассматривал исключительно как метод исследования, не имеющий отношения к понятиям теоретической биологии. Однако, с точки зрения антропологии, корреляции, изучаемые биометрией, играют важную научную роль, и анализ соизменчивости различных признаков имеет и теоретическое, и практическое значение [Рогинский, 1962].

О широте исследований по вычислению корреляций, проводимых в Институте антропологии Московского университета, можно прочесть в указанной выше статье Я.Я. Рогинского [Рогинский, 1962]. Из работ, рассматриваемых Я.Я. Рогинским, в формате предлагаемой мною статьи имеет смысл остановиться на публикациях В.В. Бунака и А.А. Малиновского, посвященных конституциологии. Надо сказать, что в антропологии при изучении конституции главенствующее значение всегда придавалось проблеме целостности и методам ее изучения. В.В. Бунак указывает на необходимость включения функциональных признаков в конституциональную типологию (что и было осуществлено впоследствии в работах по физиологической антропологии), так как особенности метаболизма относятся к наиболее важным свойствам, характеризующим жизнедеятельность организма в целом. Выдающийся ученый в статье «Нормальные конституционные типы в свете данных о корреляции отдельных признаков» пишет, что «самое существенное в установлении конституционных типов заключается в установлении связи признаков» [Бунак, 1940, с. 59]. В.В. Бунак выделял исторические корреляции и механо-онтогенетические. Первые, считал он, выявляются при межгрупповых сравнениях, не выражают никаких физиологических зависимостей и не имеют отношения к понятию кон-

ституции. Относительно вторых В.В. Бунак полагал, что они в самых различных группах всегда сохраняют единство направления. Ошибочность этого утверждения позже была показана А.А. Малиновским [Малиновский, 1945, 1948].

Что касается значения работ А.А. Малиновского в изучении соизменчивости признаков, то достаточно вспомнить его кандидатскую диссертацию, защищенную в 1935 г. Она была посвящена конституциям человека – корреляции элементарных признаков. Позже исследователь напишет следующее: «...для учения о целом организме существенно не классифицировать конституции по какому либо признаку, но выявлять те связи, которые при этом обнаруживаются и комплексность охвата здесь нужна чрезвычайная – от морфологии скелета до процессов, протекающих в высших отделах нервной системы, ибо учение о конституции изучает именно организм в целом» [Малиновский, 1945, с. 236].

Я.Я. Рогинский чрезвычайно высоко оценивал антропологические работы А.А. Малиновского. «Заслуга Малиновского, пишет он, заключалась прежде всего в глубине, точности и разносторонности анализа статистической корреляции в учении о конституции» [Рогинский, 1962, с. 20]. Надо сказать, что заслуги ученого велики во многих дисциплинах (от практической медицины до теоретической биологии), однако больше всего в научном мире ценятся его теоретические достижения. Экологическим антропологам, например, будет полезно знать, что ему принадлежит представление об «экологическом напряжении», смысл которого состоит в повышенном требовании к проявлению физиологических функций организма в меняющихся условиях внешней среды. Небезынтересно узнать также, что последний период своей научной деятельности А.А. Малиновский посвятил развитию и синтезу идей «Общей теории систем» и «Тектологии». Комплексный и системный подходы, математические методы – все это позволяло ему воспринимать «объект познания и в единстве как целое, и в динамике как изменяющееся» [Клебанер, 2009, с. 74].

В заключение раздела уточним классификацию корреляций, используемую в антропологии. Уже «начиная с беглых замечаний Дарвина и кончая исследованиями современных морфологов, проходит одна основная линия, разделяющая корреляции на исторические и морфофизиологические» [Рогинский, 1962, с. 21]. В настоящее время «историческими» корреляции называют потому, что совместная встречаемость средних значений разных признаков может отражать этническую историю населения. В антропологии эти связи чаще называют – межгрупповые, а морфо-

физиологические – внутригрупповые. Связь между наборами средних величин, полученных по многим выборкам, принципиально отличается от внутригрупповой. Обычно межгрупповые корреляции оказываются неустойчивыми и меняются от одного набора выборок к другому [Дерябин, 2007].

### Статистические свойства корреляционного анализа

Прежде чем перейти к дальнейшему изложению следует конкретизировать, что обсуждаться будет только внутригрупповая прямолинейная связь двух количественных признаков с непрерывной изменчивостью. Вне всякого сомнения, данная ниже информация антропологам известна. Однако мне кажется целесообразным в сжатой и лишенной математических выкладок форме сконцентрировать в одной статье биометрические аспекты корреляционного анализа.

Для ознакомления с начальным периодом становления биометрических методов изучения коррелятивной изменчивости можно воспользоваться изданной в 1928 г. работой Ю.А. Филипченко «Изменчивость и методы ее изучения» [Филипченко, 2011]. Ученый пишет, что впервые точное определение степени корреляционной зависимости осуществил английский исследователь Ф. Гальтон, предложивший для этого особый графический метод [Galton, 1888, 1889. Цит. по: Филипченко, 2011]. Этот прием давал возможность оценивать величину связи между двумя рядами признаков. Величина получила название коэффициента корреляции, обозначаемого со времен Ф. Гальтона символом «г», и стала общепринятым показателем степени коррелятивной изменчивости. Ф. Гальтон применял вычисление корреляции в антропометрии, а также при изучении наследственности. К. Пирсон, продолживший работу своего учителя, считал, что исследование Ф. Гальтона «открыло новую эру в статистике, что был создан “новый орган” для изучения природы как органической, так и неорганической» [Pearson, 1930. Цит. по: Канаев, 1972, с. 99]. Однако графический метод широкого распространения не получил и коэффициент корреляции впоследствии начали вычислять по способу, предложенному вышеупомянутым английским математиком К. Пирсоном и шотландским статистиком Д.У. Юлом [Pearson, 1896; Yule, 1897. Цит. по: Филипченко, 2011], которые, как замечает Ю.А. Филипченко, не создали в данном случае ничего нового. Они лишь воспользовались формулой, представленной в 1846 г. французским исследователем О. Бравэ, правда, придав ей более удобный вид.

Применение корреляционного метода позволяет установить «степень зависимости одного вариационного ряда от изменений другого. В этих случаях говорят о коррелятивной зависимости, или о коррелятивной изменчивости, двух вариационных рядов или двух представленных ими особенностей организма» [Филипченко, 2011, с. 120].

В пятой главе книги Ю.А. Филипченко, в сущности, даны все необходимые правила использования корреляционного метода и с тех пор, как будет ясно из последующего текста статьи, ничего не изменилось. Так, коррелятивную зависимость около 0,50 исследователь считает средней. Он полагает, что определение степени коррелятивной зависимости с достаточной долей достоверности, возможно, не менее чем для 30 наблюдений: меньшие цифры дают уже ненадежные результаты. «Ошибка коэффициента зависит всецело от числа особей сравниваемых рядов и от величины самого коэффициента. Чем выше последний, тем меньше ошибка, и наоборот, конечно, при одном и том же числе особей» [Филипченко, 2011, с. 135].

Крайне ценные выводы делаются ученым при анализе результатов, получаемых при смешении нескольких выборок. Он приводит пример изучения им корреляционной зависимости между различными особенностями сортов мягкой пшеницы и задается вопросом – от чего же зависит столь заметное различие между корреляцией внутри отдельных линий пшеницы и корреляцией в смешанном материале. Ю.А. Филипченко приходит к заключению, что «здесь индивидуальная изменчивость совершенно не причем, а все дело в групповой изменчивости, во взаимном отношении линий друг к другу, в их расположении внутри общей корреляционной таблицы...» [Филипченко, 2011, с. 142]. Он указывает, что корреляции в отдельных выборках, складываясь друг с другом, могут усиливать общую величину связи. В других случаях они могут взаимно погашать друг друга и корреляция в смешанном материале исчезает. Например, корреляция между длиной и шириной зерна в отдельных выборках (у автора – в биотипах) колеблется от 0,20 до 0,80. В смешанных популяциях, составленных из разных биотипов, коэффициент корреляции колеблется от -0,79 до +0,85. «Внутрибиотипические корреляции обуславливаются согласованной нормой реагирования двух особенностей в ответ на воздействия окружающей среды и стоят в самой тесной связи с индивидуальной изменчивостью. В популяционных корреляциях к этому примешивается другой, более сильный момент; взаимное отношение биотипов друг к другу, и нередко этот момент резко меняет характер внутрибиотипических корреляций при их суммировании. Словом, популяционные корреляции

тесно связаны с групповой изменчивостью» [Филипченко, 2011, с. 145]. Я намеренно привела эту большую цитату в надежде более корректного отношения антропологов к объединению выборок с целью увеличения численности. Для исследователей, работающих в сфере экологической антропологии, полезным будет еще один пример. Ссылаясь на работы Матвеева [Матвеев, 1928. Цит. по: Филипченко, 2011] о корреляционных зависимостях некоторых признаков у льна, Ю.А. Филипченко пишет, что в чистых линиях этого растения некоторые из внутрибиотипических корреляций довольно постоянны, другие же в зависимости от изменения внешних условий меняются очень сильно: от  $-0,92$  до  $+0,97$  (рис. 1). Наблюдаемое явление объясняется тем, что раз «корреляция между двумя признаками в чистой линии зависит от согласованной нормы реагирования двух особенностей в ответ на воздействия окружающей среды, то вполне возможно, что самый характер реагирования этих особенностей может быть различным в зависимости от изменения условий...» Это обстоятельство «не следует упускать из виду при работе методом корреляции во избежание возможных при этом грубых ошибок» [Филипченко, 2011, с. 146].

В современной науке понятие коэффициента корреляции используется очень широко, в связи с чем, методы его вычисления и описание правил его применения можно найти в большом количестве учебников и книг по вариационной статистике и биометрии [Например: Рокицкий, 1961; Плохинский, 1970; Лакин, 1990]. Со второй половины прошлого столетия появилось много переводной литературы по статистике [Например: Фишер, 1958; Тернер, 1976; Эренберг, 1981; Аффифи, Эйзен, 1982; Кимбл, 1982]. Однако в настоящее время антропологам нет особой необходимости обращаться к источникам разных авторов, так как нашим замечательным, рано ушедшим коллегой, В.Е. Дерябиным было написано и издано несколько специальных биометрических руководств.

В первую очередь В.Е. Дерябин рассматривает корреляционный анализ с позиции системного подхода: для понимания двух переменных как единой системы следует анализировать взаимосвязанность их изменчивости. В самом общем случае автор определяет взаимосвязанность вариации двух переменных «как наличие изменений вероятности появления некоторого варианта одной из них в зависимости от того, какое значение приняла – другая» [Дерябин, 2007, с. 155]. Простейшей и наиболее понятной является так называемая функциональная связь, когда каждому определенному значению одной переменной соответствует вполне определенное значение –

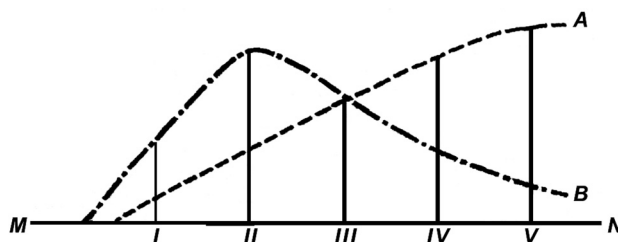


Рис. 1. Схема изменения коррелятивной зависимости двух признаков А и В при изменении внешних факторов от М к N. По Матвееву [цит. по: Филипченко, 2011, с. 145, рис. 32]

другой, однако в реальной ситуации такой феномен маловероятен.

Предостерегая от некорректного использования коэффициента корреляции, В.Е. Дерябин указывает на необходимость учитывать некоторые его специальные свойства. Одним из таких свойств является зависимость от ошибок измерений анализируемых признаков. Если признаки измерены со случайными ошибками, то коэффициент корреляции «окажется меньшим по сравнению с тем, которое можно было бы получить при вычислениях по значениям признаков, измеренным без сильного влияния ошибок измерений. Таким образом, наличие в вариации признаков независимого случайного компонента, связанного с ошибками измерений, приводит к уменьшению коэффициента корреляции» [Дерябин, 2007, с. 185].

Для интерпретации величины коэффициента корреляции В.Е. Дерябин рекомендует использовать данные Л.А. Сошниковой с соавторами. В этой работе предлагается следующая градация значений коэффициента: при  $0.1 < r < 0.3$  – теснота связи слабая; при  $0.3 < r < 0.7$  – средняя, и лишь при  $r > 0.7$  – сильная [Сошникова с соавт., 1999]. Далее В.Е. Дерябин указывает на часто встречающуюся ошибку, возникающую при изучении корреляционных связей. Например, при достоверности полученного коэффициента нередко делается вывод о существовании сильной связи, что якобы позволяет надежно предсказывать значение одного признака по величине другого. Однако «неслучайность величины коэффициента корреляции свидетельствует лишь о существовании связи. Возможность предсказаний значений одного признака по величине другого показателя опирается на величину  $r^2$  – коэффициента детерминации» [Дерябин, 2007, с. 218]. Автор приводит пример, когда при численности выборки в 400 наблюдений между двумя признаками обнаружена связь равная 0,2. В этом случае нельзя по значению одной переменной судить о величине другой, так как коэффициент детерминации будет 0,04, то есть

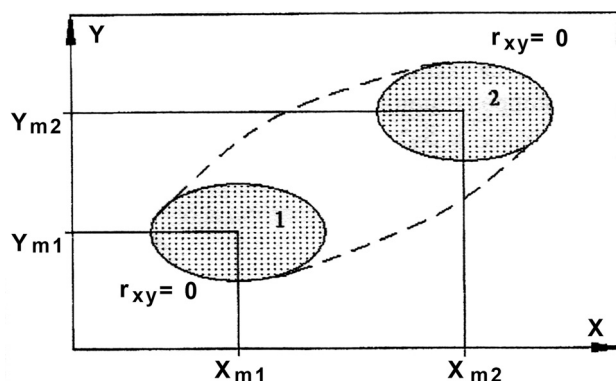


Рис. 2. Появление корреляции вследствие неоднородности материала в ситуации, когда в действительности  $r=0$  [цит. по: Дерябин, 2007, с. 186, рис. 56]

объясняемая доля дисперсии составит всего лишь 4%. «Иными словами, 96% вариации любого из двух признаков никак не связаны с изменчивостью другого показателя» [Дерябин, 2007, с. 218]. В.Е. Дерябин рассматривает зависимость точности величины коэффициента корреляции и от объема выборки.

Важной особенностью коэффициента является также вариабельность его значений по причине неоднородности анализируемого материала. Приведенный автором рисунок (рис. 2) хорошо иллюстрирует и представленные на странице 30 примеры из работы Ю.А. Филипченко [Филипченко, 2011]. На рисунке изображена ситуация, когда внутри двух выборок корреляция признаков  $X$  и  $Y$  отсутствует. «Однако при рассмотрении их как одной единой группы индивидов, корреляционное поле обнаруживает наличие положительной связи, которая возникает только из-за того, что средние величины  $X_m$  и  $Y_m$  различаются. В тех случаях, когда внутри групп имеется определенная коррелированность признаков, межгрупповая неоднородность заметно исказит ее» [Дерябин, 2007, с. 185].

### К вопросу о значении коэффициента корреляции

Проблема причинно-следственной обусловленности корреляций возникла в XIX в. и до настоящего времени остается предметом дискуссий. Ю.А. Филипченко, например, пишет, что при вычислении степени коррелятивной зависимости причинность связи вообще не обсуждается, так как «совершенно безразлично, является ли изменение одного признака причиной изменения другого, или же оба они варьируют вместе под влиянием изменений какой-нибудь третьей общей причины»

[Филипченко, 2011, с. 120]. Важно лишь выразить степень зависимости в изменениях двух или более рядов переменных определенным числовым образом. Именно это представляет практическую ценность метода, а «все дальнейшие выводы приходится делать уже иным путем, и учение о корреляции не может быть ответственно за их правильность или ошибочность» [Филипченко, 2011, с. 140]. Такого же мнения придерживаются биометрики. Так, П.Ф. Рокицкий полагает, что достоверная корреляция свидетельствует о сопряженности в вариации двух признаков, но вывод о наличии причинной зависимости между ними делать неправильно. Тем не менее, автор не исключает существование какой-то причины, влияющей на оба признака, установить которую можно исключительно с помощью биологического анализа [Рокицкий, 1961].

Несмотря на то, что корреляционный метод получил широкое применение, ряд исследователей из-за проблем с причинной интерпретацией сомневаются в его практической ценности. Использование коэффициентов корреляции для сравнения различных наборов данных и для получения прогнозов считается рискованным, потому что они характеризуют лишь степень тесноты и направление взаимосвязи между переменными и не дают никакой информации о природе этой взаимосвязи [Эренберг, 1981; Кимбл, 1982]. Существует опасность спутать понятие статистической зависимости с более фундаментальным понятием причинной связи и поэтому качественный анализ причин, лежащих в основе получаемых математических связей, находится за пределами биометрии [Тёрнер, 1976; Пасекон, 2005]. Для анализа причинности, считают биометрики, важно иметь в виду определение категории причинности, природу этого философского понятия [Кимбл, 1982]. С точки зрения философии причинная цепь является непрерывной, так как каждое составляющее этой цепи одновременно и причина, и следствие. По мере необходимости из причинной цепи «выделяется какое-то звено, рассматриваемое как причина, и другое, связанное с ним и во времени за ним следующее, рассматриваемое как следствие» [Философский энциклопедический словарь, 1999, с. 365]. Действительно, ощущение этой непрерывности может вызывать трудности в интерпретации получаемых корреляций и все-таки коэффициент корреляции среди прочих статистических показателей наиболее соответствует биологическим задачам [Фишер, 1958]. Статистические корреляции улавливают «фактические отношения признаков», которые представляют собой «единство связи и независимости между признаками» и «могут служить основой причинного биологического анализа» [Малиновский, 1948, с. 140–141].

Для экологической антропологии крайне важное значение имеют труды А.А. Малиновского. Надеюсь, что каждый научный сотрудник, занимающийся экологической антропологией, ознакомится с оригинальными статьями выдающегося ученого [Малиновский, 1945; 1948], постараюсь наикратчайшим образом изложить главные идеи его работ, касающиеся вопросов корреляции признаков.

Корреляция признаков основана на том, что каждый представляет собой функцию нескольких независимых переменных, но при этом хотя бы одна независимая переменная (общий аргумент) «является общей для всех коррелированных признаков, и этим обуславливается параллелизм их изменений» [Малиновский, 1948, с. 144]. Другие независимые переменные (частные аргументы), не одинаковы для разных признаков и заставляют их меняться вне связи с остальными признаками. Наиболее простые случаи, где признаки зависят от одного общего аргумента, А.А. Малиновский называет элементарной корреляцией. Чем больше их изменчивость будет зависеть от общего аргумента и чем меньше от частных, тем больше будет величина корреляции. Однако многие свойства организма связаны между собою не одним общим аргументом, а одновременно несколькими, так как в живом организме практически все явления постоянно варьируются под влиянием многочисленных факторов, часть которых всегда остается неясной. Таким образом, общие причинностные влияния могут выступать в виде единого комплекса или в виде нескольких слабо связанных факторов вариации. В первом случае корреляция может называться одноосновой, во втором – многоосновой.

Вопреки мнению ряда авторов А.А. Малиновский считает, что значение корреляций не зависит от их величины, так как с исследовательской точки зрения достоверные малые корреляции по своему значению практически не уступают большим корреляциям. Поэтому не размеры той или иной связи могут прояснить поставленную проблему, а возможность понять чисто качественную сторону, на которую указывает принцип корреляции. Более того, по общебиологическим соображениям иногда даже статистически недостоверные корреляции можно считать вполне реальными. Поэтому надо анализировать не отдельные коэффициенты, а всю корреляционную матрицу, так как всякая связь дает дополнительную информацию для выяснения общего аргумента, его физиологической сущности.

А.А. Малиновский опровергает ошибочное утверждение относительно физиологической корреляции, которая, в отличие от исторической, должна сохранять один и тот же характер в разных популяциях. В случае самых разных обстоя-

тельств в популяциях может доминировать то одна, то другая причина вариации признаков, и тогда могут меняться от популяции к популяции не только размеры, но и направление корреляций. Однако, с другой стороны, обсуждая элементарные корреляции, он отмечает их устойчивость, а именно, их свойство сохранять стабильность связей в разных популяциях и условиях.

Для корректного проведения корреляционного анализа и последующей трактовки полученных результатов, прежде чем перейти к выполнению задачи выявления зависимости (или связи) между двумя соответствующими парами переменных, важно иметь четкое представление о цели исследования. Неопределенная постановка цели «затрудняет правильное использование метода статистических корреляций. Это сказывается как в представлении о самодовлеющем значении чисто формальных зависимостей, так и в неправильном подборе материала для исследования и недостаточного использования его» [Малиновский, 1948, с. 171]. Неясность в постановке вопроса приводит к неудовлетворительным, иногда даже к взаимно противоречащим объяснениям. «Целью исследования... должен быть общий аргумент – то связующее звено, которое и обуславливает корреляции признаков» [Малиновский, 1948, с. 162]. Причинный анализ позволит отделить истинные связи от фиктивных и найти «реальные общие аргументы, связывающие признаки в системы корреляций» [Малиновский, 1948, с. 171].

## Заключение

Все вышеизложенное позволяет сформулировать правила, которые следует соблюдать при использовании корреляционного метода.

В первую очередь, исследователю необходимо иметь четкую цель и мотивировать ее для выполнения предполагаемой работы. В основе ее должен лежать поиск общего аргумента, обуславливающего корреляцию признаков. От постановки цели зависит и выбор материала, и его дальнейшая разработка. Вводить в программу исследования соизменчивости признаков переменные, между которыми не может быть разумной связи, по меньшей мере, нецелесообразно.

Желательно, чтобы численность изучаемой выборки включала не менее 30 наблюдений. Меньшие численности дают ненадежные результаты. Недопустимо для увеличения численности смешивать различные выборки, поэтому неоднородность анализируемого материала приводит к существенной вариабельности значений коэффициента корреляции.

При сборе материала важно соблюдать точность измерений, лабораторных определений различных показателей и т.д., так как величина коэффициента корреляции зависит от ошибок измерений анализируемых признаков.

Для обсуждения нужно представлять всю корреляционную матрицу. Даже если сам автор по какой-либо причине не рассматривает все полученные корреляции, наличие полной матрицы может исключить вопросы, возникающие у заинтересованных читателей. Для экологической антропологии обсуждение всей матрицы имеет принципиальное значение, так как логический подход к анализу всех корреляций способствует решению проблемы адаптированности популяций. Ложные корреляции, существующие между частью признака и его общей величиной, рассматривать не подлежат.

При предсказательной трактовке величины коэффициентов корреляций необходимо иметь в виду долю объясняемой дисперсии (коэффициент детерминации), которая составляет « $r^2$ ».

При соблюдении вышеназванных правил можно с достаточной уверенностью интерпретировать получаемые результаты, в основе причинного анализа которых всегда лежит поиск общих аргументов, связывающих признаки в системы корреляций.

В антропологии существует большое число публикаций, где используется корреляционный анализ. Примером ответственного подхода к теме может служить статья В.Е. Дерябина «О корреляциях между некоторыми продольными и поперечными размерами тела» [Дерябин, 1975]. Начиная с теоретического обоснования цели исследования через математически и биологически выверенный анализ материала, автор приходит к выводам, которые, естественно, уже не могут вызывать никаких сомнений.

К сожалению, имеются публикации совершенно иного характера – достаточно просмотреть номера последних лет нашего антропологического журнала. Например, не предоставляется вся корреляционная матрица; без должной аргументации объединяются коэффициенты корреляций; коэффициенты обозначаются неверными символами и т.д. В результате делаются необоснованные выводы, не подкрепленные наличием устойчивых связей и без необходимого биологического анализа, но, тем не менее, заявляющие о полученных «закономерностях». Серьезные ошибки допущены в работе, имеющей непосредственное отношение к экологической антропологии. Так, в пятой главе монографии «Антропоэкология Центральной Азии» [Антропоэкология... 2005], озаглавленной «Некоторые физиологические характеристики центрально-азиатских популяций», читаем следующее: «Многочисленность

наших данных предоставляет редкую возможность проанализировать взаимозависимость этих признаков у коренного населения Центральной Азии» [Антропоэкология... 2005, с. 107]. «Многочисленность» достигнута недопустимым объединением разных выборок из коренного населения Алтае-Саянского нагорья и Монголии. Можно было, опираясь на результаты канонического или кластерного анализа, хотя бы распределить уникальный материал по пяти группам, но с необходимыми комментариями относительно, скажем, сходства средних величин коррелируемых признаков в объединяемых выборках. Однако даже этого не произошло. Поэтому в матрице имеются значения, не поддающиеся никакой разумной интерпретации, и поэтому в очередной раз мы читаем: «Позволим себе ограничиться краткой характеристикой корреляционной матрицы, ибо ее функциональное осмысление – дело будущего» [Антропоэкология... 2005, с. 108]. О каком будущем может идти речь, когда, например, величина ложной (!) корреляции уровней общего белка и альбумина (признака, составляющего более половины общего белка) и у мужчин, и у женщин получилась отрицательной (!) и равной всего лишь 0,11.

В завершение приведу слова из статьи Н.Н. Богданова, посвященной 100-летию со дня рождения А.А. Малиновского, «...доверять результатам математических расчетов, в частности, пресловутым корреляциям, можно лишь тогда, когда хоть скольконибудь понятен их биологический смысл! Сколько же научного хлама не произвели бы на свет современные деятели от науки, прислушайся они к завету старого ученого!» [Богданов, 2009, с. 76].

## Библиография

- Антропоэкология Центральной Азии. М., 2005.  
 Афифи А., Эйзен С. Статистический анализ. М.: Мир, 1982.  
 Бунак В.В. Нормальные конституционные типы в свете данных о корреляции отдельных признаков // Ученые записки МГУ, 1940. Вып. 34. С. 59–101.  
 Богданов Н.Н. Научный наставник // Природа, 2009. № 8. С. 75–78.  
 Гудкова Л.К. Популяционная физиология человека. М.: ЛКИ, 2008.  
 Гудкова Л.К. Проблема целостности в физиологической антропологии // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология, 2010. № 3. С. 16–24.  
 Гудкова Л.К. Физиологическая антропология // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология, 2013а. № 1. С. 52–61.  
 Гудкова Л.К. Изменчивость как понятие и как основное содержание физиологической (экологической) антропологии. Часть I // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология, 2013б. № 3. С. 4–14.

- Гудкова Л.К. Изменчивость как понятие и как основное содержание физиологической (экологической) антропологии. Часть II // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология, 2014. № 4. С. 4–17.
- Дерябин В.Е. О корреляциях между некоторыми продольными и поперечными размерами тела // Вопросы антропологии, 1975. Вып. 50. С. 165–178.
- Дерябин В.Е. Курс лекций по элементарной биометрии для антропологов. Биологический факультет МГУ. М. 2007.
- Канаев И.И. Френсис Гальтон. Л.: Наука, 1972.
- Клебанер В.С. «Он человек был, человек во всем» // Природа, 2009. № 8. С. 66–74.
- Кимбл Г. Как правильно пользоваться статистикой. М.: Финансы и статистика, 1982.
- Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990.
- Малиновский А.А. Физиологические источники корреляции в строении человеческого организма // Журнал общей биологии, 1945. Т. VI. № 4. С. 235–255.
- Малиновский А.А. Элементарные корреляции и изменчивость человеческого организма // Труды Института цитологии, гистологии и эмбриологии, 1948. Т. 2. Вып. 1. С. 136–198.
- Пасеков В.П. О теоретических проблемах биометрического и причинного подходов в популяционных исследованиях. М.: ВЦРАН, 2005.
- Плохинский Н.А. Биометрия. М., 1970.
- Рогинский Я.Я. Закономерности связей между признаками в антропологии // Советская этнография, 1962. № 5. С. 15–29.
- Рокицкий П.Ф. Основы вариационной статистики для биологов. Минск, 1961.
- Сошникова Л.А., Тамашевич В.Н., Уебе Г., Шеффер М. Многомерный статистический анализ в экономике. М.: Юнити, 1999.
- Тёрнер Д. Вероятность, статистика и исследование операций. М.: Статистика, 1976.
- Филипченко Ю.А. Изменчивость и методы ее изучения. М.: ЛКИ, 2012.
- Философский энциклопедический словарь. М., 1999.
- Фишер Р.А. Статистические методы для исследователей. М.: Гос. стат. изд-во, 1958.
- Шмальгаузен И.И. Организм как целое в индивидуальном и историческом развитии. М., 1982.
- Эренберг А. Анализ и интерпретация статистических данных. М.: Финансы и статистика, 1981.

Контактная информация:

Гудкова Людмила Константиновна: e-mail: lkgoodkova@bk.ru.

## THE CORRELATION ANALYSIS AND ITS SIGNIFICANCE IN ECOLOGICAL ANTHROPOLOGY. PART 1

L.K. Goodkova

*Lomonosov Moscow State University, Institute and Museum of Anthropology, Moscow*

*The article is aimed at studying covariability of quantitative traits and represents a sequel of works on adaptive variability, which represents the main subject of study in physiological and ecological anthropology. In the first part of the article the history of the problem and the statistical and biological aspects of correlation analysis are discussed. The second part will focus on the value of the method in studying adaptability of modern human populations.*

*Correlation analysis, despite the seeming simplicity of the concept and conventionalism of the method, is not always used in accordance with the rules and without attempts for biological interpretation. Therefore the article succinctly and with appropriate references provides the necessary information on the subject of correlative variability, which primarily will be useful for researchers who do not have special anthropological education. Only the intra-group rectilinear connection of two quantitative traits with continuous variability is discussed.*

*Though the correlation analysis has been widely used, the question of causal conditionality of correlation is controversial. For the correct performance of correlation analysis and following interpretation of the results obtained, it is important to be clear about the objective of the study.*

*In conclusion rules are formulated, which should be followed in order to avoid incorrect application of the method.*

**Keywords:** ecological, physiological, anthropology; correlation analysis; correlation coefficient

# К ВОПРОСУ ОБ ОПТИМАЛЬНОМ КОЛИЧЕСТВЕ ИСХОДНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ИНВАРИАНТНОГО ОБОБЩЁННОГО ФОТОПОРТРЕТА

А.Б. Савинецкий<sup>1</sup>, А.М. Маурер<sup>2</sup>, Г.В. Сыроежкин<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва

<sup>2</sup> МГУ имени М.В. Ломоносова, НИИ и Музей антропологии, Москва

*Цель данного исследования – оценить необходимое и достаточное количество индивидуальных изображений для формирования устойчивого и узнаваемого зрительного образа – обобщённого фотопортрета конкретной выборки. Материал: 72 цифровых фронтальных фотоснимка русских девочек в возрасте 7–9 лет. Метод: метод получения обобщённого фотопортрета с помощью авторского программного обеспечения «faceONface». Результаты: на основе рандомизированных выборок разной численности (от 5 до 70 индивидов) сформировано 10 обобщённых фотопортретов; к полученным фотообобщениям применен метод «устранения шумов» Гонсалеса. График изменения среднеквадратичного отклонения в зависимости от числа накопленных изображений визуализирует давно отмеченную антропологами эмпирическую закономерность достижения количественного порога, при котором добавление новых изображений существенно не меняет визуальное восприятие фотообобщения. Предложено объяснение явления «семантической стабилизации» изображения при достижении определённого порога накопления. При формировании обобщённого фотопортрета индивидуальные особенности каждого лица предложено считать аналогом цифрового «шума». При достижении порога численности в 30–40 исходных снимков обобщённый фотопортрет конкретной выборки освобождается от «личностного шума» (персональных морфологических особенностей лица) и приближается к типологически однородному инвариантному изображению.*

*Ключевые слова: физическая антропология, обобщённый фотопортрет, индивидуальные особенности, устранение цифровых шумов, пиксель, среднее квадратическое отклонение*

## Введение

Метод обобщённого портрета широко используется в антропологии в качестве познавательного инструмента, имеющего как научно-иллюстративный, так и гуманитарный аспект. С одной стороны метод упрощает решение таких задач, как визуализация половой, возрастной и этно-территориальной изменчивости популяций, [Перевозчиков, Маурер, 2009] с другой – помогает осмыслить такие эстетические категории, как красота и гармоничность [Гиляров, 1999]. Внедрена в практику инновационная компьютерная программа «faceONface», разработанная А.Б. Савинецким и Г.В. Сыроежкиным [Савинецкий с соавт., 2015], позволяющая получать фотообобщения повышенной чёткости путем наложения и сопоставления изображений в норме анфас по трем точкам – двум зрачковым (pupillion) и ротовой (stomion), и прошедшая тестирование в лаборатории расоведения НИИ и Музея антропологии МГУ имени М.В. Ломоносова [Маурер, Сыроежкин, 2015; Сыроежкин, Савинецкий, Маурер, 2017].

Ранее эмпирически было показано, что численность порядка тридцати-сорока лиц, вводимых в обобщённый фотопортрет, полученный методом проекционной фотопечати, в целом достаточна для визуальной характеристики генетически однородной группы [Павловский, Перевозчиков, 1977]. Однако не представлялось возможным дать математическое описание процесса накопления и «стабилизации» итогового изображения. Иными словами, ранее качество фотообобщения оценивалось исключительно визуально и не подкреплялось статистическим обоснованием.

Цель данной работы – дать количественную оценку достижения порога численности индивидуальных изображений, необходимых и достаточных для формирования устойчивого и узнаваемого зрительного образа.

Известно, что при фотосъемке вследствие несовершенства технологий, а также самой фотонной природы света возникают дефекты изображения, вносимые фотосенсорами и электроникой устройств – так называемый цифровой шум. Метод устранения шумов путем многократного фотогра-

фирования и последующего редактирования снимка определённого участка неба (метод усреднения изображений) широко применим в астрофотографии [Гонсалес, Вудс, 2012]. Алгоритм получения очищенного от «шума» четкого изображения астрономического объекта состоит из двух этапов:

- осуществляется многократное фотографирование астрономического объекта,
- полученные изображения последовательно накладываются друг на друга с усреднением каждого из пикселей (элементов) изображений.

Аналогичные методы используются и в медицинских исследованиях во время проведения ультразвукового исследования и рентгенографии. При последующей обработке полученных изображений программное обеспечение аппаратов производит объединение нескольких отдельных снимков с целью получения наиболее четкого результата [Сыроежкин с соавт., 2017]. В настоящей работе авторами предпринята попытка применить этот метод устранения шумов к массиву антропологических цифровых данных для получения оценки необходимого и достаточного числа изображений для формирования инвариантного обобщенного фотопортрета. Приведем математическое обоснование такого подхода:

Пусть зашумленное изображение  $g(x, y)$  формируется добавлением шума  $\eta(x, y)$  к исходному изображению  $f(x, y)$ , т.е.

$$g(x, y) = f(x, y) + \eta(x, y). \quad (\text{формула 1})$$

Предполагается, что значения шума в каждой точке  $(x, y)$  являются некоррелированными и имеют среднее нулевое значение: Тогда усредненное из  $K$  изображений  $\bar{g}(x, y)$  выражается формулой:

$$\bar{g}(x, y) = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K g_i(x, y). \quad (\text{формула 2})$$

С учетом, того что  $E(\eta(x, y)) = 0$  и значения шума некоррелированы, получаем:

$$E\{\bar{g}(x, y)\} = f(x, y). \quad (\text{формула 3})$$

На следующем этапе мы оценили разброс значений (иными словами, дисперсию) математического ожидания (в нашем случае  $f(x, y)$ ).

Дисперсия суммы независимых или некоррелированных случайных величин равна сумме дисперсий. Таким образом:

$$D[\bar{g}(x, y)] = D\left[\frac{1}{K} \sum_{i=1}^K g_i(x, y)\right] = \frac{1}{K^2} \sum_{i=1}^K D[g_i(x, y)].$$

Обозначим  $D[\bar{g}(x, y)]$  как  $\sigma_{\bar{g}(x, y)}^2$

Из [Боровков, 2009] имеем:

$$\sigma_{\bar{g}(x, y)}^2 = D\left(\frac{1}{K} \sum_{i=1}^K g_i(x, y)\right) = \frac{1}{K^2} \sum_{i=1}^K D[g_i(x, y)] = \frac{1}{K} \sigma_{\eta(x, y)}^2$$

где  $D[g_i(x, y)] = D[f_i + \eta_i]$

Поскольку  $D[f_i] = 0$  и  $D[\eta_i] = \sigma_{\eta(x, y)}^2$  для всех  $i$

Имеем

$$\sum_{i=1}^K D[g_i(x, y)] = K * \sigma_{\eta(x, y)}^2.$$

И окончательно:

$$\sigma_{\bar{g}(x, y)}^2 = \frac{1}{K} \sigma_{\eta(x, y)}^2.$$

Стандартное отклонение в каждой точке усредненного изображения будет

$$\sigma_{\bar{g}(x, y)} = \frac{1}{\sqrt{K}} \sigma_{\eta(x, y)} \quad (\text{формула 5})$$

Согласно формуле 5 при увеличении  $K$  величина отклонения (уровень шума) значения элемента в каждой точке  $(x, y)$  уменьшается. А из формулы 3 следует, что  $\bar{g}(x, y)$  приближается к  $f(x, y)$  с увеличением числа суммируемых зашумленных изображений.

Таким образом, применительно к задачам физической антропологии, если рассматривать индивидуальные черты людей на изображении как шум, можно примерно оценить необходимое количество портретов, при котором результат обобщения будет меняться незначительно.

Соотношение между стандартными отклонениями для  $K$  и  $K+1$  изображений можно оценить используя следующую формулу:

$$C_K = \sigma_{K+1} / \sigma_K = \sqrt{\frac{K}{K+1}}. \quad (\text{формула 6})$$

## Материалы и методы

72 цифровых фронтальных фотопортрета русских девочек в возрасте 7–9 лет (рис. 1) использованы для получения 10 серий обобщенных фотопортретов разной численности.

Полевая фотография школьниц вторых–третьих классов была выполнена А.М. Маурером в пригородах Горно-Алтайска Республики Алтай и в ряде населенных пунктов Благовещенского района Алтайского края в ходе антропологических экспедиции 2013–2014 годов под руководством В.Н. Разгона, В.А. Бацевича и Е.Г. Воронкова. Данная серия индивидуальных снимков девочек принята за генеральную совокупность. На материале этой серии фотоснимков при помощи компьютерной программы «faceONface» [Сыроежкин с соавт., 2014] созданы представленные ниже обобщенные фотопортреты. Для обобщенных фотопортретов, сформированных на различных по численности сериях исходных снимков, были рассчитаны и оценены изменения между стандартными отклонениями (уровнем шума).



Рис. 1. Русские девочки 7–9 лет, анфас, N=72



Рис. 2. Результат получения обобщённого фотопортрета по трём случайным выборкам из пяти изображений (a, b, c)

### Описание эксперимента

В ходе эксперимента были получены десять обобщённых фотопортретов на основе рандомизированных выборок разной численности: три портрета, при формировании которых использовалось по 5 индивидуальных фотоснимков (рис. 1); фотообобщения из 10, 15, 20, 30, 40, 50 и 70 индивидуальных цифровых изображений (рис. 2–4). Выборки формировались путём случайного извлечения индивидуальных фотоизображений с последующим возвращением их в «колоду».

### Наблюдаемые результаты эксперимента

Три фотообобщения (рис. 2), сформированные на основе случайных выборок (по пяти изображениям) из генеральной совокупности, визуально воспринимаются как изображения различных людей. Индивидуальные черты девочек не вполне сглажены и на серии обобщённых изображений из 10, 15 и 20 суммированных фотографий, отобранных по тому же принципу. Однако заметно плавное повышение однородности полученных изображений, становящихся инвариантами, с приближением к численному рубежу в 30–40 фотографий (рис. 3).



Рис. 3. Результат получения обобщённого фотопортрета по выборкам из 10 (а), 15 (б), 20 (с) и 30 (д) изображений

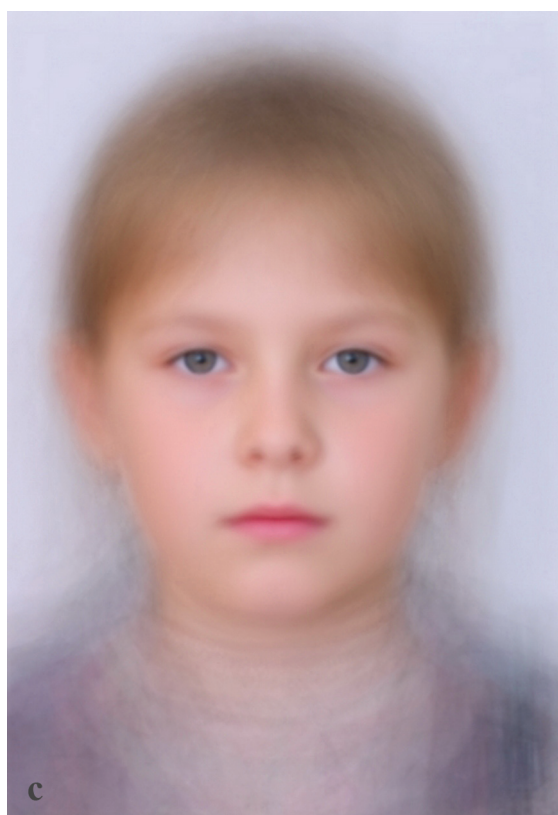
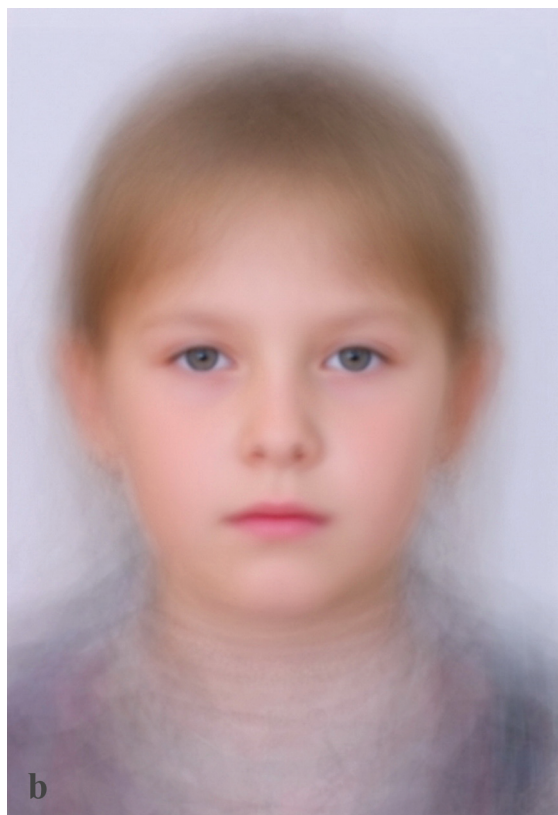
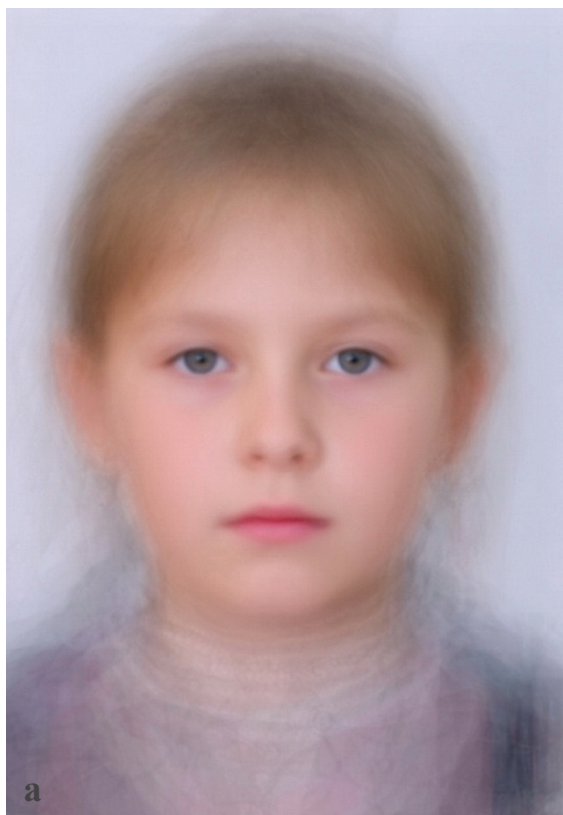


Рис. 4. Результат получения обобщённого фотопортрета по выборкам из 40 (а), 50 (b) и 70 (c) индивидуальных изображений

Визуально однородный ряд фотообобщений, составленных из 40, 50 и 70 индивидуальных портретов показывает, что дальнейшее наращивание числа исходных снимков существенно не влияет на итоговую картинку и дает основание говорить о достижении оптимального числового порога накопления. (рис. 4).

### Обсуждение

Значение цветов пикселей результирующего обобщенного изображения равно среднему арифметическому пикселей исходных изображений [Савинецкий с соавт., 2015] (в указанной работе изложены подробности о визуализации среднеквадратичного отклонения выборки для каждого пикселя). Изменение стандартного отклонения согласно формуле (6) представлено на графике (рис. 5), где по оси абсцисс представлено количество фотографий, используемых для построения усредненного изображения, а по оси ординат соотношение среднеквадратичных отклонений в зависимости от числа изображений. Иными словами, график демонстрирует, насколько будет меняться формируемое композитное изображение при добавлении каждой очередной фотографии.

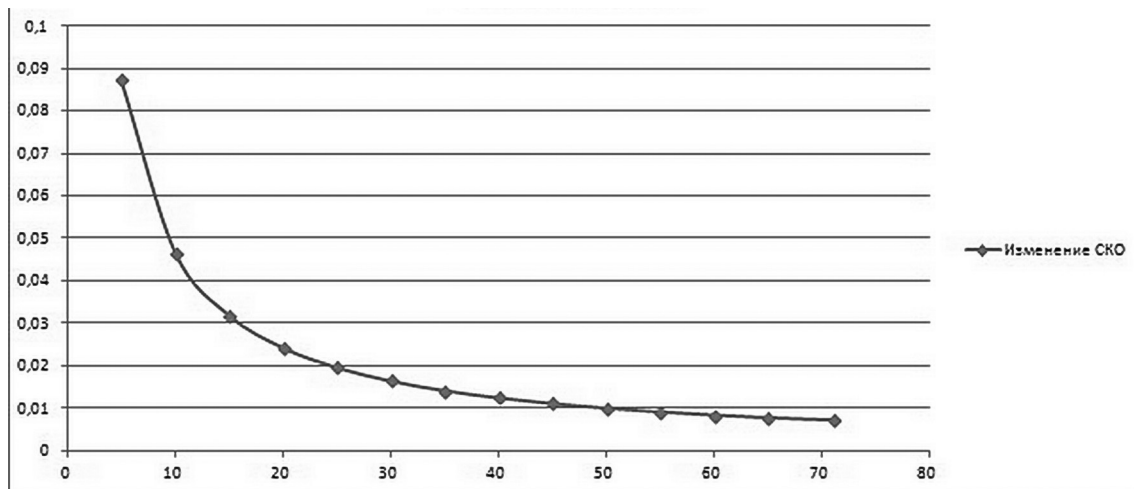


Рис. 5. График изменения среднеквадратического отклонения в зависимости от количества изображений

Очевидно, что уже на совокупности примерно из сорока изображений достигается изменение всего в 1%, то есть добавление дополнительных снимков из генеральной совокупности не вносит визуальных изменений в усредненное изображение.

В антропологической фотографии, одним из методов которой является обобщённый фотопортрет [Перевозчиков, 1987], производится совмещение множества объектов одного класса – фронтальные фотографии лица или тела людей одного пола, возраста и, как правило, одной этно-территориальной группы. В этом случае в категорию «шум» попадают индивидуальные черты каждого объекта (лица или тела), составляющие признаки различия. Обобщённые изображения подвыборки из генеральной совокупности несут в себе сжатую (эссенциальную) информацию разного уровня, а итоговое фотообобщение множества лиц русских девочек – это квинтэссенция признаков сходства конкретной выборки.

### Заключение

На основании анализа применения известного в астрофотографии алгоритма к сериям обобщённых фотопортретов разной численности предложено объяснение явления «семантической стабилизации» изображения при достижении определённого порога накопления. Смысл «картинки» не меняется при последующем прибавлении новых портретных изображений. Аналогом цифрового «шума» в данном случае выступают индивидуальные особенности каждого лица. В результате формируется очищенный от «личностного шума» (персональных морфологических особенностей лица) типологи-

чески однородный обобщённый портрет конкретной выборки. Следует иметь в виду, что популяционно-содержательным обобщённый портрет становится при соблюдении однородности исходных серий портретов по полу, возрасту, этническому и расовому составу.

Междисциплинарный подход, применение метода устранения шумов позволил объяснить давно подмеченный антропологами эффект выравнивания и смысловой «стабилизации» итогового обобщённого изображения по мере накопления численности вводимых в обобщённый портрет индивидуальных фотографий.

### Библиография

- Боровков А.А. Теория вероятностей. 5-е изд. М.: Либроком, 2009. 656 с.
- Гиляров А.М. Секреты красоты // Природа, 1999. № 6.
- Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. 3-е изд. исправл. и дополненное. М.: Техносфера, 2012.
- Маурер А.М., Сыроежкин Г.В. Расширенные возможности метода обобщенного фотопортрета (три евразийские выборки) // Антропология в Московском университете: к юбилею МГУ: Сборник научных статей. [Электронный ресурс] / отв. ред. А.П. Бужилова. М.: НИИ и Музей антропологии МГУ, 2015.
- Павловский О.М., Перевозчиков И.В. Обобщенные фотопортреты некоторых групп населения Средней Азии // Вопросы антропологии, 1977. № 56. С. 16–28.
- Перевозчиков И.В. Основы антропологической фотографии. М.: МГУ, 1987. 60 с.
- Перевозчиков И.В., Маурер А.М. Обобщенный фотопортрет: история, методы, результаты // Вестник Московского университета. Серия XIII. Антропология, 2009. № 1. С. 35–44.

Савинецкий А.Б., Низаметдинов Ш.У., Сыроежкин Г.В., Сафиуллин А.Э. Разработка методов создания и обработки обобщённых компьютерных изображений и их приложение в антропологии // Научная визуализация, 2015. Т. 7. № 5. С. 53–67.

Сыроежкин Г.В., Савинецкий А.Б., Маурер А.М. New computer program «face-on-face» as a new practical anthropological virtual instrument // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология, 2014. № 3. С. 35–37.

Сыроежкин Г.В., Савинецкий А.Б., Маурер А.М. Математическая оценка количества изображений, необходимых для формирования стабильного обобщённого портрета // Вестник научных конференций. Тамбов, 2017. Т. 6. С. 108–111.

Контактная информация:

Савинецкий Александр Борисович: e-mail: albor52@inbox.ru;

Маурер Андрей Маркович: e-mail: foto-rer@yandex.ru;

Сыроежкин Герман Вячеславович: e-mail: laocooler@gmail.com.

## ON THE QUESTION OF OPTIMAL NUMBER OF INITIAL IMAGES FOR OBTAINING AN INVARIANT COMPOSITE PHOTO PORTRAIT

A.B. Savinetskiy<sup>1</sup>, A.M. Maurer<sup>2</sup>, G.V. Syroezhkin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>National Research Nuclear University “MEPhI”, Moscow

<sup>2</sup>Lomonosov Moscow State University, Anuchin’s Research Institute and Museum of Anthropology, Moscow

*The purpose of this study is to evaluate the necessary and sufficient number of individual images to form a stable and recognizable visual image – a composite portrait of a particular sample. Data: 72 digital frontal photographs of Russian girls aged between 7-9 years. Method: software «faceONface» designed for composite photo portrait creation. Results: 10 composite portraits generated on the basis of randomized samples with different capacity (from 5 to 70 individuals); the Gonzalez’s method of «noise elimination» was applied to the data. The graph of variance in mean-square deviation as a function of the number of accumulated images, visualizes previously noticed empirical regularity of achieving a quantitative threshold in which the addition of new images does not significantly change the visual perception of the generalized portrait. A possible explanation of the phenomenon of «semantic stabilization» of an image when a certain threshold of accumulation is reached is proposed. When forming a generalized photo portrait, the individual characteristics of each person are suggested to be considered analogous to the digital «noise». When a threshold in 30-40 initial images is reached, the generalized portrait of a specific sample is freed from «personal noise» (personal morphological features of the face) and approaches a typologically uniform invariant image.*

Keywords: physical anthropology, composite photoportrait, individual features, elimination of digital noise, pixel, mean square deviation

# ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЕ РОССИЙСКИХ ДЕТЕЙ ГРУДНОГО ВОЗРАСТА В СВЯЗИ С КЛИМАТО-ГЕОГРАФИЧЕСКИМИ ФАКТОРАМИ

А.К. Горбачева, Т.К. Федотова

*МГУ имени М.В. Ломоносова, НИИ и Музей антропологии, Москва*

Оценка пространственной изменчивости основных антропометрических показателей грудных детей российских городов в связи с климато-географическими параметрами является продолжением работ московской антропологической школы по исследованию пространственной дифференциации соматических особенностей взрослого населения России и детей школьного возраста. Детское население периода новорожденности и грудного является наиболее пластичным материалом в процессе становления гомеостаза и специфики морфо-физиологического стереотипа в заданных климато-географических условиях, особенно экстремальных экологических условиях. Субъектом исследования являются 12-месячные грудные дети, численность поло-возрастных групп не менее 100 человек, общая численность массива данных около 15 тысяч человек, 122 выборки. Объект исследования – основные показатели физического развития: длина и масса тела как показатели общей величины, обхваты головы и груди как показатель пропорциональности развития. Из климато-географических параметров по электронным базам данных выбраны уровень инсоляции (количество часов солнечного сияния в год) как фактор роста костной ткани; суммарная радиация на единицу площади; широта населенного пункта, характеризующая режим светового дня и косвенно тот же уровень инсоляции; диапазон разности минимальных и максимальных месячных температур как показатель экологического дискомфорта; минимальная температура января как холодовой фактор; общая дискомфортность климата, оцененная по степени влияния основных климатических параметров (температурный баланс, длительность зимы, частота зимних ветров и др.) на условия жизни человека (только для выборок РФ). Для оценки уровня и направления связи соматических и географических факторов использовались диаграммы рассеяния как эффективный инструмент при работе с большими массивами выборочных средних. Показано существование зависимости величины размерных признаков и их соотношений, или пропорциональности телосложения, у грудных годовалых детей от степени дискомфорта климато-географических факторов ниши развития. Отсутствие синхронности реакции на факторы среды габаритных размеров, с одной стороны, и обхватных размеров, с другой, приводит к географическим вариациям телосложения годовалых детей. Усиление природного стресса способствует уменьшению соотношения обхватных размеров к длине тела и усилению лептосомности телосложения, фактически, к ослаблению физических кондиций и приспособленности.

Ключевые слова: антропология, физическое развитие, дети грудного возраста, климато-географические факторы

## Введение

Пространственная изменчивость является фундаментом для изучения морфофункционального разнообразия нашего вида и фактически лейтмотивом любого из разделов биологической антропологии – эволюционного, этнического, возрастного. Изучение многообразия современного населения России и сопредельных государств приводит к обобщению, что «эта проблема не имеет окончательного решения в силу неограниченного характера вариабельности представителей вида *Homo sapiens*» [цит. по: Пурунджан, 1997, с. 54].

В отечественной антропологии сосуществуют и дополняют друг друга разные подходы к изучению пространственного разнообразия морфофункциональных показателей населения. Так, физиологическая антропология убедительно доказывает реальность географической изменчивости внутренней среды организма (обменных процессов), а в популяционной физиологии рассматривается соизменчивость физиологических и морфологических признаков с позиции физиологического гомеостаза популяций и его зависимости от экологических факторов [Гудкова, 2003, 2010, 2013, 2014, 2015]. Возникшие на ее основе антропоэкологические исследования посвящены комплексному изучению коренного традиционного населения как наиболее адекватного среде, сосуществующего в единстве с окружающей средой. Исследование традиционных популяций предполагает анализ всего многообразия их проявлений – структуры, динамики численности, генофонда, адаптивного потенциала, развития и старения, специфики хозяйственно-культурной деятельности. Итогом цикла антропоэкологических исследований является установление устойчивых надэтнических и трансэпохальных морфофизиологических комплексов, специфических для популяций традиционных климато-географических регионов [Алексеева, 1977, 1998, 2004].

Отдельную страницу антропоэкологических исследований составляет изучение возрастно-зависимых признаков, в том числе возрастного остеоморфного статуса популяции и индивидуального биологического возраста по методу OSSEO [Павловский, 1987, 2004]. Оценка адаптированности популяций на основании темпов онтогенетических процессов подтверждает гипотезу о значительном влиянии социальных (антропогенных) факторов на темпы онтогенеза в популяциях современного человека [Бацевич, 2016; Бацевич, Ясина, 2015; Бацевич с соавт., 1999, 2006, 2013, 2014; Ясина, Бацевич, 2015].

Одновременно прикладные антропологические исследования 1970-х–1990-х годов были сосредото-

точены на городском урбанизированном населении, которое противопоставлено в значительной степени окружающей природной среде и адаптируется к искусственной антропогенной – универсальной по своим проявлениям для всех территорий, агрессивной, дистрессовой в случае с крупными урбанистическими агломерациями (мегаполисы), сравнимой по степени воздействия с генетическим фактором. И если в случае традиционных сообществ географическая изменчивость вполне прозрачна, являясь результатом адаптации конкретной антропологической группы к конкретным специфическим ориентирам экологической ниши, то в случае с городским населением в картину географической изменчивости активно вмешиваются процессы конвергенции под влиянием одних и тех же антропогенных факторов. Тем не менее, по материалам городских выборок показана ярко выраженная географическая приуроченность ряда антропометрических показателей (например, жировых складок) [Дерябин, Пурунджан, 1977]. Также выявлен градиент увеличения длины тела с востока на запад, в частности от Приуралья к Прибалтике, и определены характерные для разных территорий сочетания длины ноги и корпуса, обхватов груди и талии, а также эпохальная преемственность географического распределения этих признаков [Пурунджан, Дерябин, 1979]. Эпохальная преемственность выявлена для длины тела взрослых мужчин и женщин почти всего населения земного шара на основе мета-анализа результатов 1472 популяционных исследований [A century... 2016]: области высокорослости и низкорослости на историческом интервале 1896–1996 гг. не изменяются. Разрыв между самыми высокорослыми и низкорослыми популяциями остается с течением времени на протяжении века неизменным для женских популяций (19–20 см) и несколько увеличивается для мужских, даже вопреки переменам в структуре социального ранжирования стран. Эти факты свидетельствуют о неизменном значении географических параметров в формировании пространственной изменчивости морфофункциональных характеристик человека.

Говоря об эпохальной преемственности географического распределения признаков, необходимо иметь в виду, что устойчивость является основным свойством межгрупповых морфологических вариаций, однако временная динамика показателей обеспечивается весьма разнообразными комплексами факторов, сочетание которых не одинаково на разных территориях. Для населения разных районов СССР показано различие в проявлениях секулярного тренда, его характер меняется с течением времени, а проявления в одних и тех же

признаках могут быть не одинаковы в разных группах населения в связи со спецификой условий жизни [Куршакова, 1983]. Поэтому в целом результаты изучения ассоциаций морфологических характеристик взрослого населения бывшего СССР с географическими факторами неоднозначны. Так, известная климатическая резистентность пропорций, развития мышечного компонента, в первую очередь для мужчин [Дерябин, Пурунджан, 1990], указывают на первостепенность генетической составляющей межгрупповой вариации. А хронобиологические характеристики взрослого сельского населения СССР автономны от природных условий и обусловлены демографическими и медицинскими параметрами [Белкин с соавт., 1999]. Теоретическая ценность подобных исследований тем более велика, что урбанистическая ниша становится единственной универсальной для большинства человечества, а глобализация охватывает все сферы экономики и культуры.

На материалах прикладных антропологических исследований было также показано, что морфологический уровень изменчивости неизменно остается информативным и интегральным как «долгосрочное вложение» всех обстоятельств онтогенеза [Куршакова с соавт., 1994]. Соматика обладает длительной онтогенетической и эволюционной памятью, ответ организма на влияние различных факторов на соматическом уровне отражает системный (целостный) характер реакции.

Близко к собственно антропологическим исследованиям примыкает направление изучения традиционных сообществ с позиций теории жизненного цикла человека [Будилова, 2013, 2015; Будилова, Лагутин, 2011, 2014; Будилова, Мигранова, 2012; Терехин, Будилова, 2001; Троценко с соавт., 2010]. Такие характеристики жизненного цикла как возраст половой зрелости, продолжительность жизни и межродовой интервал растут с уменьшением пресса среды. Сопутствующие жизненному циклу антропометрические характеристики – масса тела возраста половой зрелости (фактически роженицы) и масса тела ребенка в момент освобождения от родительской опеки – растут при уменьшении пресса среды и улучшении условий питания. А вес при рождении тесно связан с доминирующим типом давления среды – в промышленно развитых странах с преимущественным распространением хронических заболеваний (в отличие от развивающихся стран с преимущественным распространением инфекционных паразитарных болезней) естественный отбор будет действовать в направлении укрупнения новорожденных детей. Анализ системного влияния экологических факторов – климатических, демографических,

социально-экономических – для 82 регионов России указывает на сохранение эволюционно обоснованной связи показателей жизненного цикла с климатическими факторами, по-прежнему регулирующими иммунитет, и антропогенными параметрами региона проживания (размещение промышленности, развитость инфраструктуры, уровень техногенных загрязнений) [Будилова, 2015].

Соотношение пространственной изменчивости антропометрических показателей взрослых и детей можно рассматривать как результат и процесс его достижения. Привлечение детского материала (возрастные группы от 3 до 17 лет) к масштабному изучению географической изменчивости антропометрических признаков на территории РФ и бывшего СССР показало преимущество изменчивости размеров тела в эти возрастные периоды с таковой для взрослого населения [Пурунджан, 1997]. Однако это заключение не вполне согласуется с результатами анализа морфологических особенностей и ростовых процессов детского населения 3–17 лет стран-членов СЭВ второй половины 1960-х (НРБ, ВНР, ГДР, ПНР, СРР, СССР, ЧССР) [Дунаевская, 1974]: при сопоставлении данных по длине тела взрослого и детского населения отмечено, что лишь в раннем детстве (в 3 года) и отчасти в 17 лет этнотерриториальные различия носят тот же характер, что и у взрослого населения. Во всех других возрастах и для всех прочих признаков (обхват груди, верхний отрезок тела, длина туловища и сегментов конечностей) соотношение между населением этих стран не постоянно. Наиболее очевидными причинами этого непостоянства являются, во-первых, межгрупповые различия в возрасте максимальных скоростей роста, приводящие к закономерным перестройкам структуры межгруппового распределения признаков в разных возрастных точках [Дерябин, Федотова, 2002]. Во-вторых, неоднородный социальный состав выборок. Так, для стран с максимальной длиной тела взрослого населения (ВНР, ГДР, ЧССР) пубертатное ускорение роста отмечается в более ранние сроки. А ранние сроки ускоренного роста для детей НРБ с самым низкорослым населением обусловлены специфичностью выборки, состоящей в подавляющем большинстве из детей служащих. Одновременно пропорции сегментов конечностей (индекс длины предплечья к длине плеча в логарифмических единицах), суммированные по всему возрастному интервалу 3–17 лет, имеют ту же направленность, что и для соотношения анализируемых данных по взрослому населению.

Заметим, что возраста от 3 до 17 лет характеризуются относительной стабильностью индивидуальной онтогенетической траектории, устойчивым

межиндивидуальным и межгрупповым разнообразием [Дерябин, Федотова, 2002; Дерябин с соавт., 2004, 2006; Федотова, 2008]. При этом изучение пространственного разнообразия на старте онтогенеза, от рождения до 3 лет, сопряжено с некоторыми трудностями, поскольку соматический статус новорожденных, грудных и детей раннего возраста еще не является проявлением индивидуального генетического потенциала и опосредовано рядом факторов. Напомним, что для жизненного цикла человека характерно увеличение количества стадий постнатального развития сравнительно с социальными млекопитающими, в первую очередь, за счет продолженного детства, включающего последовательный ряд периодов со своим биологическим содержанием [Безруких с соавт., 2008]. Так, внутриутробный рост и соматический статус новорожденных опосредованы соматическим и функциональным статусом роженицы. Соматический статус грудных детей есть иллюстрация процессов компенсаторного роста, сглаживающего воздействие негативных ограничивающих рост внутриутробных факторов. А итог этих процессов в финале грудного периода роста, или соматический статус 12-месячного ребенка, есть промежуточный результат поиска индивидуальной онтогенетической траектории. Она уточняется на протяжении раннего периода онтогенеза от года до трех и завершается окончательным обретением эмансипации организма от условий и последствий внутриутробного роста и материнского фактора, уменьшением скоростей роста, окончательным переходом к самостоятельному питанию, освоением психологических и поведенческих навыков. В зарубежной антропологии, в частности, американской [Bogin, 1999, 2009], грудному периоду (от двух до 12 месяцев) и периоду раннего детства (от года до 3 лет) соответствует единый период младенчества (со второго месяца до 3 лет). Однако и в отечественной, и в зарубежной периодизации онтогенеза возраст 3 года является условной границей между двумя состояниями растущего организма: физиологически и поведенчески зависимым и относительно автономным. Формирование более или менее устойчивой структуры межиндивидуального и межгруппового морфологического разнообразия начинается не ранее второго полугодия жизни ребенка [Дерябин с соавт., 2009].

Исследование именно этих возрастных периодов может пролить свет на механизмы формирования пространственного разнообразия морфофункционального статуса человека. Детское население с периода новорожденности является наиболее пластичным материалом в процессе становления гомеостаза и специфики морфофизиологического

стереотипа в заданных климато-географических, особенно экстремальных экологических условиях.

В задачу настоящей работы входила оценка пространственной изменчивости основных антропометрических показателей грудных детей российских городов в связи с климато-географическими параметрами как факторами уровня иммунитета и статуса здоровья.

## Материалы и методы

Для исключения влияния временного фактора, роль которого рассмотрена в предыдущей работе [Горбачева, Федотова, 2016], для анализа пространственной изменчивости показателей физического развития грудных детей выбраны два компактных временных среза – дети второй половины 1960-х – первой половины 1970-х годов (106 выборок) и дети современной России (16 выборок). Данные для двух исторических срезов привлечены для оценки степени устойчивости ассоциаций антропометрических показателей с географическими факторами на фоне усиления уровня антропогенной нагрузки на население за последние 30–40 лет. Субъектом исследования являются 12-месячные грудные дети (численность половозрастных групп не менее 100 человек, общая численность массива данных около 15 тысяч человек) Возраст 12 месяцев выбран на основании следующих соображений: как уже упоминалось выше, формирование межгруппового морфологического разнообразия начинается не ранее второго полугодия жизни и наибольший масштаб межгрупповых различий в грудном возрасте окажется, соответственно, именно в 12 месяцев, а точечный возрастной срез использован, чтобы соблюсти необходимое условие минимизации эффекта возрастной динамики характеристик внутригрупповой вариации и коррелированности признаков [Дунаевская, 1974; Дерябин, 2004; Куршакова, 1973]. Последнее условие особенно важно в виду взрывной интенсивности ростовых процессов детей грудного периода [Дерябин с соавт., 2009]. Объект исследования – основные показатели физического развития: габаритные размеры длина и масса тела как показатель общей величины, обхваты головы и груди как показатель пропорциональности развития. Нарушение пропорций тела в сторону уменьшения обхватных размеров относительно габаритных, или усиление лептосомности телосложения, связано с ослаблением физических кондиций и адаптивного потенциала, что является хрестоматийным фактом многочисленных исследований

в области ауксологии и возрастной физиологии для детей старших возрастных периодов. Для новорожденных, по данным генетических исследований [Дамбуева, 1992], размерность и пропорциональность телосложения маркирует приспособленность и индивидуальный уровень гетерозиготности, и наибольшая приспособленность свойственна новорожденным со средними значениями размерно-весовых характеристик.

Основной источник ретроспективного материала – сборники по физическому развитию детей городов и сельских местностей СССР Научного центра здоровья детей РАМН [Материалы... 1977], современного материала – аналогичный сборник для РФ [Материалы... 2013], а также собственные материалы по грудным детям разных округов мегаполиса Москвы и Подмосковья (г. Балашиха) и наукограда Обнинска Калужской области. Материалы из сборников по физическому развитию собраны по единым требованиям НИИ гигиены и охраны здоровья НЦЗД РАМН и вполне сравнимы.

Из большого числа климато-географических параметров выбраны, по нашему мнению, наиболее значимые факторы: 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 косвенно тот же уровень инсоляции; 4) диапазон (колебания) разности минимальных и максимальных месячных температур как показатель экологического дискомфорта; 5) отдельно минимальная температура января, являющаяся, как показано в антропологических и экологических исследованиях, значимым фактором изменчивости массы тела новорожденных [Боровкова с соавт., 2012; Будилова, 2015; Вершубская, Козлов, 2011]; 6) общая дискомфортность климата, оцененная по степени влияния основных климатических параметров (температурный баланс, длительность зимы, частота зимних ветров и др.) на условия жизни человека (только для выборок РФ). Источником этой информации являются электронные базы данных [Метеоархивы, 2017; Погода... 2017; Специализированные... 2017; Web-Атлас... 2017].

Для оценки уровня и направления связи антропометрических параметров грудных детей с природными факторами в отсутствие доступных индивидуальных данных и возможности применения многомерных статистических методов использовались диаграммы рассеяния – эффективный инструмент при работе с большими массивами выборочных средних [A century... 2016].

## Результаты и обсуждение

Наиболее информативным географическим фактором изменчивости антропометрических размеров годовалых детей является широта как обобщенный параметр холодовых условий и уровня инсоляции территории проживания. При увеличении показателя с 35 по 70 градус северной широты, а именно в этот интервал попадают все наши выборки, у годовалых детей обоего пола происходит достоверное увеличение длины и массы тела ( $r=0,44-0,48$ ,  $p=0,003-0,008$ ), менее выраженное увеличение обхватов груди ( $r=0,35$ ,  $p=0,03$ ) и головы ( $r=0,19$ ,  $p=0,34$ ) (рис. 1а, б, с, д, рис. 2). Таким образом, фактор широты положительно связан с увеличением габаритных размеров и одновременно с изменением пропорциональности телосложения в сторону уменьшения соотношения обхватных и габаритных размеров или ослабления адаптивности. Аналогичные тенденции отмечены и для новорожденных РФ [Боровкова с соавт., 2012].

Количество часов солнечного сияния в год и уровень суммарной радиации не вносит достоверного вклада в изменчивость антропометрических показателей грудных детей обоего пола. Однако интересно, что с увеличением уровня суммарной радиации отмечается некоторое уменьшение длины тела детей в сочетании с обратной тенденцией увеличения обхватных размеров, т.е. изменяется соотношение обхватов и длины тела или пропорциональности телосложения (рис. 3а, б) в сторону усиления приспособленности. Для сравнения, для новорожденных обоего пола в связи с увеличением уровня инсоляции отмечается достоверная тенденция к увеличению длины тела, закономерная с точки зрения значения УФ для развития скелетного компонента сомы. Уровень корреляций близок по результатам разных исследований для территорий РФ –  $r=0,39$  [Боровкова с соавт., 2012],  $r=0,31$  [Вершубская, Козлов, 2011].

С увеличением диапазона разности минимальных и максимальных годовых температур (январских и июльских), который колеблется для наших выборок в интервале 18–42 градуса, все размеры тела детей обоего пола имеют тенденцию к уменьшению (рис. 4а, б), а уменьшение обхват груди у мальчиков и девочек приближается к достоверным значениям ( $r=-0,27$ ,  $p=0,09$ ). Таким образом, с увеличением степени климатического дискомфорта места жительства младенцы становятся несколько мельче, а их пропорциональность изменяется в сторону ухудшения приспособленности.

С уменьшением минимальной температуры января выявляется тенденция к уменьшению обхватных размеров головы и груди у детей обоего пола в

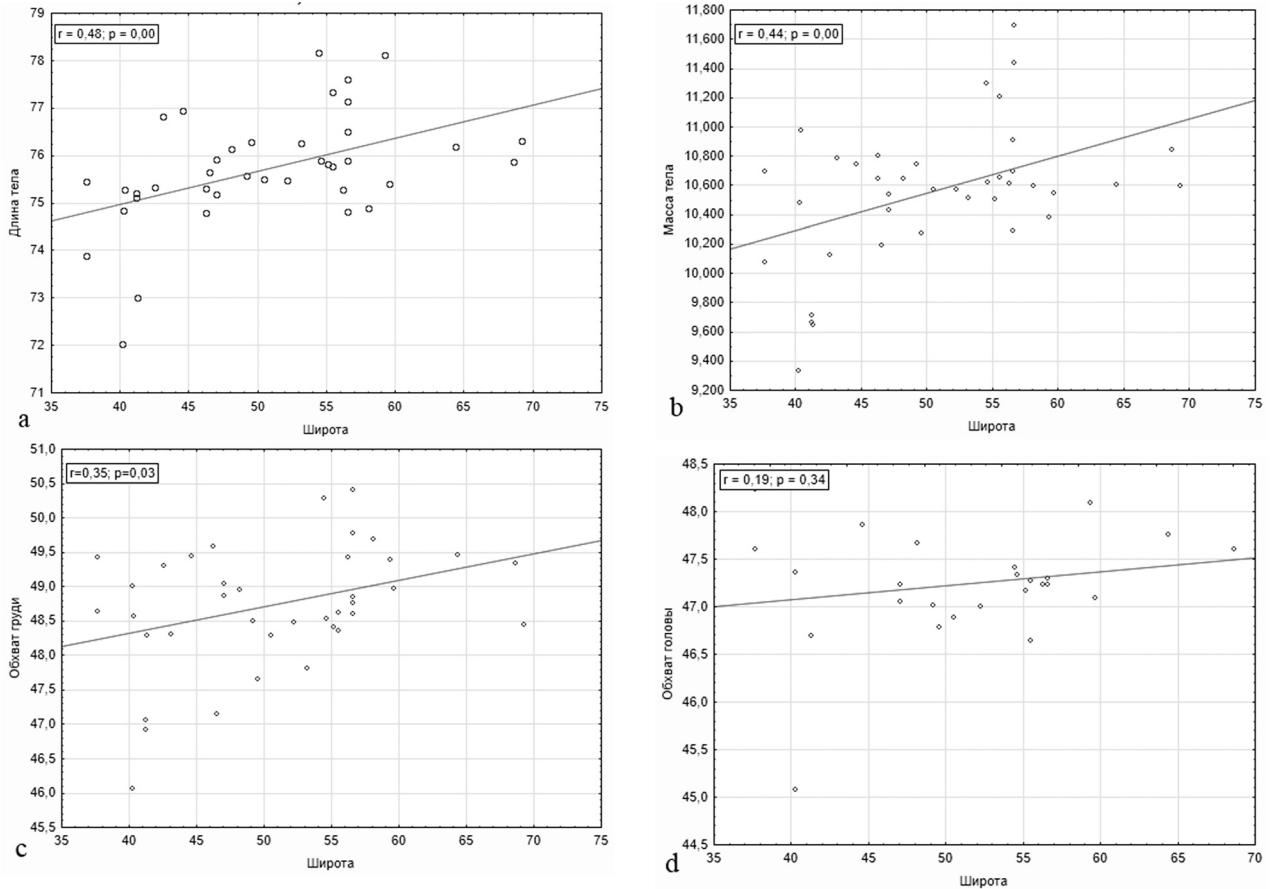


Рис. 1. Корреляции размеров тела 12-месячных мальчиков (ось Y) с географической широтой (ось X) по материалам 1970-х годов (а – длина тела, б – масса тела, с – окружность груди, d – окружность головы)

сочетании с некоторым увеличением габаритных размеров, что, видимо, следует трактовать как некоторое ослабление приспособленности в дискомфортных холодовых климатических условиях.

При увеличении общей дискомфортности климата размеры тела грудных детей меняются не достоверно (рис. 5а, б). Это закономерная картина, учитывая тот факт, что все наши выборки попадают в достаточно комфортные климатические зоны с балловой оценкой показателя 0–15. Можно отметить, что на фоне географически стабильной длины тела, масса и обхватные размеры имеют тенденцию к уменьшению и минимальные их значения среди привлеченных к анализу выборок отмечаются для Норильска (балл показателя дискомфорта климата 50), характеризующегося крайне суровым субарктическим климатом, одного из самых холодных городов мира, даже сравнительно с городами на той же широте. Существование в экстремальных условиях Крайнего Севера хронического напряжения систем кровообращения и дыхания, как следствие эндогенной гипоксии, отрицательно влияет через материнский организм

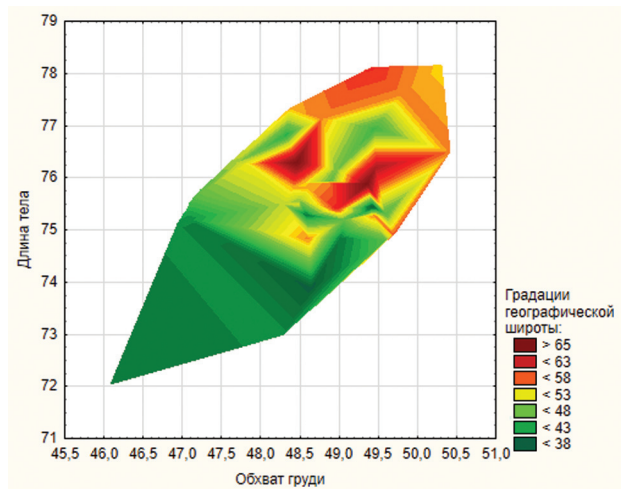


Рис. 2. Динамика длины тела (ось Y) и окружности груди (ось X) 12-месячных мальчиков в зависимости от географической широты. Градациям значений географической широты соответствуют разные цвета (максимум – красный цвет, минимум – зеленый)

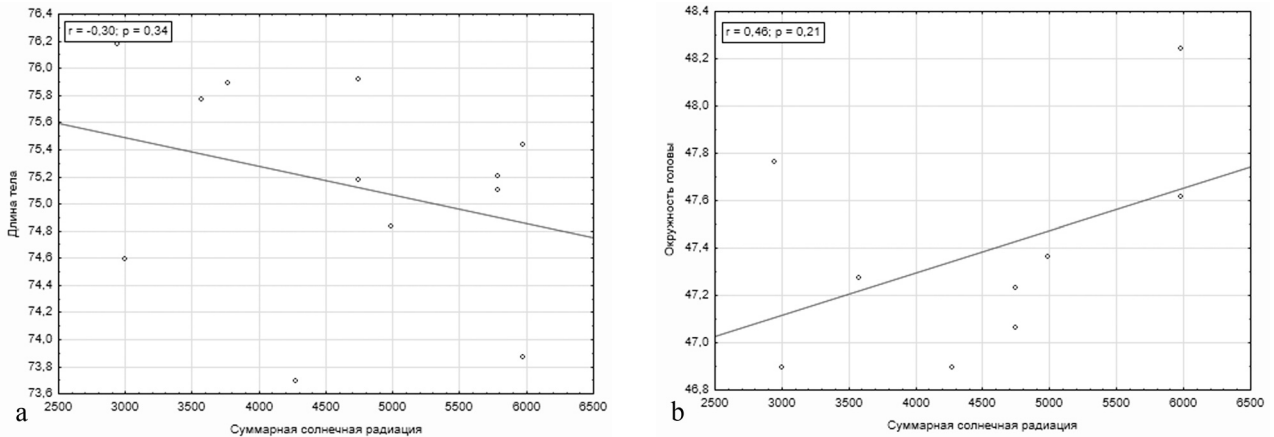


Рис. 3. Корреляции размеров тела 12-месячных мальчиков (ось Y) с суммарной солнечной радиацией на единицу площади, Мдж/м.кв. (ось X) (а – длина тела, б – окружность головы)

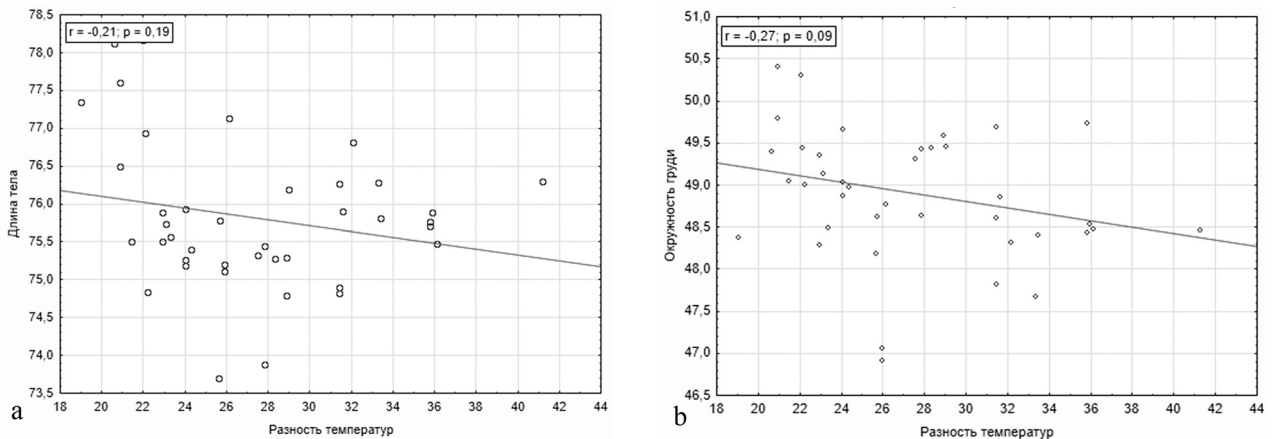


Рис. 4. Корреляции размеров тела 12-месячных мальчиков (ось Y) с разностью максимальных и минимальных температур (ось X) (а – длина тела, б – окружность груди)

на развитие плода и новорожденного, увеличивает риск заболеваний в первый год жизни, снижает пластичность и резистентность к повреждающим факторам среды, утяжеляет течение патологических процессов. В частности, особенностью формирования сердца в условиях Севера и Сибири является выраженная динамичность, детерминированная климатическими условиями, с начала перинатального периода развития вплоть до конца первого года жизни, и в связи с сопряженными формами компенсаторно-приспособительных реакций к условиям среды [Пуликов, 2009].

Высказывается точка зрения о том, что экстремальные экологические факторы Сибири неблагоприятно сказываются на развитии в первую очередь детей экокочувствительного раннего возраста от 0 до 3 лет и снижают темпы акцелерационных процессов физического развития этой возрастной группы [Савватеева с соавт., 2003]. Для некоторых регионов (Красноярский край) отмечена стабильная низкорослость сельского населения

на протяжении длительного исторического отрезка времени [Медведев с соавт., 2012]. Одновременно климатические условия Европейского Севера не влияют на физическое развитие детей, хотя это установлено для другого возрастного периода – подростков [Кузнецова с соавт., 2015]. В климатических условиях аридной зоны Туркменистана, адаптация к которым связана с напряжением гомеостаза, как и в условиях Севера, по результатам 20-летних наблюдений (1975–1995) также не выявлено явлений акцелерации, хотя у городских туркменских детей и подростков за два десятилетия отмечено ускорение темпов нарастания антропометрических параметров и полового созревания [Кириченко, 1997]. То есть адаптация к стрессовым экологическим условиям частично компенсируется улучшением социальных факторов в урбанизированной среде.

Население Норильска, самого северного города мира с постоянным населением более 150 000 жителей и одного из самых экологически

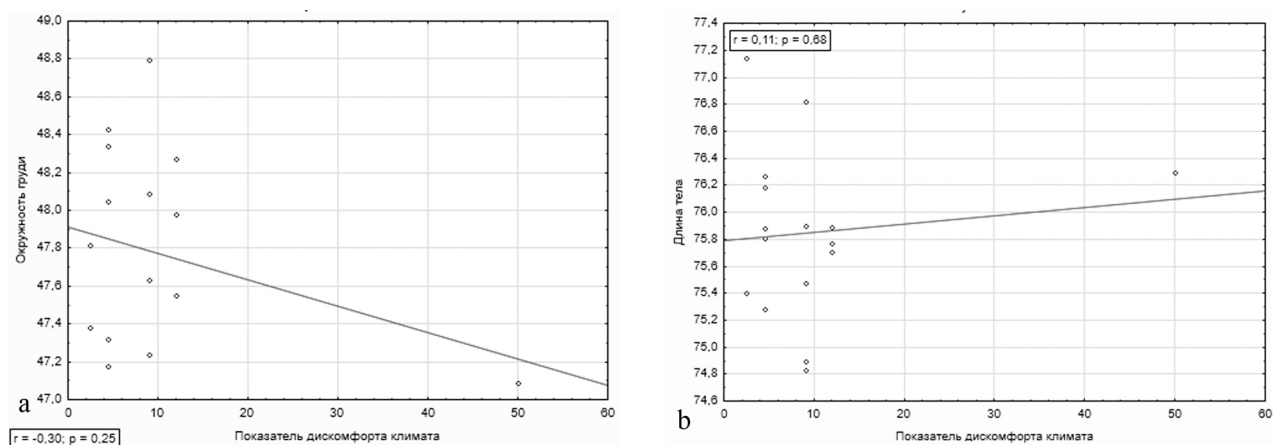


Рис. 5. Корреляции размеров тела 12-месячных девочек (ось Y) с показателем дискомфорта климата (ось X) (а – окружность груди, б – длина тела)

(промышленно) загрязненных городов в мире, испытывает к тому же двойную стрессовую нагрузку климатических и антропогенных факторов, сочетанное давление повреждающих факторов среды. Влиянию антропогенных факторов на пространственную изменчивость антропометрических показателей грудных детей и их возможному взаимодействию с климато-географическими будет посвящена следующая часть нашего исследования. По некоторым данным высокий уровень техногенных загрязнений атмосферного воздуха (взвешенных веществ, диоксида серы, оксида углерода и азота) в условиях средних широт задерживает физическое развитие (снижает массу тела, изменяет весо-ростовой индекс, САД и ДАД). Хотя в условиях Европейского Севера не оказывает подобного эффекта, что трактуется с позиций перекрестной адаптации [Кузнецова с соавт., 2015]. В целом, усиление дискомфорта природных условий ослабляет, видимо, приспособленность или адаптивный потенциал организма грудных детей, что выражается в отклонении размерных показателей в сторону увеличения или уменьшения в связи с воздействием разных природных факторов и изменением пропорциональности телосложения в сторону лептосомности.

Анализ ассоциаций географической изменчивости размеров тела современных грудных детей 2000-х годов не выявил достоверных связей ни с одной из привлеченных географических переменных (рис. 6). Это может быть связано как с небольшой численностью современных выборок и соответственно меньшим спектром климато-географических условий их проживания, так и со значительным возрастанием уровня антропогенной нагрузки, нивелирующей влияние климато-географических воздействий, за десятилетия, прошед-

шие с 1970-х гг. Вопрос о степени устойчивости связей соматических показателей и географических факторов, как и эпохальной преемственности географического распределения показателей в грудном возрасте, таким образом, требует дополнительного исследования.

Аналогичное исследование пространственных вариаций размеров тела новорожденных России и бывшего СССР, выполненное с привлечением 126 этно-территориальных групп общей численностью более 70 тысяч человек [Боровкова с соавт., 2012] показало, что ни климато-географические факторы, ни степень урбанизации места жительства, ни собственно антропологическая специфика выборки новорожденных, рассматриваемые отдельно, не являются однозначными определяющими в вариации размеров тела детей этой возрастной категории. Этнические различия не выявляются систематически и зависят от социально-экономических факторов риска. Более систематически выявляется акцелерированность по габаритным размерам, особенно по длине тела новорожденных горожан сравнительно с сельскими сверстниками соседствующих территорий.

В целом по материалам отечественных аукологических исследований детей и подростков школьного возраста можно сделать вывод, что направленное влияние природных факторов среды на ростовые процессы и половое созревание детей отмечается в случае их экстремального характера (например, высокогорная гипоксия) и незначительно, пока они находятся в пределах широкой нормы [Година, Миклашевская, 1989; Миклашевская с соавт., 1988], и вклад социального фактора в пространственную изменчивость роста и развития доминирует. Например, ростовые кривые тотальных размеров тела и средний возраст менархе

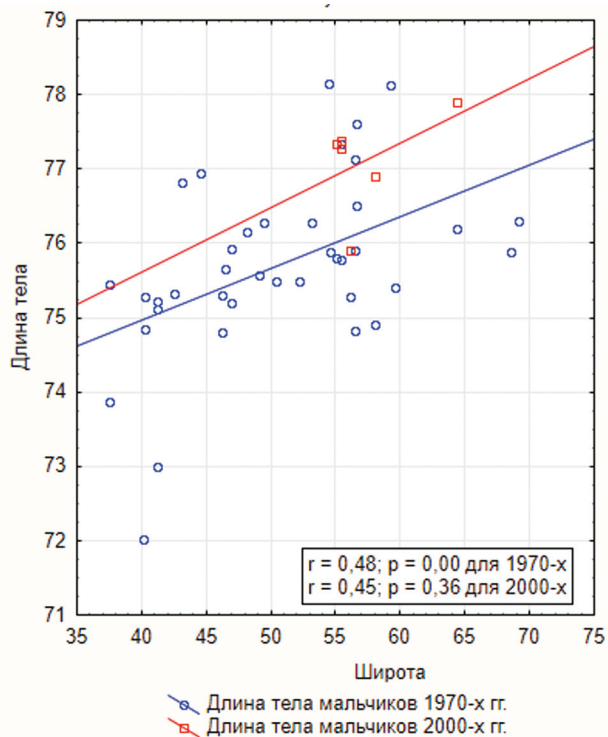


Рис. 6. Сопоставление корреляций длины тела 12-месячных мальчиков 1970-х и 2000-х гг. (ось Y) с показателем географической широты (ось X)

фактически идентичны для городских детей Сибири, субтропиков и Средней полосы России. Тем не менее, межгрупповой мета-анализ показал наличие западно-восточного градиента распределения длины тела этнотерриториальных групп детей и наличие возрастающего градиента по длине и убывающего по массе в направлении с севера на юг [Година, 2001]. Обсуждаемые тенденции более четко выражены у более экочувствительных мальчиков сравнительно с девочками и у сельских групп сравнительно с городскими, чья адаптация к природным условиям опосредована антропогенным фактором. Западно-восточный градиент увеличения длины тела выявлен также и для новорожденных РФ [Боровкова с соавт., 2012].

### Заключение

Результаты нашего анализа, таким образом, указывают на существование зависимости величины размерных признаков и их соотношений, или пропорциональности телосложения, у грудных годовалых детей от степени дискомфорта климато-географических факторов ниши развития. Отсутствие синхронности реакции на факторы среды

габаритных показателей как фактора общего размера, с одной стороны, и обхватных размеров как фактора пропорциональности, с другой, приводит к географическим вариациям телосложения годовалых детей. Усиление природного стресса способствует уменьшению отношения обхватных размеров к длине тела и усилению лептосомности телосложения, т.е. фактически ослаблению физических кондиций и приспособленности.

Зависимость состояния общественного здоровья в широком смысле от климатических факторов обсуждается с глубокой древности, например, в трактате Гиппократов «О воздухах, водах и местностях»: «Природа людей отражает природу страны, местности, в которой они живут. <...> Европейцы более отличаются друг от друга по внешнему виду, чем азиаты, и в каждом отдельном городе люди по величине и росту очень между собою различны. <...> Астрономия имеет к медицинскому искусству не малое отношение, а скорее очень большое. Ведь вместе с временами года меняются желудки и болезни людей. <...> Там, где перемены в погоде и весьма часты и различны между собою, там ты можешь найти и формы, и нравы, и натуре людей, во многом различные» [цит. по: Lloyd, 1978]. Ритмы жизнедеятельности современного человека по-прежнему указывают на его глубинную связь с биосферой как ее неотъемлемой составляющей, а актуальность анализа этой зависимости только возрастает в связи с глобальными климатическими изменениями на фоне антропогенной деятельности человека.

### Благодарности

Исследование выполнено в рамках темы «Современные проблемы биологической изменчивости человека».

### Библиография

- Алексеева Т.И. Географическая среда и биология человека. М.: Мысль, 1977.
- Алексеева Т.И. Адаптация человека в различных экологических нишах Земли. М.: Изд-во МНЭПУ, 1998.
- Алексеева Т.И. Антропологические аспекты экологии человека: итоги и перспективы // Антропология на пороге III тысячелетия. М.: Старый сад, 2004. Т. 2. С. 706–718.
- Бацевич В.А. Секулярная и возрастная динамика биологических характеристик в двух группах современного населения в разных экологических условиях // Вестник Московского университета. Серия XIII: Антропология, 2016. № 4. С. 110–117.

- Бацевич В.А., Дерябин В.Е., Павловский О.М.* Опыт сопоставления показателей окружающей среды и здоровья с хронобиологическими характеристиками взрослого населения российских сел // Экологическая антропология. Ежегодник. Минск, 1999. С. 43–45.
- Бацевич В.А., Кобылянский Е.Д., Ясина О.В.* Онтогенетические изменения скелета у взрослого населения в различных социальных и географических условиях: антропологическое исследование // Археология, этнография и антропология Евразии, 2013. № 4. С. 146–154.
- Бацевич В.А., Максинева Д.В., Павловский О.М. с соавт.* Возрастные остеоморфные показатели костей кисти как индикатор экологического благополучия популяции // Вестник Тамбовского государственного университета, 2006. С. 1–12.
- Бацевич В.А., Мансуров Ф.Г., Ясина О.В., Данилкович Н.М.* Экологические вариации темпов созревания костей кисти у детей и подростков // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология, 2014. № 4. С. 62–73.
- Бацевич В.А., Павловский О.М.* Изменения социальных условий и ритм онтогенеза в популяциях человека // Вопросы антропологии, 2007. Вып. 93. С. 3–17.
- Бацевич В.А., Ясина О.В.* Долговременные изменения соматических показателей и возраста менархе у сельского чувашского и башкирского населения в XX веке // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология, 2015. № 4. С. 4–13.
- Белкин В.Ш., Коростышевский М.А., Бацевич В.А. с соавт.* Корреляции морфологических характеристик популяций человека с климатогеографическими факторами // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология, 2012. № 1. С. 63–75.
- Будилова Е.В., Мигранова Л.А.* Пространственная дифференциация демографических показателей популяционного здоровья населения России // Актуальные проблемы экологии и природопользования: Сб. науч. тр. Вып. 14. М.: РУДН, 2012. Ч. 2. С. 260–268.
- Будилова Е.В.* Эволюция жизненного цикла человека – новое междисциплинарное направление в экологии человека // Актуальные проблемы экологии и природопользования: Сб. науч. тр. / отв. ред. Н.А. Черных. Вып. 15. М.: РУДН, 2013. С. 399–402.
- Будилова Е.В.* Эволюция жизненного цикла человека: анализ глобальных данных и моделирование. Дисс. ... д-ра биол. наук. М., 2015.
- Будилова Е.В., Лагутин М.Б.* Рождаемость и смертность населения России в контексте эволюционно-экологического подхода // Этнос и среда обитания: Сб. статей по этноэкологии. Вып. 4 / под ред.: Н.И. Григулевич, Н.А. Дубовой (отв. ред.), И.А. Субботиной, А.Н. Ямскава. М.: Старый Сад, 2014. С. 246–263.
- Будилова Е.В., Лагутин М.Б.* Региональная изменчивость средней смертности населения России // Народонаселение, 2011. № 3. С. 24–35.
- Вершубская Г.Г., Козлов А.И.* Долговременные изменения размеров тела новорожденных и их матерей в Сибири и на Европейском Севере России // Вестник археологии, антропологии и этнографии, 2011. № 2 (15). С. 142–151.
- Година Е.З.* Динамика процессов роста и развития у человека: пространственно-временные аспекты. Автореферат дисс. ... д-ра биол. наук. М., 2001.
- Година Е.З., Миклашевская Н.Н.* Экология и рост: влияние факторов окружающей среды на процессы роста и полового созревания у человека // Рост и развитие детей и подростков / Итоги науки и техники. Антропология. М.: ВИНТИ, 1989. Т. 3. С. 77–134.
- Гудкова Л.К.* О причинах популяционного разнообразия морфофизиологических корреляций // Антропология на пороге III тысячелетия. М.: Старый сад, 2004. Т. 2. С. 766–776.
- Гудкова Л.К.* Проблема целостности в физиологической антропологии // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология, 2010. № 3. С. 16–24.
- Гудкова Л.К.* Комплексные исследования в физиологической антропологии (методологический аспект) // Актуальные вопросы антропологии: Сб. науч. тр. Минск: Беларуская навука, 2011. Вып. 6. С. 47–55.
- Гудкова Л.К.* Изменчивость как понятие и как основное содержание физиологической (экологической) антропологии. Часть 1 // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология, 2013. № 3. С. 4–14.
- Гудкова Л.К.* Изменчивость как понятие и как основное содержание физиологической (экологической) антропологии. Часть II // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология, 2014а. № 4. С. 4–17.
- Гудкова Л.К.* Значение работ В.П. Волкова-Дубровина для развития физиологической антропологии // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология, 2014в. № 1. С. 84–89.
- Гудкова Л.К.* Изменчивость системы физиологических признаков как критерий биологической адаптированности современных популяций *H. sapiens* // Антропология в Московском университете: к юбилею МГУ: Сб. науч. ст. [Электронный ресурс] / отв. ред. А.П. Бужилова. М.: НИИ и Музей антропологии МГУ, 2015.
- Дерябин В.Е.* Многомерные методы исследования межгрупповой вариации у детей // Вестник антропологии: Научный альманах. 2004. Вып. 11. С. 120–141.
- Дерябин В.Е., Пурунджан А.Л.* К проблеме исследования географического распределения величины признаков (на примере жировых складок) // Вопросы антропологии, 1977. Вып. 55. С. 157–164.
- Дерябин В.Е., Пурунджан А.Л.* Географические особенности строения тела населения СССР. М.: Изд-во МГУ, 1990.
- Дерябин В.Е., Федотова Т.К.* Стабильность структуры межиндивидуальных распределений размеров тела у детей в период роста. М., 2002. Деп. в ВИНТИ № 1686–В2002.
- Дерябин В.Е., Федотова Т.К., Горбачева А.К.* Ростовые процессы у детей грудного возраста. М., 2009. Деп. в ВИНТИ № 690–В2009.
- Дерябин В.Е., Федотова Т.К., Панасюк Т.В.* Ростовые процессы, стабильность и перестройки распределений размеров тела у детей дошкольного возраста. М., 2002. Деп. в ВИНТИ № 1610–В2002.
- Дерябин В.Е., Федотова Т.К., Ямпольская Ю. А.* Устойчивость морфологической структуры внутригрупповой изменчивости детей школьного возраста. М., 2006. Деп. в ВИНТИ № 50–В2006.
- Дунаевская Т.Н.* Морфологические особенности и ростовые процессы у детей // Размерная типология населения стран-членов СЭВ. М.: Легкая индустрия, 1974. С. 247–255.

- Кириченко Ю.Н. Динамика антропометрических показателей и функциональных параметров растущего организма детей аридной зоны. Автореферат дисс. ... д-ра мед. наук. М., 1997.
- 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.
- Куршакова Ю.С. Количественные закономерности возрастных изменений антропометрических признаков у детей // Рост и развитие ребенка. М., 1973. С. 189–218.
- Куршакова Ю.С. Факторы, определяющие вариации типологического состава населения во времени и на территории // Антропометрическая стандартизация населения стран-членов СЭВ. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. С. 111–126.
- Медведев Л.Н., Кашкевич Е.И., Чмиль И.Б. Долговременный тренд соматофизиологических показателей физического развития сельских и городских детей 7–14 лет Красноярского края // Новые исследования, 2012. № 3 (32). С. 88–92.
- Метеоархивы 1. Электронный ресурс. URL: <http://aisori.meteo.ru> (дата обращения 20.03.2017).
- Миклашевская Н.Н., Соловьева В.С., Година Е.З. Ростовые процессы у детей и подростков. М.: Изд-во МГУ, 1988.
- Павловский О.М. Биологический возраст человека. М.: Изд-во МГУ, 1987.
- Павловский О.М. Популяционная экология возраста человека на постдефинитивных стадиях онтогенеза // Антропология на пороге III тысячелетия. М.: Старый сад, 2004. Т. 2. С. 719–745.
- Погода и климат. Электронный ресурс. URL: <http://pogoda.ru.net> (дата обращения 20.03.2017).
- Пуликов А.С. Структурно-функциональные преобразования сердца в процессе роста и развития у детей коренного и пришлого населения Крайнего Севера и Сибири // Проблемы сохранения здоровья в условиях Севера и Сибири. М., 2009. С. 120–130.
- Пурунджан А.Л. Основные закономерности пространственной дифференциации соматических особенностей населения России и сопредельных стран. Дисс. ... д-ра биол. наук. М., 1997.
- Пурунджан А.Л., Дерябин В.Е. Об эпохальной преемственности географического распределения некоторых антропометрических признаков на территории СССР // Вопросы антропологии, 1979. Вып. 63. С. 74–86.
- Савватеева В.Г., Кузьмина Л.А., Шаров С.В., Евстигнеева Е.С., Крыжавицкая Н.В., Глотова М.М. Физическое развитие детей раннего возраста г. Иркутска // Сибирский медицинский журнал, 2003. Т. 40. № 5. С. 71–77.
- Специализированные массивы для климатических исследований. Электронный ресурс. URL: <http://aisori.meteo.ru/ClimateR> (дата обращения 20.03.2017).
- Терехин А.Т., Будилова Е.В. Эволюция жизненного цикла: модели, основанные на распределении энергии // Журнал общей биологии, 2001. Т. 62. № 4. С. 286–295.
- Троценко А.А., Журавлева Н.Г., Будилова Е.В., Миранова Л.А., Терехин А.Т. Влияние демографических и природно-климатических факторов на неспецифический иммунитет жителей Республики Карелия и Мурманской области // Народонаселение, 2010. № 1. С. 113–119.
- Троценко А.А., Журавлева Н.Г., Будилова Е.В., Терехин А.Т. Факторы изменчивости неспецифического иммунитета жителей Северо-Запада европейской части России // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности, 2010. № 1. С. 59–67.
- Федотова Т.К. Структура распределения размеров тела у детей в процессе роста. Автореферат дисс. ... д-ра биол. наук. М., 2008.
- Физическое развитие детей и подростков городов и сельских местностей СССР. Вып. II. М.: Медицина, 1977.
- Физическое развитие детей и подростков Российской Федерации: Сборник материалов. Вып. VI. М.: Педиа-астръ, 2013.
- Ханды М.В., Захарова Н.М., Филиппова Г.П., Егорова В.Б. Физическое развитие детей с рождения до 7 лет Республики Саха (Якутия) // Сибирский медицинский журнал, 2007. Т. 22. № 52. С. 68–69.
- Ясина О.В., Бацевич В.А. Секулярный тренд у сельского чувашского населения в XX веке // Modern problems of geography and anthropology. Proceedings of international conference. Tbilisi, 2015. С. 472–477.
- A century of trends in adult human height // NCD Risk Factor Collaboration (NCD-RisC). Elife 2016. 5:e13410.
- Bogin B. Patterns of Human Growth. London: Cambridge University Press, 1999.
- Bogin B. Childhood, adolescence, and longevity: A multilevel model of the evolution of reserve capacity in human life history // Amer. J. Hum. Biology, 2009. Vol. 21. N 4. P. 567–577.
- Lloyd G.E.R. Hippocratic writings. England, Harmondsworth: Penguin, 1978.
- Web-Атлас «Окружающая среда и здоровье населения России» Электронный ресурс. URL: <http://www.sci.aha.ru/ATL/> (дата обращения 04.04.2017).

Контактная информация:

Горбачева Анна Константиновна: e-mail: [angoria@yandex.ru](mailto:angoria@yandex.ru);

Федотова Татьяна Константиновна:

e-mail: [tatiana.fedotova@mail.ru](mailto:tatiana.fedotova@mail.ru).

## **SPATIAL VARIABILITY OF PHYSICAL DEVELOPMENT INDICES OF RUSSIAN INFANTS IN CONNECTION WITH THE CLIMATIC AND GEOGRAPHICAL FACTORS**

A.K. Gorbacheva, T.K. Fedotova

*Lomonosov Moscow State University, Institute and Museum of Anthropology, Moscow*

*Newborn and infants are characterized by the high level of plasticity during the formation of homeostasis and the morphophysiological stereotype in given climatic and geographical conditions, especially extreme ecological conditions. The study subject included 122 samples of 12-months-old infants, the total number of children studied are about 15 000. Main traits of physical development were studied: total measurements, including body length and mass, head and chest circumferences as a measure of proportionality. Climatic and geographical parameters include the insolation level as a factor of skeletal growth, total radiation, the latitude of the settlement, indirectly characterizing the same insolation level, the difference between minimal and maximal month temperatures as the factor of ecological discomfort, minimal January temperature, total climate discomfort evaluated as the influence of the sum of main climatic parameters — temperature balance, winter duration, winter wind frequency, etc. — on life conditions. To evaluate the level and direction of correlations of somatic and geographical factors scatter diagrams were used as the effective instrument while dealing with the valid database of average population values. The associations between anthropometric measurements and their ratio (or body proportionality) of one-year old infants and the level of climatic discomfort of the development niche are shown. The heterochrony of the reaction of total measurements and circumferences to ecological factors results in the geographical variations of somatic types of one-year old infants. The intensification of natural stress is associated with the decrease in circumferences/body length ratio and leptosomization of somatic type, in fact, with the weakening of physical development and adaptability.*

*Keywords: anthropology, physical development, infants, geographical and climatic factors*

# «БЕРЕЖЛИВЫЙ» ГЕНОТИП: ОЖИРЕНИЕ ИЛИ СПОРТИВНЫЙ УСПЕХ?

Э.А. Бондарева<sup>1</sup>, О.И. Парфентьева<sup>2</sup>, В.Д. Сонькин<sup>3</sup>

<sup>1</sup>МГУ имени М.В.Ломоносова, НИИ и Музей антропологии, Москва

<sup>2</sup>Центр спортивных технологий и сборных команд Москомспорта, Москва

<sup>3</sup>Институт возрастной физиологии РАО, Москва

Гены разобщающих белков (*UCP* – uncoupling proteins) представляются перспективными кандидатами для исследования влияния «бережливых» генотипов на различные стороны жизни современного человека: от предрасположенности к ожирению и кардиометаболическим заболеваниям до спортивной одаренности. Цель исследования заключается в изучении направлений отбора по полиморфным системам генов *UCP1*, *UCP2* и *UCP3* среди спортсменов, занимающихся различными видами спорта. В исследовании приняли участие 268 человек: 197 спортсменов (140 мужчин и 57 женщин), 71 человек – контрольная группа неспортсменов (38 мужчин и 33 женщины). В качестве образца биологического материала был использован Buccal epithelium. Выделение геномной ДНК и генотипирование образцов по полиморфизмам *UCP1* (rs1800592), *UCP2* (rs660339), *UCP3* (rs1800849) проводили на базе НПО «Литех» (г. Москва). Различия в распределении частот встречаемости генотипов генов *UCP1* и *UCP2* между подгруппами спортивной выборки являются статистически достоверными ( $\chi^2 = 21,2$   $p = 0,006$  и  $\chi^2 = 24,06$   $p = 0,002$ , соответственно). Среди спортсменов, представляющих различные группы видов спорта, подгруппы аэробных, смешанных циклических и командно-игровых видов демонстрируют направленный отбор носителей «бережливых» генотипов исследованных генов. Подгруппа единоборств характеризуется противоположным направлением отбора.

Ключевые слова: спортивная антропология, разобщающие белки, спортивный отбор, *UCP1*, *UCP2*, *UCP3*, «бережливый» генотип

## Введение

Гипотеза о «бережливых» генотипах предполагает, что варианты генов, которые способствовали более эффективному запасанию жира и увеличению индекса массы тела, подхватывались естественным отбором у предков современного человека и человекообразных обезьян, так как повышали шансы на выживание в периоды недостаточного и питания или полного его отсутствия [Neel, 1962]. Отбором были закреплены разнообразие мутации, направленные на более полное использование простых углеводов, эффективное всасывание и запасание жира, повышение эффективности отдельных этапов энергетического метаболизма [Neel, 1988; Ayub et al., 2014; Cadzow et al., 2016]. Некоторые из подобных мутаций, например нокаут гена уриказы, который приводит к более эффективному использованию фруктозы, одновременно повышая риск развития подагры, возникли и закрепились в геноме очень давно и теперь являются общими для всех популяций современного человека и человекообразных обезьян [Kratzer et al., 2014]. Пандемия ожирения, охватившая современное человечество и

сопутствующие ей диабет второго типа и метаболический синдром, отчасти опирается на бэкграунд «бережливых» генотипов. Гены разобщающих белков (*UCP* – uncoupling proteins) представляются перспективными кандидатами для исследования влияния «бережливых» генотипов на различные стороны жизни современного человека: от предрасположенности к ожирению и кардиометаболическим заболеваниям до спортивной одаренности [Flouris et al., 2017; Bondareva and Negasheva, 2017; Dinas et al., 2017]. Функция данных белков заключается в разобщении процессов окисления и фосфорилирования в митохондриях, которое приводит к рассеиванию протонного градиента в тепло, и к снижению количества синтезированного АТФ. Экспрессия генов, кодирующих разобщающие белки, у млекопитающих является тканеспецифичной. Так, *UCP1* экспрессируется, главным образом, в бурой жировой ткани [Ricquier, 2017]. Однако при определенных условиях, данный ген экспрессируется в скелетных мышцах, белой жировой ткани и в  $\beta$ -клетках поджелудочной железы. Белок *UCP2* обнаруживается в скелетных мышцах, белой жировой ткани, во внутренних органах, а также в сердце и центральной

Таблица 1. Общая характеристика обследованной выборки

Подгруппа	Виды спорта	Численность, чел.
<b>Контрольная</b>	нет	<b>71</b>
<b>Спортсмены:</b>		<b>Всего: 189</b>
Анаэробная	конькобежный спорт 500, 1000 и 1500м, спринт	13
Аэробная	Биатлон 5, 7,5 и 10 км, академическая гребля, конькобежный спорт 5км и многоборье, лыжные гонки, плавание, современное пятиборье	50
Смешанная		126
Командно-игровые	Футбол, баскетбол	41
Циклические	Шорт-трек, биатлон 3 км,	49
Единоборства	Самбо, бокс, дзюдо, тхэквандо	36

нервной системе [Jiang et al., 2017]. Экспрессия *UCP3* ограничена, главным образом, скелетными мышцами и кардиомиоцитами [Oliveira et al., 2016]. Ряд мутаций в генах *UCP1-3* ассоциирован со снижением разобщения, то есть повышением эффективности синтеза АТФ в митохондриях и более экономичным использованием калорий и кислорода, поступающих из системного кровотока. Метаболические эффекты от снижения разобщения выражаются в повышении концентрации свободных жирных кислот в крови и к снижению чувствительности к инсулину: двумя основными причинами возникновения метаболического синдрома и диабета 2 типа [Vissers et al., 2013; Conn et al., 2014]. Однако носители «бережливых» генотипов, которые в современных условиях избытка калорий и гиподинамии, находятся в группе риска накопления избыточного веса и развития ожирения, получают преимущество перед носителями исходных аллелей, когда речь идет о профессиональных занятиях спортом [Bondareva et al., 2016; Sessa et al., 2011]. Наличие в геноме спортсмена «бережливых» аллелей/генотипов разобщающих белков позволяет повысить энергоэффективность мышечных сокращений: потратить меньше калорий и кислорода для синтеза аналогичного количества АТФ. Ранее нами был продемонстрирован отбор носителей Т-аллеля *UCP3* в группе футболистов, который, по всей видимости, обеспечивает преимущество спортсменам за счет более эффективного энергообеспечения скелетных мышц во время длительных физических нагрузок аэробной направленности [Bondareva et al., 2016a]. В данной работе продолжено исследование направлений генетического отбора по полиморфным системам генов разобщающих белков в группах спортсменов, занимающихся различными видами спорта,

которые требуют преимущественного анаэробного, смешанного, либо аэробного энергообеспечения тренировочной и соревновательной деятельности. Цель исследования заключается в изучении направлений отбора по полиморфным системам генов *UCP1*, *UCP2* и *UCP3* среди спортсменов, занимающихся различными видами спорта.

## Материалы и методы

В исследовании приняли участие 268 человек. Из них 197 обследованных (140 мужчин и 57 женщин) являлись спортсменами, занимающимися различными видами спорта, а 71 человек – контрольная группа неспортсменов (38 мужчин и 33 женщины). В качестве образца биологического материала был использован эпителий слизистой оболочки ротовой полости. Сбор биологического материала производился при помощи универсальных стерильных одноразовых зондов (Changzhou Chuangjia Medical Appliance Co., Ltd, Китай). Далее из собранных образцов была выделена геномная ДНК и для каждого образца было проведено генотипирование по полиморфным локусам генома человека: *UCP1* (rs1800592), *UCP2* (rs660339), *UCP3* (rs1800849). Выделение геномной ДНК и генотипирование образцов проводили на базе НПО «Литех» (г. Москва).

Обследованная выборка спортсменов была разделена на три подгруппы, согласно преимущественному способу энергообеспечения тренировочной и соревновательной деятельности (табл. 1). В свою очередь группа, в которую были отнесены виды спорта с преимущественно смешанным энергообеспечением, была дополнительно разде-

**Таблица 2. Балловые значения для генотипов исследованных генов**

<i>UCP1*AA</i>	<i>UCP1*AG</i>	<i>UCP1*GG</i>
1	2	3
<i>UCP2*CC</i>	<i>UCP2*CT</i>	<i>UCP2*TT</i>
1	2	3
<i>UCP3*CC</i>	<i>UCP3*CT</i>	<i>UCP3*TT</i>
1	2	3

лена на три части: подгруппа циклических видов спорта, подгруппа единоборств и подгруппа командно-игровых видов спорта.

Статистический анализ данных был проведен при помощи программного обеспечения STATISTICA 8.0 (StatSoft, США). Анализ различий в распределении генотипов исследованных генов в подгруппах обследованной выборки проводили при помощи непараметрического критерия ( $\chi^2$ ). Также был проведен расчет значения TGS (total genotype score) [Williams and Folland, 2008]. Для этого конкретному генотипу каждого гена был присвоен балл (GS – genotype score) от 1 до 3 (табл. 2). Гомозиготное сочетание двух исходных аллелей – 1 балл, гетерозиготное – 2 и гомозиготное сочетание «бережливых» аллелей – 3.

Далее баллы по всем трем генам суммировались (уравнение 1) и были выражены в процентах от максимально возможной ( $\sum GS_{\max} = 9$ ) суммы (уравнение 2).

- $\sum GS$  (genotype score) =  $GS_{UCP1} + GS_{UCP2} + GS_{UCP3}$
- $TGS\% = (100/9) \times \sum GS$
- $\sum GS9 = TGS100\% = UCP1*GG + UCP2*TT + UCP3*TT$

Таким образом, максимальная сумма баллов (уравнение 3) будет соответствовать наибольшей предрасположенности к набору лишнего веса, определяемой по трем системам разобщающих белков. Или другими словами, максимально эффективному/экономичному аэробному метаболизму. Сравнение средних величин TGS в различных подгруппах обследованной выборки проводили при помощи медианного теста. Все испытуемые, принявшие участие в исследовании, были осведомлены о целях и методах исследования и дали свои письменные информированные согласия.

## Результаты

Численные распределения и частоты встречаемости генотипов и аллелей генов *UCP1*, *UCP2* и *UCP3* в подгруппах обследованной выборки представлены в таблицах 3–7 и на рисунках 1–3. Распределение генотипов в контрольной группе

**Таблица 3. Численное распределение и частоты встречаемости генотипов исследованных генов в контрольной группе и в целом в группе спортсменов**

Генотип	Спортсмены N (%)	Контроль N (%)	Достоверность различий
<i>UCP1*AA</i>	107 (54,3%)	42 (60%)	$\chi^2 = 7,07$ $p = 0,03$
<i>UCP1*AG</i>	62 (31,5%)	26 (37,1%)	
<i>UCP1*GG</i>	28 (14,2%)	2 (2,9%)	
<i>UCP2*CC</i>	74 (37,6%)	22 (31,4%)	$\chi^2 = 3,69$ $p = 0,14$
<i>UCP2*CT</i>	86 (43,6%)	39 (55,7%)	
<i>UCP2*TT</i>	37 (18,8%)	9 (12,9%)	
<i>UCP3*CC</i>	93 (47,2%)	44 (62,9%)	$\chi^2 = 5,3$ $p = 0,07$
<i>UCP3*CT</i>	82 (41,6%)	21 (30%)	
<i>UCP3*TT</i>	22 (11,2%)	5 (7,1%)	

соответствует равновесию Харди-Вайнберга для всех исследованных полиморфных систем.

## Обсуждение

Мутации генов, снижающие активность разобщающих белков, в прошлом позволяли экономнее расходовать калории и запастись больше жира, что давало преимущество носителям таких генов в условиях недостатка еды или во время длительных путешествий. В изменившихся условиях современного мира, «бережливый» генотип стал фактором повышенного риска развития метаболических заболеваний. Тем не менее, сейчас наличие в геноме человека «бережливых» вариантов генов разобщающих белков может обеспечивать преимущество перед носителями исходных аллелей, когда речь идет о спорте высших достижений. Разобщающие белки принадлежат большому семейству митохондриальных анионных переносчиков (MCAPs – mitochondrial anion carrier proteins), и из пяти членов данного семейства для трех обнаружены ассоциации с повышенной предрасположенностью к накоплению жира, а также с показателями работоспособности: *UCP1*, *UCP2* и *UCP3*. Физиологические исследования, выполненные на животных моделях – нокаут и оверэкспрессия *UCP* генов – позволяют предположить, что их основными функциями являются продукция тепла, ускорение метаболизма и снижение уровня образования АФК (активных форм кислорода) [Toda and Diano, 2014; Victorino et al., 2015; Cardoso et al., 2014].

В целом, обследованная группа спортсменов демонстрирует достоверные различия в распределении частот встречаемости генотипов от контрольной группы неспортсменов для полиморф-

**Таблица 4. Частоты встречаемости (%) аллелей исследованных генов в контрольной группе и в целом в группе спортсменов**

Группа	<i>UCP1*A</i>	<i>UCP1*G</i> ■	<i>UCP2*C</i>	<i>UCP2*T</i> ■	<i>UCP3*C</i>	<i>UCP3*T</i> ■
Контрольная	78,6	21,4	59,3	40,7	77,9	22,1
Спортсмены	70,1	29,9	59,4	40,6	68	32

Примечания. ■ – «бережливый» вариант гена

**Таблица 5. Численное распределение генотипов гена *UCP1* в подгруппах обследованной выборки**

Подгруппа обследованной выборки	Генотип			Достоверность различий
	<i>UCP1*AA</i>	<i>UCP1*AG</i>	<i>UCP1*GG</i>	
Анаэробная	3	7	3	$\chi^2 = 28,9$ $p = 0,001$
Аэробная	26	12	12	
Смешанная командно-игровые	22	14	5	
Смешанная циклические	23	22	4	
Смешанная единоборства	28	4	4	
Контрольная группа	42	26	2	

**Таблица 6. Численное распределение генотипов гена *UCP2* в подгруппах обследованной выборки**

Подгруппа обследованной выборки	Генотип			Достоверность различий
	<i>UCP2*CC</i>	<i>UCP2*CT</i>	<i>UCP2*TT</i>	
Анаэробная	3	7	3	$\chi^2 = 28,7$ $p = 0,001$
Аэробная	18	28	4	
Смешанная командно-игровые	12	18	11	
Смешанная циклические	15	20	14	
Смешанная единоборства	24	7	5	
Контрольная группа	22	39	9	

**Таблица 7. Численное распределение генотипов гена *UCP3* в подгруппах обследованной выборки**

Подгруппа обследованной выборки	Генотип			Достоверность различий
	<i>UCP3*CC</i>	<i>UCP3*CT</i>	<i>UCP3*TT</i>	
Анаэробная	9	4	0	$\chi^2 = 14,7$ $p = 0,14$
Аэробная	24	20	6	
Смешанная командно-игровые	14	20	7	
Смешанная циклические	25	18	6	
Смешанная единоборства	17	17	2	
Контрольная группа	44	21	5	

**Таблица 8. Средние значения TGS (%) в подгруппах обследованной выборки**

Подгруппа	TGS (%) среднее значение
<b>Контрольная</b>	<b>51,3</b>
<b>Спортсмены в целом</b>	<b>56,2</b>
Аэробная	54,9
Анаэробная	56,3
<b>Смешанная</b>	<b>55,9</b>
Смешанная игровые	55,8
Смешанная единоборства	52,6
Смешанная циклики	56,2

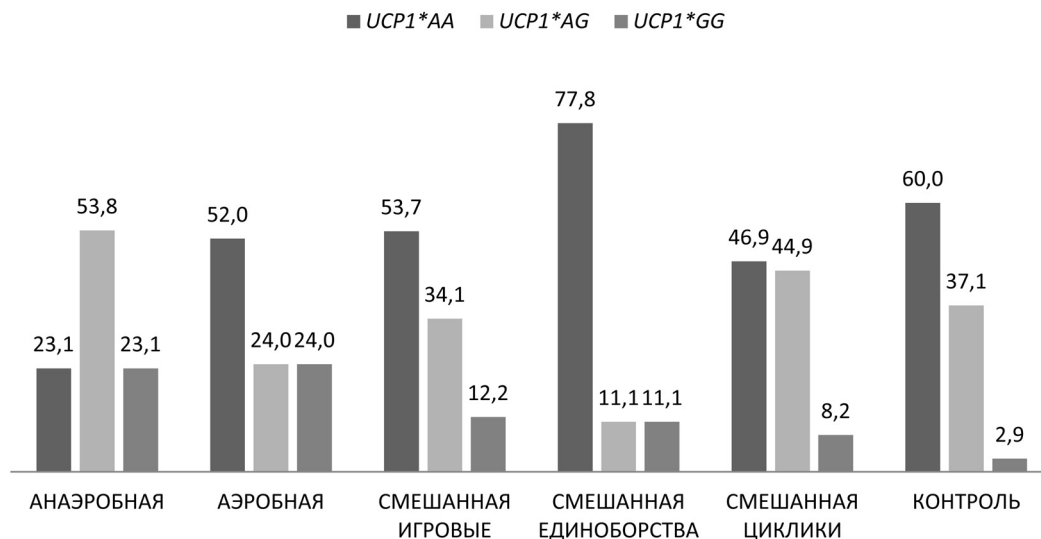


Рис. 1. Частоты встречаемости (%) генотипов гена *UCP1* во всех подгруппах обследованной выборки

ной системы *UCP1* (табл. 3). У спортсменов носители генотипа *UCP1\*GG* встречаются в четыре раза чаще, чем в контрольной группе. Также у спортсменов выше частоты встречаемости «бережливых» аллелей *UCP1* и *UCP3* (табл. 4). Обобщенная выборка спортсменов характеризуется повышенной склонностью к накоплению жира, обусловленной увеличением частот встречаемости «бережливых» аллелей по всем изученным системам генов. Это фактически означает, что в целом для спортсменов характерно меньшее разобщение в митохондриях, что обеспечивает более эффективный и экономичный вариант аэробного этапа синтеза АТФ. Несмотря на общее направление отбора по всем молекулярно-генетическим маркерам, выявленное в генерализованной группе спортсменов, выборка не является однородной. В данную группу входят спортсмены, которые занимаются видами спорта с различными требованиями к способу энергообеспечения, а также различающиеся по характеру двигательной деятельности (циклические, ациклические и сложнокоординационные). Функция разобщающих белков позволяет обоснованно предположить, что в наибольшей степени направленный отбор «бережливых» генотипов будет наблюдаться в видах спорта, где требуется высокий уровень развития аэробного компонента физической работоспособности. Поэтому далее были изучены направления генетического отбора в подгруппах спортсменов, сформированных по принципу преобладающего способа энергообеспечения тренировочной и соревновательной деятельности (табл. 1). Виды спорта, предъявляющие крайне высокие требования к аэробным качествам спорт-

смена, вошли в подгруппу «аэробных» видов спорта. В противоположность им были выделены виды и спортивные специализации, требующие преимущественно скоростно-силовых и силовых качеств, которые сформировали подгруппу «анаэробных» видов спорта. Те виды и/или спортивные специализации, для которых характерно сочетание источников энергообеспечения, или преимущественно гликолитический пусть синтеза АТФ, вошли в группу со смешанным энергообеспечением: циклические, командно-игровые и единоборства. Таким образом, группа спортсменов была разбита на 5 подгрупп (табл. 1). С известной степенью допущения можно сказать, что подгруппа аэробных видов спорта – это стайеры, анаэробных – спринтеры, а смешанных – это бегуны на средние дистанции. Анализ частот встречаемости генотипов в подгруппах спортивной выборки выявил достоверные различия в распределении генотипов для полиморфных систем генов *UCP1* и *UCP2* (табл. 3–7).

Различия в распределении частот встречаемости генотипов гена разобщающего белка 1 между подгруппами спортивной выборки являются статистически достоверными ( $\chi^2 = 21,2$ ,  $p = 0,006$ ). В сравнении с контрольной группой все подгруппы спортивной выборки демонстрируют увеличение числа носителей G-аллеля гена *UCP1*, который ассоциирован с повышенным риском развития ожирения и снижением разобщения.

Этот результат является закономерным с точки зрения увеличения энергоэффективности аэробного метаболизма и преимущества спортсменов-носителей «бережливого» аллеля перед

носителями «нормального» уровня разобщения. Было показано, что носители G-аллеля тратят за сутки на 200 Ккал меньше по сравнению с носителями исходного A-аллеля [Kogure et al., 1998], также данный аллель приводит к снижению концентрации мРНК гена *UCP1* в адипоцитах бурого жира (БЖТ) [Esterbauer et al., 1998]. Все это позволяет предположить, что аллель -3826G *UCP1* повышает эффективность энергетического обмена в митохондриях БЖТ. Наиболее часто этот генотип встречается в подгруппе аэробных видов спорта, где требуется очень высокий уровень аэробных возможностей. При этом наблюдается направленный отбор носителей *GG\*UCP1* за счет одновременного снижения частот встречаемости *AA\*UCP1* и *AG\*UCP1* (рис. 1). Для подгруппы анаэробных видов спорта также характерна высокая частота встречаемости *GG\*UCP1*, однако, для нее следует говорить скорее об отборе носителей гетерозиготного генотипа. Высокая по сравнению с контролем частота встречаемости генотипов, содержащих как минимум один G-аллель, обнаруженная в подгруппе анаэробных видов спорта, может свидетельствовать о существовании механизмов, поддерживающих высокий уровень анаэробной работоспособности, молекулярно-физиологической основой которых являются процессы разобщения в БЖТ. Также полученный результат может быть связан с небольшой численностью подгруппы анаэробных видов спорта.

Что касается подгруппы, в которую вошли единоборства, то в ней наблюдается противоположное направление отбора – *AA\*UCP1*, то есть отбор на разобщение энергетических процессов, хотя и для данной подгруппы характерно увеличение числа носителей генотипа *GG\*UCP1*. Результаты физиологических исследований о влиянии активности БЖТ на физическую работоспособность у спортсменов позволяют предположить, что достаточный уровень разобщения процессов окислительного фосфорилирования в адипоцитах БЖТ, который детерминирует A-аллель гена *UCP1*, обеспечивает быструю утилизацию лактата [Son'kin et al., 2014; Merla et al., 2010], в больших количествах образующегося в работающей мышце в режиме, характерном для единоборств. Таким образом, наличие в организме спортсменов, занимающихся единоборствами, адипоцитов БЖТ с исходным уровнем разобщения позволяет им эффективно противостоять закислению скелетных мышц как во время поединка, а также быстро утилизировать накопившийся лактат в перерывах между поединками, что обеспечивает лучшее восстановление работоспособности спортсменов. То есть наблюдаемый в подгруппе единоборств от-

бор аллелей, детерминирующих достаточное разобщение окислительного фосфорилирования, связан, по всей видимости, с процессами восстановления во время поединков и между ними. Большее по сравнению с контролем число носителей генотипа *GG\*UCP1* у единоборцев может свидетельствовать о существовании минорного варианта отбора: отбор борцов с высокими аэробными возможностями, которые достигают высокого профессионального уровня за счет стратегии поединка, основанной не на скоростно-силовых качествах, а на выносливости спортсмена.

Были найдены достоверные различия между подгруппами выборки спортсменов и для полиморфной системы гена *UCP2* ( $\chi^2 = 24,06$ ,  $p = 0,002$ ). Самые выраженные отличия в распределении частот встречаемости генотипов от контрольной группы характерны для подгруппы спортсменов, занимающихся единоборствами (рис. 2). В данной группе происходит выраженный отбор носителей двух исходных аллелей гена *UCP2* – *CC\*UCP2* – за счет снижения числа носителей гетерозиготного генотипа. При этом доля носителей генотипа *TT\*UCP2* идентична таковой в группе неспортсменов. Направление отбора по системе *UCP2* аналогично *UCP1* и с точки зрения биохимии соответствует нормальному уровню разобщения не только в адипоцитах БЖТ, но и в большинстве внутренних органов. Для подгрупп командно-игровых и циклических видов спорта, по типу энергообеспечения находящихся в промежуточном положении между анаэробными аэробными видами спорта, наблюдается отбор носителей генотипа *TT\*UCP2*, за счет снижения доли гетерозигот. Результат позволяет предположить, что в таких видах спорта как баскетбол, футбол, бег на средние дистанции преимущество получают спортсмены с более экономичным типом энергообеспечения преимущественно в тканях внутренних органов. При этом доля носителей генотипа *CC\*UCP2* практически идентична таковой в контрольной. Для подгруппы представленной анаэробными видами спорта наблюдается отбор носителей T-аллеля *UCP2* за счет снижения доли носителей *CC\*UCP2*. Данный аллель *UCP2* детерминирует более эффективный метаболизм, что влияет на расход энергии во время физических упражнений [Weimann et al., 2001; Kimm et al., 2002]. Ранее был показан отбор носителей аллелей *T\*UCP2* (55Val) и *T\*UCP3* в группе российских спортсменов-стайеров [Ahmetov et al., 2009]. В подгруппе аэробных видов спорта, в отличие от всех остальных, происходит снижение доли носителей *TT\*UCP2*, с соответствующим возрастанием доли

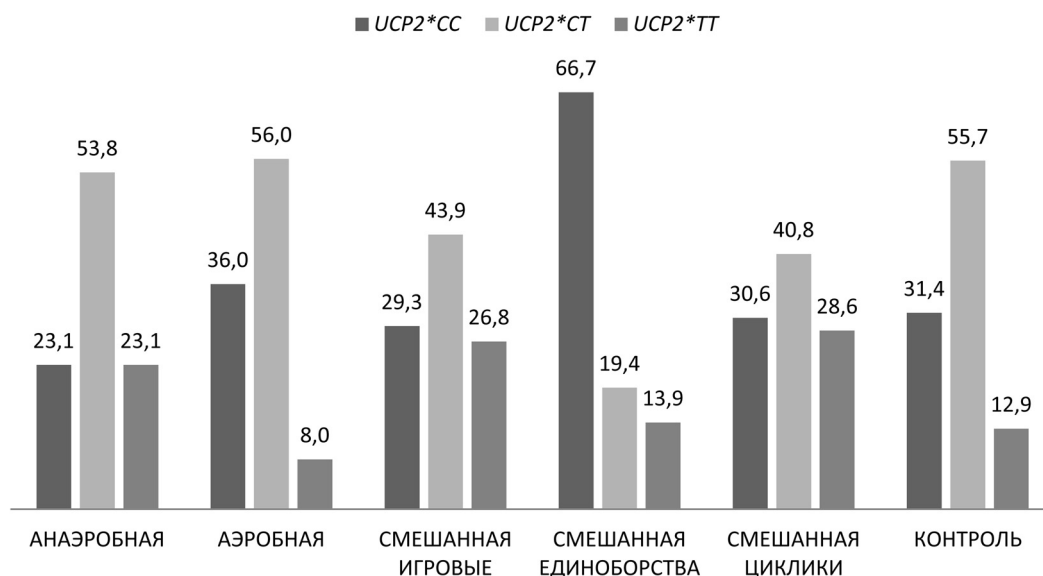


Рис. 2. Частоты встречаемости (%) генотипов гена *UCP2* во всех подгруппах обследованной выборки

носителей *CC\*UCP2*. Наблюдаемый отбор сложно объяснить с позиций преимущества носителей более эффективного аэробного метаболизма перед другими спортсменами, так как в данном случае в группе спортсменов, от которых требуются крайне высокие аэробные качества, носители с большим уровнем разобщения в тканях внутренних органов получают преимущество. Ранее было показано, что наибольшая энергоэффективность выполнения упражнений на велоэргометре свойственна носителям генотипа *TT\*UCP2*. Однако эти результаты являются статистически достоверными только для среднего уровня нагрузки на уровне 35% от МПК [Weimann et al., 2001], что больше соответствует полученному нами результату об отборе «бережливому» генотипу в подгруппе спортсменов со смешанным энергообеспечением. Диета с высоким содержанием жира стимулирует экспрессию генов *UCP2* и *UCP3* в мышцах спортсменов. И наиболее значительное увеличение концентрации мРНК *UCP2* и *UCP3* было обнаружено в мышечных волокнах типа IIA (быстрые окислительно-гликолитические волокна), которые обладают большей метаболической пластичностью в выборе источников окисления [Schrauwen et al., 2001] и также характерны для скелетных мышц спортсменов подгруппы смешанного энергообеспечения.

Не было найдено статистически достоверных различий в распределении частот встречаемости генотипов гена *UCP3* между контрольной группой и подгруппами спортивной выборки, а также между подгруппами спортивной выборки ( $\chi^2 = 9,08$ ,  $p = 0,33$ ). Тем не менее, результаты позволяют го-

ворить о некоторых тенденциях в направлении отбора в различных подгруппах спортсменов. Так, отбор носителей Т-аллеля гена *UCP3* – генотипы *CT\*UCP3* и *TT\*UCP3* – происходит в подгруппах аэробных, командно-игровых и циклических видов спорта за счет соответствующего снижения доли носителей генотипа *CC\*UCP3*. Аналогичный результат был получен при изучении распределения генотипов *UCP3* подгруппах итальянских спортсменов спринтеров и стайеров по сравнению с контрольной группой [Sessa et al., 2011]. Для подгруппы анаэробных видов спорта наблюдается отбор носителей *CC\*UCP3*. Носителей двух мутантных аллелей обнаружено не было, возможно, в связи с преимуществом обладателей нормального уровня разобщения в скелетных мышцах, либо из-за малой численности группы. *UCP3* экспрессируется в скелетных мышцах и миокарде, что позволяет рассматривать его в качестве перспективного маркера физической работоспособности. Т-аллель *UCP3* ассоциирован с более экономичным расходом калорий для синтеза АТФ на аэробном этапе энергетического обмена, что позволяет считать его «аллелем аэробной выносливости». Поэтому отбор носителей Т-аллеля *UCP3*, который наблюдается во всех подгруппах, кроме анаэробной, является закономерным. Для успешной тренировочной и соревновательной деятельности спортсменов, вошедших в данные подгруппы, необходимо развитие средних и высоких аэробных возможностей. И носители аллелей, которые позволяют развить более высокий и/или эффективные механизмы, обеспечивающие

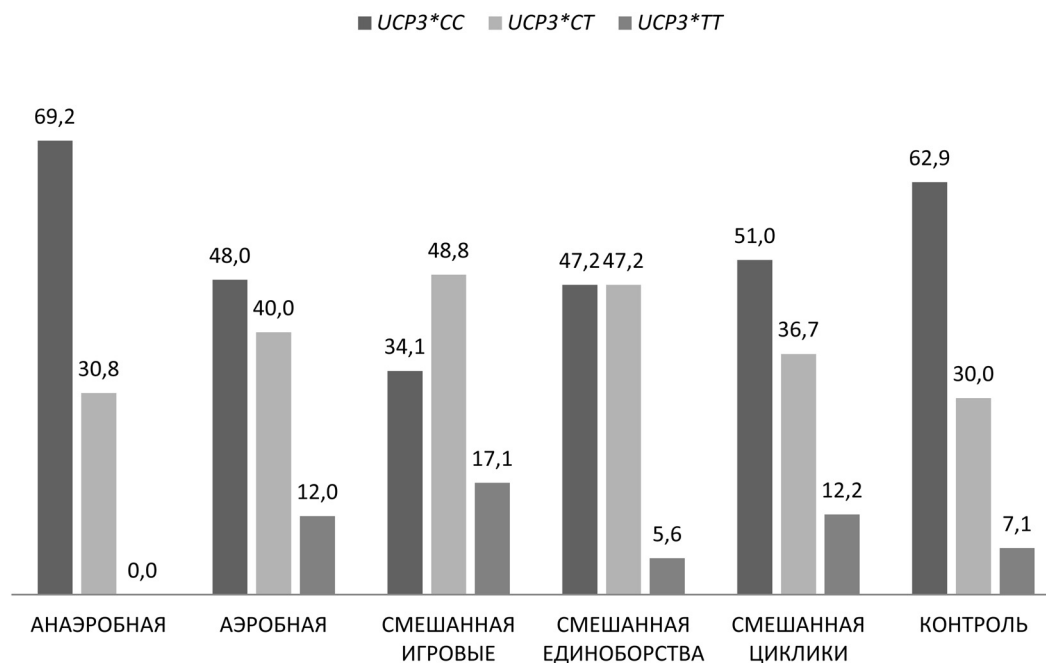


Рис. 3. Частоты встречаемости (%) генотипов гена *UCP3* во всех подгруппах обследованной выборки

аэробный синтез АТФ, в скелетных мышцах и сердце получают преимущество. Для подгруппы спортсменов, занимающихся единоборствами, обнаружен направленный отбор носителей гетерозиготного генотипа *CT\*UCP3*, за счет снижения доли обоих гомозиготных генотипов. Спортсмены, занимающиеся единоборствами, должны сочетать в себе как достаточно высокий уровень аэробных возможностей, крайне высокие скоростно-силовые и силовые качества для проведения стремительных атак и бросков, а также обладать высокой устойчивостью к тканевой гипоксии и закислению скелетных мышц. Поэтому гетерозиготное сочетание аллелей позволяет найти компромисс между повышением энергоэффективности мышечных сокращений и защитой от окислительного стресса.

Регулярные физические нагрузки, а также силовые тренировки снижают уровень мРНК *UCP3* и белка в митохондриях, который, в свою очередь, обратно пропорционален МПК [Russel et al., 2002]. Все это способствует увеличению энергоэффективности выполнения физических упражнений [Schrauwen et al., 2005]. *UCP3* экспортирует анионы жирных кислот (ЖК) из матрикса митохондрий, позволяя предотвратить накопление избытка ЖК в матриксе [Wang et al., 2003] и освобождая CoA для дальнейшего  $\beta$ -окисления ЖК, что позволяет избежать окислительного стресса и поддерживать высокий уровень метаболизма. Одним из послед-

ствий увеличения концентрации разобщающих белков 2 и 3 в кардиомиоцитах, помимо усиления разобщения окислительного фосфорилирования, является преимущественное использование ЖК в качестве субстрата для окисления и синтеза АТФ [Hartmansey et al., 2013]. Предположительно, именно *UCP3* является основным регулятором поступления энергетических субстратов в митохондрии, так как его экспрессия находится под контролем жирных кислот, что, вероятно, может играть важную роль в энергообеспечении видов спорта с преимущественно аэробным типом энергообеспечения. Так как во время продолжительных нагрузок, характерных для аэробных и командно-игровых видов спорта, основным энергетическим субстратом являются жиры. Наблюдаемый отбор носителей генотипов *CT\*UCP3* и *TT\*UCP3* может быть связан с повышением энергоэффективности скелетных мышц в сочетании с возможностью сохранять достаточный уровень поступления ЖК в митохондрии скелетных мышц. Результаты исследований, проведенных на животных, позволяют предположить, что одной из основных функций разобщающих белков является ускорение метаболизма и защита клетки от АФК. АФК оказывают повреждающее действие, как на клеточном, так и на организменном уровнях, а так как разобщающие белки присутствуют в митохондриях всех органов и тканей, то их способность защищать клетки от окислительного стресса может играть решающее значение при

восстановлении организма после физических нагрузок. Значительный окислительный стресс наблюдается во время интенсивных тренировок и соревнований у спортсменов, занимающихся единоборствами [Finaud et al., 2006]. Выживание клетки зависит от количества АФК: низкий уровень АФК запускает каскад реакций, направленных на выживание клетки [Tait, Green, 2012], в то время как высокий уровень АФК, который не может быть обезврежен средствами антиоксидантной защиты клетки, приводит к повреждениям и клеточной смерти [Orrenius et al., 2007]. Образование АФК в митохондриях снижается за счет мягкого или сильного разобщения электронотранспортной цепи митохондрий и АТФ-синтазы посредством UCP белков. Однако сильное разобщение приводит к недостатку АТФ в клетке, что вызывает некроз. Предполагается способность UCP белков «мягко» разобщать реакции окислительного фосфорилирования без снижения количества АТФ [Sluse, 2012], но данных физиологических исследований еще недостаточно [Shabalina, Nedergaard, 2011]. Таким образом, снижение активности разобщающих белков с одной стороны, позволяет повысить эффективность аэробного этапа энергетического обмена, но при этом возрастает концентрация АФК.

Рассмотренные выше направления генетического отбора по системам генов разобщающих белков оказались порой сложно объяснимыми и разнонаправленными для некоторых групп видов спорта. Однако все генетические факторы действуют в организме и влияют на его фенотипические особенности одновременно. Поэтому нами был проведен анализ направлений отбора в сформированных подгруппах обследованной выборки одновременно по всем выбранным полиморфным системам. Результаты исследований, посвященных изучению влияния нескольких генов на различные фенотипические характеристики, убедительно доказывают, что склонность к ожирению пропорциональна числу генотипов/аллелей риска присутствующих в геноме. Чем выше суммарный балл (TGS), тем большее число аллелей/генотипов, детерминирующих накопление избыточного веса, а в случае разобщающих белков это также означает более эффективный синтез АТФ. В таблице 8 представлены средние значения TGS%, рассчитанные для подгрупп обследованной выборки. Сравнительный анализ средних значений TGS% выявил неслучайные статистические различия ( $\chi^2 = 9,86$ ,  $p=0,02$ ). Наименьшее значение (TGS%=51,3), которому соответствует наименьшее число «бережливых» аллелей/генотипов, демон-

стрируют испытуемые, вошедшие в контрольную группу. Неспорсмены преимущественно являются носителями исходных аллелей разобщающих белков, которые детерминируют нормальный уровень разобщения окислительного фосфорилирования в митохондриях, что означает небольшой риск развития ожирения. Все подгруппы спортивной выборки демонстрируют большие значения TGS%, по сравнению с контрольной выборкой, что с одной стороны является признаком накопления аллелей/генотипов разобщающих белков, которые повышают сопряжение реакций окислительного фосфорилирования в митохондриях и обеспечивает повышенную энергоэффективность аэробного этапа синтеза АТФ, но одновременно повышает риск развития ожирения. При этом спортсмены в виду повышения сопряжения реакций аэробного этапа метаболизма, обладают сниженным потенциалом в защите от АФК и окислительного стресса. Отбор носителей «бережливых» генотипов среди большинства подгрупп спортсменов позволяет заключить, что для большинства видов спорта и спортивных специализаций более эффективный метаболизм является фактором, положительно влияющим на успешность в занятиях спортом. Следует отметить, что в меньшей степени отбор носителей «бережливых» генотипов характерен для спортсменов, занимающихся единоборствами (TGS%=52,6). Для различных видов борьбы значительная гликолитическая нагрузка и высокий уровень окислительного стресса во время соревнований влияют на отбор спортсменов способных быстро утилизировать лактат и эффективно противостоять перекисному окислению, как во время поединка, так и в перерывах между поединками. Эти свойства, которые частично детерминированы разобщающими белками, являются ведущими и обеспечивают высокие спортивные достижения в единоборствах. Поэтому по некоторым системам разобщающих белков – UCP1 и UCP2 – происходит противоположный остальным подгруппам спортсменов отбор носителей исходных, а не «бережливых» аллелей. Ранее для другой полиморфной системы уже был выявлен отбор носителей аллелей устойчивости к тканевой гипоксии среди спортсменов, занимающихся самбо [Bondareva, Godina, 2016].

## Заключение

Разобщающие белки являются важным компонентом поддержания энергетического гомеостаза организма, а также играют важную роль в защите

клеток от активных форм кислорода и снижения уровня окислительного стресса. Гены *UCP1-3* экспрессируются практически во всех органах и тканях организма, поэтому изменения в работе белков или уровне экспрессии этих генов оказывает влияние на весь организм. За исключением крайне редких генетических нарушений, неминуемо приводящих к развитию ожирения уже в детском возрасте (например, синдром РОХХАД [Thaker et al., 2015]). Подавляющее большинство молекулярно-генетических маркеров, к которым относятся в том числе «бережливые» генотипы, лишь незначительно увеличивают риск развития ожирения [Elks et al., 2010]. Однако чем больше в геноме человека генетических факторов, повышающих риск развития ожирения, тем сильнее проявляется негативное влияние гиподинамии, избытка калорий и негативных социальных факторов, а также большие усилия требуются для поддержания нормального веса [Moleres et al., 2012]. Полиморфизм разобщающих белков активно изучается как один из маркеров развития ожирения и склонности к кардиометаболическим заболеваниям. Однако мутации разобщающих белков, которые в норме повышают риск развития данных заболеваний, подхватываются отбором при занятиях спортом. Обследованная выборка спортсменов, представляющих виды спорта с различными требованиями к энергообеспечению соревновательной деятельности, в целом демонстрирует накопление «бережливых» аллелей разобщающих белков, что свидетельствует о направленном генетическом отборе. В перспективе необходимо исследовать экспрессионные профили разобщающих белков у спортсменов, представляющих различные виды спорта, так как активность генов семейства *UCP* находится под контролем множества внутренних и внешних факторов. Кроме свободных жирных кислот экспрессию генов разобщающих белков активируют различные факторы роста (*IGF1*, *IGF2*, *FGF21*) [Perrino et al., 2013]. Сайты связывания для *PPAR $\alpha$* , *PPAR $\beta$*  и *PPAR $\delta$*  присутствуют в промоторах генов *UCP2* и *UCP3* [Bugge et al., 2010]. Также целесообразно исследовать морфологические характеристики спортсменов, в частности количество и топоологию жировых отложений, тех видов спорта и спортивных специализаций, в которых наиболее выражен отбор «бережливых» генотипов. Полученные данные могут быть использованы специалистами спортивной медицины, так как по окончании спортивной карьеры и резким спадом уровня физической активности, спортсмены оказываются в группе риска развития заболеваний, ассоциированных с «бережливыми» генотипами.

## Библиография

- Ahmetov I.I., Williams A.G., Popov D.V., Lyubaeva E.V., Hakimullina A.M., Fedotovskaya O.N., Mozhayskaya I.A., Vinogradova O.L., Astratenkova I.V., Montgomery H.E., Rogozkin V.A. The combined impact of metabolic gene polymorphisms on elite endurance athlete status and related phenotypes // *Hum. Genet.*, 2009. Vol. 126 (6). P. 751–761.
- Ayub Q., Moutsianas L., Chen Y., Panoutsopoulou K., Colonna V., Pagani L., Prokopenko I., Ritchie G.R., Tyler-Smith C., McCarthy M.I., Zeggini E., Xue Y. Revisiting the thrifty gene hypothesis via 65 loci associated with susceptibility to type 2 diabetes // *Am. J. Hum. Genet.* 2014. Vol. 94 (2). P. 176–185.
- Beumann B., Schierning B., Toubro S., Bibby B.M., Sorensen T., Dalgaard L., Pedersen O., Astrup A. The association between the val/ala-55 polymorphism of the uncoupling protein 2 gene and exercise efficiency // *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.*, 2001. Vol. 4. P. 467–471.
- Bondareva E.A., Negasheva M.A. Genetic aspects of athletic performance and sports selection // *Biology Bulletin Reviews*, 2017. Vol. 7 (4). P. 344–353.
- Bondareva E.A., Andreev R.S., Yakushkin A.V., Parfenteva O.I., Akimov E.B., Sonkin V.D. Polymorphism of Uncoupling Protein Genes in Football Players: Investigation of the Functional Role // *Human Physiology*, 2016a. Vol. 42 (6). P. 645–654.
- Bondareva E.A., Godina E.Z. Association of the EPAS1 Gene G/A Polymorphism with Successful Performance in a Group of Russian Wrestlers // *Russian Journal of Genetics*, 2016b. Vol. 6 (8). P. 793–797.
- Bugge A., Siersbæk M., Madsen M. S., Gondor A., Rougier C., Mandrup S. A novel intronic peroxisome proliferator activated receptor  $\alpha$  enhancer in the Uncoupling Protein (UCP) 3 gene as a regulator of both UCP2 and -3 expression in adipocytes // *Journal of Biological Chemistry*, 2010. Vol. 285 (23). P. 17310–17317.
- Cadzow M., Merriman T.R., Boocock J., Dalbeth N., Stamp L.K., Black M.A., Visscher P.M., Wilcox P.L. Lack of direct evidence for natural selection at the candidate thrifty gene locus, *PPARGC1A* // *BMC Medical Genetics*, 2016. Vol. 17 (1). P. 80–93.
- Cardoso S., Correia S., Carvalho C., Candeias E., Placido A.I., Duarte A.I., Seica R.M., Moreira P.I. Perspectives on mitochondrial uncoupling proteins-mediated neuroprotection // *Journal of Bioenergetics and Biomembranes*, 2014. Vol. 47 (1–2). P. 119–131.
- Conn V.S., Koopman R.J., Ruppert T.M., Phillips L.J., Mehr D.R., Hafidahl A.R. Insulin sensitivity following exercise interventions: systematic review and meta-analysis of outcomes among healthy adults // *J. Prim. Care Community Health*, 2014. Vol. 5. P. 211–222.
- Dinas P.C., Lahart I.M., Timmons J.A., Svensson P.A., Koutedakis Y., Flouris A.D., Metsios G.S. Effects of physical activity on the link between PGC-1 $\alpha$  and FNDC5 in muscle, circulating Irisin and UCP1 of white adipocytes in humans: A systematic review // *F1000Res.*, 2017. Vol. 6. (286). eCollection 2017.
- Elks C.E., Loos R.J.F., Sharp S.J., Langenberg C., Ring S.M., Timpson N.J., Ness A.R., Smith G.D., Dunger D.B., Wareham N.J., Ong K.K. Genetic Markers of Adult Obesity Risk Are Associated with Greater Early Infancy Weight Gain and Growth // *PLoS Med.*, 2010. Vol. 7 (5). e1000284.

- Esterbauer H., Oberkofler H., Liu Y.M., Breban D., Hell E., Krempler F., Patsch W.* Uncoupling protein-1 mRNA expression in obese human subjects: the role of sequence variations at the uncoupling protein-1 gene locus // *J. Lipid Res.*, 1998. Vol. 39 (4). P. 834–844.
- Finaud J., Degoutte F., Scislawski V., Rouveix M., Durand D., Filaire E.* Competition and food restriction effects on oxidative stress in judo // *Int. J. Sports Med.*, 2006. Vol. 27 (10). P. 834–841.
- Flouris A.D., Shidlovskii Y.V., Shaposhnikov A.V., Yepiskoposyan L., Nadolnik L., Karabon L., Kowalska A., Carrillo A.E., Metsios G.S., Sakellariou P.* Role of UCP1 Gene Variants in Interethnic Differences in the Development of Cardio-Metabolic Diseases // *Front. Genet.*, 2017. Vol. 8:7.
- Harmancey R., Vasquez H.G., Guthrie P.H., Taegtmeier H.* Decreased long-chain fatty acid oxidation impairs postischemic recovery of the insulin-resistant rat heart // *The FASEB Journal*, 2013. Vol. 27 (10). P. 3966–3978.
- Jiang Z.M., Yang Q.H., Zhu C.Q.* UCP2 in early diagnosis and prognosis of sepsis // *Eur. Rev. Med. Pharmacol. Sci.*, 2017. Vol. 21 (3). P. 549–553.
- Kimm S.Y., Glynn N.W., Aston C.E., Damcott C.M., Poehlman E.T., Daniels S.R., Ferrell R.E.* Racial differences in the relation between uncoupling protein genes and resting energy expenditure // *Am. J. Clin. Nutr.*, 2002. Vol. 75. P. 714–719.
- Kogure A., Yoshida T., Sakane N., Umekawa T., Takakura Y., Kondo M.* Synergic effect of polymorphisms in uncoupling protein 1 and beta3 adrenergic receptor genes on weight loss in obese Japanese // *Diabetologia*, 1998. Vol. 41. P. 1399.
- Kratzer J.T., Lanasa M.A., Murphy M.N., Cicerchi C., Graves C.L., Tipton P.A., Ortlund E.A., Johnson R.J., Gauchera E.A.* Evolutionary history and metabolic insights of ancient mammalian uricases // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 2014. Vol. 111. P. 3763–3768.
- Merla A., Mattei P.A., Di Donato L., Romani G.L.* Thermal imaging of cutaneous temperature modifications in runners during graded exercise // *Ann. Biomed. Eng.*, 2010. Vol. 38. P. 158–163.
- Moleres A., Rendo-Urteaga T., Zulet M.A., Marcos A., Campoy C., Garagorri J.M., Martinez J.A., Azcona Sanjulian M.C., Marti A., EVASYON Study Group.* Obesity susceptibility loci on body mass index and weight loss in Spanish adolescents after a lifestyle intervention // *J. Pediatr.*, 2012. Vol. 161 (3). P. 466–470.
- Neel J.V.* Diabetes mellitus: a «thrifty» genotype rendered detrimental by «progress»? // *Am. J. Hum. Genet.*, 1962. Vol. 14. P. 353–362.
- Neel J.V.* The «thrifty genotype» in 1998 // *Nutr. Rev.*, 1999. Vol. 57. P. S2–S9.
- Oliveira B.A., Pinhel M.A., Nicoletti C.F., Oliveira C.C., Quinhoneiro D.C., Noronha N.Y., Marchini J.S., Marchry A.J., Junior W.S., Nonino C.B.* UCP1 and UCP3 Expression Is Associated with Lipid and Carbohydrate Oxidation and Body Composition // *PLoS One*, 2016. Vol. 11(3). e0150811.
- Orrenius S., Gogvadze V., Zhivotovsky B.* Mitochondrial oxidative stress: implications for cell death // *Annual Review of Pharmacology and Toxicology*, 2007. Vol. 47. P. 143–183.
- Perrino C., Schiattarella G. G., Sannino A., Pironti G., Petretta M.P., Cannavo A., Gargiulo G., Iardi F., Magliulo F., Franzone A., Carotenuto G., Serino F., Altobelli G.G., Cimini V., Cuocolo A., Lombardi A., Goglia F., Indolfi C., Trimarco B., Esposito G.* Genetic deletion of uncoupling protein 3 exaggerates apoptotic cell death in the ischemic heart leading to heart failure // *Journal of the American Heart Association*, 2013. Vol. 2 (3). Article ID e000086.
- Ricquier D.* UCP1, the mitochondrial uncoupling protein of brown adipocyte: A personal contribution and a historical perspective // *Biochimie*, 2017. Vol. 134. P. 3–8.
- Schrauwen P., Hoppeler H., Billeter R., Bakker A.H., Pendergast D.R.* Fiber type dependent upregulation of human skeletal muscle UCP2 and UCP3 mRNA expression by high-fat diet // *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.*, 2001. Vol. 4. P. 449–456.
- Schrauwen P., Russell A.P., Moonen-Kornips E., Boon N., Hesselink M.K.* Effect of 2 weeks of endurance training on uncoupling protein 3 content in untrained human subjects // *Acta Physiol. Scand.*, 2005. Vol. 183. P. 273–280.
- Sessa F., Chetta M., Petito A., Franzetti M., Bafunno V., Pisanelli D., Sarno M., Iuso S., Margaglione M.* Gene polymorphisms and sport attitude in Italian athletes // *Genet. Test. Mol. Biomarkers*, 2011. Vol. 15(4). P. 285–290.
- Shabalina I.G., Nedergaard J.* Mitochondrial («mild») uncoupling and ROS production: physiologically relevant or not? // *Biochem. Soc. Transactions*, 2011. Vol. 39 (5). P. 1305–1309.
- Sluse F.E.* Uncoupling proteins: molecular, functional, regulatory, physiological and pathological aspects // *Advances in Experimental Med. and Biol.*, 2012. Vol. 942. P. 137–156.
- Son'kin V.D., Akimov E.B., Andreev R.S., Yakushkin A.V., Kozlov A.V.* Brown Adipose Tissue Participate in Lactate Utilization during Muscular Work // *icSPORTS. Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Congress on Sports Sciences Research and Technology Support*, 2014. P. 97–102.
- Tait S.W.G., Green D.R.* Mitochondria and cell signaling // *Journal of Cell Science*, 2012. Vol. 125 (4). P. 807–815.
- Thaker V.V., Esteves K.M., Towne M.C., Brownstein C.A., James P.M., Crowley L., Hirschhorn J.N., Eisea S.H., Beggs A.H., Picker J., Agrawal P.B.* Whole exome sequencing identifies RAI1 mutation in a morbidly obese child diagnosed with ROHHAD syndrome // *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, 2015. Vol. 100(5). P. 1723–1730.
- Toda C., Diano S.* Mitochondrial UCP2 in the central regulation of metabolism // *Best Practice & Research: Clinical Endocrinol. & Metabolism*, 2014. Vol. 28 (5). P. 757–764.
- Victorino V.J., Mencialha A.L., Panis C.* Post-translational modifications disclose a dual role for redox stress in cardiovascular pathophysiology // *Life Sciences*, 2015. Vol. 129. P. 42–47.
- Vissers D., Hens W., Taeymans J., Baeyens J.P., Poortmans J., Van Gaal L.* The effect of exercise on visceral adipose tissue in overweight adults: a systematic review and meta-analysis // *PLoS ONE*, 2013. 8:e56415.
- Wang S., Subramaniam A., Cawthorne M.A., Clapham J.C.* Increased fatty acid oxidation in transgenic mice over-expressing UCP3 in skeletal muscle // *Diabetes, Obesity and Metabolism*, 2003. Vol. 5 (5). P. 295–301.
- Williams A.G., Folland J.P.* Similarity of polygenic profiles limits the potential for elite human physical performance // *J. Physiol.*, 2008. Vol. 586. P. 113–121.

Контактная информация:

Бондарева Эльвира Александровна:

e-mail: Bondareva.E@gmail.com;

Парфентьева Ольга Ивановна:

e-mail: parfenteva.olga@mail.ru;

Сонькин Валентин Дмитриевич: e-mail: sonkin@mail.ru.

**«THRIFTY» GENOTYPE: OBESITY OR SPORTS ACHIEVEMENT?**E.A. Bondareva<sup>1</sup>, O.I. Parfenteva<sup>2</sup>, V.D. Son'kin<sup>3</sup><sup>1</sup>*Institute and Museum of Anthropology, Lomonosov Moscow State University, Moscow*<sup>2</sup>*Moscow Sport's Technologies Centre, Moscow*<sup>3</sup>*Institute of Age Physiology, Moscow*

*Uncoupling protein genes (UCP) are perspective candidates for search of the associations between «thrifty» genotype and different traits of modern humans such as obesity predisposition or athletic achievement. The aim of the present paper is to study directions of genetic selection of polymorphic systems of the genes UCP1, UCP2 and UCP3 in different groups of sport. 198 highly qualified Russian athletes (140 males and 57 females) and 71 sedentary controls (38 males and 33 females), took part in the investigation. Buccal smears were collected and genomic DNA was isolated. UCP1 (rs1800592), UCP2 (rs660339), UCP3 (rs1800849) genotyping was performed by «Lytech» (Moscow). Significant differences of the genotype distributions were found for UCP1 and UCP2 gene systems ( $\chi^2 = 21,2$ ,  $p = 0,006$  и  $\chi^2 = 24,06$ ,  $p = 0,002$ , respectively). Among athletes aerobic, mixed cyclic and team games subgroups have shown selection of the «thrifty» genotypes of the UCP1, UCP2 and UCP3 polymorphic systems. But combat sports subgroup has shown the opposite selection of the initial alleles of the UCP1, UCP2 and UCP3.*

*Keywords: sports anthropology, uncoupling proteins, sports selection, UCP1, UCP2, UCP3, «thrifty» genotype*

# **D-ВИТАМИННЫЙ СТАТУС И ПЕРСИСТЕНЦИЯ ЛАКТАЗЫ В ЕВРОПЕЙСКИХ ПОПУЛЯЦИЯХ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ С ЭЛЕМЕНТАМИ МЕТА-АНАЛИЗА)**

А.И. Козлов<sup>1,2</sup>, Г.Г. Вершубская<sup>1</sup>

<sup>1</sup>МГУ имени М.В. Ломоносова, НИИ и Музей антропологии, Москва

<sup>2</sup>Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет, Пермь

*Введение.* При заселении Европы люди современного физического типа столкнулись с экологическими условиями, неблагоприятными для поддержания гомеостаза минерального обмена в костной ткани. Уровень инсоляции севернее 35°СШ недостаточен для стабильного аутосинтеза холекальциферола (D3) на протяжении всего года. Богатые эргокальциферолом (D2) морская рыба и жир морских млекопитающих во внутренних регионах Европы недоступны. По мере развития земледелия, вклад охоты и рыболовства в обеспечение пищей снижался, что усугубляло витаминную недостаточность.

Один из вариантов адаптивного ответа – увеличение в рационе не количества витамина D (регулятора минерального обмена), а субстрата метаболизма – кальция. Но во внутриматериковой Европе природные кальцийсодержащие продукты сравнительно редки.

Эти обстоятельства могли стимулировать развитие молочного животноводства, поскольку молоко может обеспечить высокое поступление кальция, а молочный сахар (лактоза) облегчает усвоение кальция, способствуя переводу его в растворимую форму.

Мы предполагаем, что недостаток витамина D требовал повышенного поступления экзогенного кальция, а экологические условия Северной Европы способствовали отбору носителей генотипа LCT\*Т, детерминирующего стабильную активность (персистенцию) фермента лактазы, необходимого для усвоения молока взрослыми.

Цель исследования – оценить связь между среднегрупповыми значениями концентрации 25(OH)D в сыворотке крови и частотой персистенции лактазы.

Материал и методы: Применён метод мета-анализа – количественного обобщения опубликованных результатов. Мы включили в обзор 26 публикаций, содержащих данные о концентрации 25(OH)D в сыворотке крови и частотах первичной (генетически детерминированной) гиполактазии у 11 460 взрослых индивидов, представляющих 39 этнотерриториальных выборок населения Европы.

Результаты и обсуждение: Доля носителей признака первичной гиполактазии в группе значительно коррелирует с географической широтой ( $R_{sp} = -0,595$ ;  $p < 0,001$ ;  $n = 39$ ). Следовательно, чем севернее локализована европейская группа, тем выше потенциальная способность ее членов к потреблению молока и, соответственно, получению с ним кальция (оценка вклада молока и молочных продуктов в рацион не входила в задачи настоящей работы).

Негативная корреляция частот гиполактазии и содержания 25(OH)D в сыворотке крови ( $R_{sp} = -0,46$ ;  $p = 0,003$ ;  $n = 39$ ) свидетельствует о том, что доля взрослых индивидов с персистенцией лактазы, т.е. способных усваивать молоко (и получать с ним дополнительный кальций), и D-витаминный статус популяции в ходе адаптации изменялись однонаправленно.

Заключение. В экологических условиях Европы адаптивный успех в поддержании гомеостаза минерального метаболизма в костной ткани достигался благодаря комплексному ответу, включавшему как компенсацию недостатка дефицитного вещества (кальция), так и повышение количества регулятора метаболизма этого вещества (витамина D).

Ключевые слова: антропология, витамин D, 25-гидроксивитамин D, 25(OH)D, лактаза, гиполактазия, LCT, толерантность к лактозе

## Введение

Патология минерального обмена в костной ткани рассматривается как одна из «болезней цивилизации» [Holick, 2007, 2013]. Внимание исследователей привлекают различные аспекты регуляции метаболизма костной ткани, находящиеся, в первую очередь, под контролем витамина D. Его дефицит широко распространён в различных группах населения Европы, но стратегии решения проблемы до сих пор не предложено [Davies, Shaw, 2010]. Одна из причин в том, что врачи продолжают совершенствовать диагностические и лечебные подходы, тогда как с позиций эволюционной медицины эпидемиология нарушений D-витаминного статуса и патологии костной ткани в европейских популяциях рассмотрена слабо. Среди немногих работ в этой области укажем только исследования А.И. Козлова [Козлов, 2012], Х. Геринга и С. Кожуховой [Геринг, Кожухова, 2015, 2016], M.F. Holick [Holick, 2013] и N.G. Jablonski и G. Chaplin [Jablonski, Chaplin, 2017]. Между тем, анализ эволюционно-исторических и экологических причин повышенного риска патологии костной ткани в популяциях Европы важен для развития успеха в борьбе с этими нарушениями.

\* \* \*

Развитие костной системы требует достаточно-го поступления минеральных веществ и их усвоения в необходимых количествах. С физиологической точки зрения, это разные процессы: поступление вещества обусловлено составом пищи, а усвоение – спецификой метаболизма.

Процессы всасывания кальция и реабсорбции фосфора регулируются комплексом веществ, которые объединяют под названием «витамина D». Однако уже давно известно, что элементы этого регуляторного комплекса имеют разную биохимическую природу: к классу собственно витаминов относится поступающий с пищей эргокальциферол D<sub>2</sub>, тогда как синтезируемый в организме под действием ультрафиолетовой радиации холекальциферол D<sub>3</sub> по биологической природе ближе к гормонам [Holick, 1997]. В тропиках, при высоком и стабильном на протяжении всего года уровне УФ-облучения, ауто синтез холекальциферола покрывал потребности организма. Но при заселении внетропических областей, люди современного физического типа столкнулись с экологическими условиями, неблагоприятными для поддержания гомеостаза минерального обмена в костной ткани:

севернее 35°СШ, то есть на всей территории Европы, уровень инсоляции достаточен для ауто синтеза холекальциферола лишь на протяжении 7–8 месяцев в году [Webb et al., 1988].

Адаптивный ответ мог достигаться различными способами. Одним из них было повышение продукции гормона путем увеличения чувствительности кожи к УФ-облучению. Отбором был подхвачен мутантный аллель, частично выводящий из строя меланокортиновый рецептор MC1R [Dessinioti et al., 2011; Sturm, Duffy, 2012]. При сниженной пигментации, в глубокие слои кожи проникает значительно больше физиологически активного ультрафиолета (до 29% у светлокотных европейцев по сравнению с 7% у темнокожих африканцев). В результате, географическое распределение групп *H. sapiens* с разной интенсивностью кожной пигментации приобрело вид, в целом отвечающий уровню УФ-радиации: чем ниже естественный уровень физиологически действенного (эритемного) облучения с длиной волны 280–315 нм, тем светлее кожа [Jablonski, Chaplin, 2017]. Недавние молекулярно-генетические исследования подтвердили давление отбора по этому признаку в европейских популяциях [Mathieson et al., 2015].

Однако снижение пигментации могло лишь частично компенсировать низкую выработку D<sub>3</sub>. Климатические условия Европы характеризуются не только пониженным уровнем эритемной радиации. Они также обуславливают необходимость ношения одежды (что ведет к уменьшению поверхности облучаемых кожных покровов), длительного пребывания в помещении или укрытии из-за холода и ненастья (т.е. дальнейшему сокращению времени облучения) и т.п. Угнетение эндокринной регуляции минерального обмена требовало дополнительной компенсации за счет иных механизмов. Ведущую роль сыграли изменения питания.

Компенсировать недостаток продукции гормона холекальциферола может увеличение поступления с пищей эргокальциферола (витамина D<sub>2</sub>). И холе-, и эргокальциферол в печени превращаются в кальцидиол, или 25-гидроксивитамин D – 25(OH)D. Циркулирующий в кровеносном русле 25(OH)D служит транспортной формой витамина и его основным резервуаром в организме [Спиричев, 2011; Chung et al., 2009]. Таким образом, гомеостаз минерального обмена может поддерживаться за счёт баланса ауто синтеза D<sub>3</sub> и потребления продуктов, содержащих D<sub>2</sub> (далее – витамин D).

Однако богатые витамином D источники – морская рыба и жир морских млекопитающих – во внутренних регионах Европы недоступны, а ткани внутриматериковых животных витамином

относительно бедны. К тому же, по мере развития земледелия, вклад охоты и рыболовства в обеспечение пищей снижался, что усугубляло витаминную недостаточность. Группы, практиковавшие производительные формы хозяйства, оставались в условиях, неблагоприятных для поддержания гомеостаза минерального обмена в костной ткани.

Принципиально иным, с точки зрения нутрициологии, вариантом адаптивного ответа, является увеличение в рационе не количества витамина D (регулятора минерального обмена), а субстрата метаболизма – кальция. Но и в этом отношении зона умеренного климата внутриматериковой Европы оказалась регионом неблагоприятным. Доступ к природным кальцийсодержащим продуктам здесь скуден: отсутствуют субтропические растительные источники (такие, как обычные в диетах современных европейцев привозные кунжут и соя), а местные зеленые растения (крапива, подорожник, петрушка, укроп, лук) являются продуктами сезонными [Мартинчик с соавт., 2002].

Эти обстоятельства косвенным образом могли стимулировать развитие молочного животноводства у оседлого населения Европы. Несмотря на малое содержание в молоке витамина D (4–10% необходимой человеку суточной дозы), оно может обеспечить высокое поступление кальция: в современном мире молоко и молочные продукты покрывают до 50% суточной потребности человека в этом минеральном веществе. Кроме того, содержащийся в молоке сахар лактоза облегчает усвоение кальция, способствуя переводу его в растворимую форму [Ingram et al., 2009; Smith, 2009].

Включение молока и молочных продуктов в рацион взрослых людей могло произойти только после определенных эволюционных событий.

Прежде всего, это одомашнивание животных, служивших стабильным источником молока. В Европе это произошло после приручения на территории ближневосточного «плодородного полумесяца» предка домашнего скота, *Bos taurus* [Bradley, 2000].

Второе изменение затронуло физиологию пищеварения. Как и у других млекопитающих, исходный генотип *H. sapiens* характеризуется носительством аллеля *C\** гена *LCT* (rs 4988235), детерминирующего снижение по мере взросления продукции фермента лактазы (это состояние обозначается как первичная, или генетически детерминированная, гиполактазия). При недостатке фермента, дисахарид лактоза (молочный сахар) не расщепляется на моносахариды, всасывание его в кишечнике затрудняется. Из-за развиваю-

щейся диспепсии подростки отказываются от молока, что повышает шансы матери на выкармливание следующего потомка. При наличии аллеля *T\*LCT* продукция лактазы остается стабильной; в фенотипе персистенция лактазы проявляется как сохранение «детской» способности расщеплять молочный сахар. Соответственно, взрослые носители аллеля *T\*LCT* могут без вреда включать в рацион молоко и молочные продукты, получая с ними кальций [Козлов, 1996, 2004].

Частоты первичной гиполактазии в популяциях Европы, Средиземноморья и Ближнего Востока в широтном поясе 23°..62°СШ коррелируют с уровнем эритемного УФ-облучения:  $R_{sp}=0,59$  ( $n=41$ ,  $p<0,001$ ). У населения субтропических регионов носительство генотипа *C/C\*LCT* составляет в среднем 70%, тогда как в Северо-Западной Европе, регионе с невысоким уровнем УФ-облучения, подавляющее большинство населения (80% и более) характеризуется стабильной продукцией (персистенцией) лактазы [Вершубская, Козлов, 2004]. Следует обратить внимание на то, что области, примыкавшие к побережьям Балтийского и Северного морей, исторически являлись и регионом наиболее интенсивного разведения молочного скота [Kozlov, Lisitsyn, 2000; Niemi et al., 2015]. Можно предположить, что недостаток витамина D требовал повышенного поступления кальция, а благоприятные для молочного скотоводства условия Северной Европы способствовали давлению отбора в пользу фенотипов со стабильной активностью лактазы.

*Цель настоящего исследования* – оценить связь между среднegrupповым уровнем концентрации 25(OH)D в сыворотке крови и частотой персистенции лактазы.

## Материал и методы

При рассмотрении связи D-витаминного статуса и распространенности персистенции лактазы в европейских популяциях применен метод мета-анализа, то есть количественного обобщения опубликованных результатов [Glass, 1976]. Использование этой формы анализа подкрепляется тем, что:

- применение стандартизованных методов оценки содержания 25(OH)D в сыворотке крови [Zerwekh, 2008] позволяет сравнивать D-витаминный статус различных этнических и географических групп населения;
- ассоциация генотипа *LCT* с фенотипами персистенции лактазы и гиполактазии в евро-

пейских выборках подтверждена комплексными исследованиями [Соколова с соавт., 2005; Боринская с соавт., 2006; Enattah et al., 2002]. Благодаря этому, при оценке распространённости персистенции лактазы можно использовать данные как клинических, так и молекулярно-генетических наблюдений.

Поиск публикаций для включения в анализ проводился по ключевым словам: витамин D; 25-гидроксивитамин D; 25(OH)D; лактаза; гиполактазия; *LCT*; толерантность к лактозе; мальабсорбция лактозы; vitamin D; 25-hydroxy-vitamin D; lactase; lactose tolerance; lactose malabsorption.

Использованы следующие критерии отбора:

- описываемые выборки представляют этническую или локализованную по месту жительства группу;
- для каждой группы имеются данные как по частотам гиполактазии/персистенции лактазы, так и по средневыборочному содержанию 25(OH)D в сыворотке крови;
- результаты получены при обследовании практически здоровых взрослых индивидов 18 лет и старше;
- концентрация 25(OH)D в сыворотке крови определена методом иммуноферментного анализа (IDS EIA).

Географическая локализация выборок определена нами с точностью до одного градуса географической широты.

В таблице 1 представлен анализируемый массив полученных из 26 публикаций вторичных данных о концентрации 25(OH)D в сыворотке крови и частотах первичной (генетически детерминированной) гиполактазии в 39 этнотерриториальных выборках населения Европы, сформированный по результатам обследования 11 460 индивидов.

Статистический анализ проведён с использованием программного обеспечения StatSoft, Inc. (2011) STATISTICA (data analysis software system), version 10. Согласованность признаков оценивалась расчетом ранговой корреляции Спирмена.

## Результаты и обсуждение

В таблице 2 представлены результаты метаанализа данных, полученных при исследовании 39 европейских групп.

Отсутствие значимой корреляции между содержанием 25(OH)D в сыворотке крови и географической широтой локализации группы объясня-

ется тем, что D-витаминный статус организма определяется комплексом факторов (сезонной смены уровня инсоляции, характером питания и одежды, продолжительностью и временем пребывания вне помещения и т.д.), лишь косвенно связанных с географической локализацией группы. Из-за высокой лабильности, концентрация 25(OH)D как физиологический показатель, коррелирует прежде всего с экологическими, а не географическими (координатными) характеристиками проживания популяции [Сайгитов, 2009; Козлов с соавт., 2013; Козлов, Вершубская, 2016].

Негативная связь распространённости ограниченной продукции лактазы с географической широтой ( $R_{sp} = -0,595$ ;  $p < 0,001$ ) подтверждает наши прежние результаты [Вершубская, Козлов, 2004]: чем севернее локализована европейская группа, тем выше потенциальная способность ее членов к потреблению молока и, следовательно, получению с ним кальция (оценка вклада молока и молочных продуктов в рацион не входила в задачи настоящей работы). Поскольку уровень продукции лактазы детерминирован генетически, воздействие на генофонд факторов, ответ на влияние которых возможен за счет лабильных физиологических характеристик, сравнительно невысоко. В результате, частота гиполактазии (или обратного ей показателя – персистенции лактазы) проявляет значимую корреляцию с географической широтой (табл. 2).

Негативная корреляция частот гиполактазии и содержания 25(OH)D в сыворотке крови ( $R_{sp} = -0,46$ ;  $p = 0,003$ ) свидетельствует о том, что доля взрослых индивидов с персистенцией лактазы, т.е. способных усваивать молоко (и получать с ним дополнительный кальций), и D-витаминный статус популяции в ходе адаптации изменялись однонаправленно.

Можно заключить, что в экологических условиях Европы адаптивный успех в поддержании гомеостаза минерального метаболизма в костной ткани достигался благодаря комплексному ответу, включавшему как компенсацию недостатка дефицитного вещества (кальция), так и повышение количества регулятора метаболизма этого вещества (витамина D).

## Благодарность

Исследование поддержано грантом РФФИ № 15-04-02309.

**Таблица 1. 25(ОН)D (нмоль/л) и частоты первичной гиполактазии (в процентах) в различных группах населения Европы (взрослые)**

Этническая группа	Регион	°СШ	25(ОН)D			Гиполактазия	
			Пол	нмоль/л	Источник	%	Источник
Русские	Петрозаводск	61	М	47,1	Каронова с соавт, 2013	28	Khabarova, 2013
			Ж	51,6			
Русские	С.-Петербург	60	М	67,2	Каронова с соавт, 2013	36	Соколова с соавт., 2005
			Ж	53,9			
Русские	С.-Петербург	60	М	68,3	Андреева с соавт, 2014		
			Ж	51,9			
Русские	Пермь	58	М+Ж	41,3	Козлов с соавт, 2015	49	Козлов, 2004
Коми-пермяки	Кудымкар	59	М+Ж	44,72	Козлов, Атеева, 2011	50	
Коми	Сыктывкар	62	М+Ж	47,65	Козлов, Атеева, 2011	44	
Удмурты	Ижевск	57	М+Ж	44,60	Козлов с соавт, 2013	56	Боринская, 2013
Белорусы	Минск	54	Ж	23,64	Руденко с соавт, 2012	40	Соколова с соавт., 2005
	Брест	52		32,12		40	
Украинцы	Вся территория	49	М+Ж	30,49	Povoroznyuk et al., 2012	51	
Норвежцы	Северная Норвегия	65	Ж	89,6	Lips et al., 2001	14	Hansen et al., 2015
	Осло	60	М+Ж	75	Holvik et al., 2008	14	Hansen et al., 2015
Шведы	Швеция	62	Ж	86,5	Lips et al., 2006	26	Kuokkanen et al., 2005
			Ж	86,0	Lips et al., 2001	22	Gerbault et al., 2009
Финны	Финляндия	62	Ж	71,2	Lips et al., 2001	17	Scrimshaw, 1988
	Южная Финляндия	60	М+Ж	46	Lamberg-Allardt et al., 2001	17	Jussila et al., 1970
Эстонцы	Тарту	59	Ж	45,4	Cutolo et al., 2006	28	Tammur et al., 1982
Ирландцы	Северная Ирландия	55	М+Ж	53,8	Dixon et al., 2006	20	Gerbault et al., 2009
Датчане	Дания	56	Ж	75,0	Lips et al., 2001	17	Gerbault et al., 2009
Англичане	Англия, Уэльс	53	Ж	58,5	Lips et al., 2006	22	Gerbault et al., 2009
		53	Ж	64,8	Lips et al., 2001	22	
Голландцы	Нидерланды	52	Ж	77,0	Lips et al., 2006	25	Vonk et al., 2000
		52	Ж	70,3	Lips et al., 2001	25	
Немцы	Германия	51	Ж	57,7	Lips et al., 2001	29	Gerbault et al., 2009
Поляки	Польша	51	Ж	55,2	Lips et al., 2001	37	Kuokkanen et al., 2005
Чехи	Чехия	50	Ж	58,9	Lips et al., 2001	35	Gerbault et al., 2009
Венгры	Венгрия	48	Ж	56,4	Bhattoa et al., 2004	37	Czeizel et al., 1983
		48	Ж	78,25	Lips et al., 2006	37	
		48	Ж	64,0	Lips et al., 2001	37	
		48	Ж	80,4	Lips et al., 2001	45	
Австрийцы	Австрия	48	Ж	80,4	Lips et al., 2001	45	Gerbault et al., 2009
Французы	Франция	48	Ж	67,1	Lips et al., 2001	37	
Швейцарцы	Женева	46	М+Ж	46,0	Burnand et al., 1992	58	
Словенцы	Словения	46	Ж	53,3	Lips et al., 2001	51	
Итальянцы	Италия	41	Ж	55,9	Lips et al., 2001	51	
Испанцы	Испания	40	Ж	68,0	Lips et al., 2006	58	Gerbault et al., 2009
			Ж	59,9	Lips et al., 2001	58	

**Таблица 2. Ранговая корреляция Спирмена между средневыборочной концентрацией 25(OH)D в сыворотке крови, частотой первичной гиполактазии и географической широтой локализации 39 выборок населения Европы**

Пара вариантов	Rsp	t(N-2)	p
25(OH)D и географическая широта	0,022089	0,134396	0,893818
Гиполактазия и географическая широта	<b>-0,595102</b>	-4,50428	0,000064
Гиполактазия и 25(OH)D	<b>-0,463589</b>	-3,18256	0,002955

## Библиография

Андреева А.Т., Каронова Т.Л., Глоба П.Ю. и др. Распространенность дефицита витамина D среди жителей Санкт-Петербурга и его взаимосвязь с компонентами метаболического синдрома // Трансляционные исследования в инновационном развитии здравоохранения: Тезисы Всеросс. конф., 2014. Прил. 1. С. 3.

Боринская С.А. Генетическая адаптация популяций человека к природным и антропогенным факторам среды. Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 2013. 49 с.

Боринская С.А., Ребриков Д.В., Нефёдова В.В. и др. Молекулярная диагностика и распространенность первичной гиполактазии в популяциях России и сопредельных стран // Молекулярная биология, 2006. Т. 40. № 6. С. 1031–1036.

Вершубская Г.Г., Козлов А.И. На солнечной поляночке: эритемная радиация и первичная гиполактазия // Экология и демография человека в прошлом и настоящем. М.: Институт археологии РАН, 2004. С. 57–59.

Геринг Х., Кожухова С. Витамин D – гормон солнца. А если солнечного света недостаточно? // Биохимия, 2015. Т. 80. № 1. С. 1397–1411.

Геринг Х., Кожухова С. Дефицит витамина D у современных европейцев и викингов, живших в Гренландии // Биохимия, 2016. Т. 81. № 12. С. 1775–1781.

Каронова Т.Л., Гринева Е.Н., Никитина И.Л. и др. Уровень обеспеченности витамином D жителей Северо-Западного региона РФ (г.Санкт-Петербург и г.Петрозаводск) // Остеопороз и остеопатии, 2013. № 3. С. 3–6.

Козлов А.И. Гиполактазия: распространенность, диагностика, врачебная тактика. М.: «АрктАн-С», 1996. 70 с.

Козлов А.И. Лактазная недостаточность (первичная гиполактазия) в различных группах населения Евразии. Дис. ... д-ра биол. наук. М., 2004. 200 с.

Козлов А.И. Витамин D и все, все, все // Природа, 2012. № 3. С. 18–22.

Козлов А.И., Атеева Ю.А. Витамин D и особенности питания различных групп коми // Вестн. Моск. ун-та. Сер. XXIII. Антропология, 2011. № 4. С. 25–34.

Козлов А.И., Атеева Ю.А., Вершубская Г.Г. и др. D-витаминный статус населения Пермского края, республик Коми и Удмуртия // Вопросы питания, 2013. Т. 82. № 2. С. 31–36.

Козлов А.И., Вершубская Г.Г. Витамин D и здоровье северян // Наследие Берингии / ред. И.И.Крупник. Вып. 3. М., 2016. С. 344–362.

Мартинчик А.Н., Маев И.В., Петухов А.Б. Питание человека (основы нутрициологии). М.: ГОУ ВУНМЦ МЗ РФ, 2002. 576 с.

Руденко Э.В., Романов Г.Н., Самоховец О.Ю. и др. Определение статуса витамина D у женщин постменопаузального возраста, проживающих в различных регионах Республики Беларусь // Боль. Суставы. Позвоночник (Интернет-издание), 2012. Вып. 3. (7). С. 1–4.

Сайгитов Р.Т. Дифференцированный («сезонный») подход при профилактике недостаточности витамина D3 у детей // Вопросы современной педиатрии, 2009. Т. 8. № 5. С. 70–79.

Соколова М.В., Бородина Т.А., Гасемианродсари Ф. и др. Полиморфизм ассоциированного с гиполактазией локуса C/T-13910 гена лактазы LCT у восточных славян и иранцев // Медицинская генетика, 2005. № 11. С. 523–527.

Спиричев В.Б. О биологических эффектах витамина D // Педиатрия, 2011. Т. 90. № 6. С. 113–119.

Bettica P., Bevilacqua M., Vago T., Norbiato G. High prevalence of hypovitaminosis D among free-living postmenopausal women referred to an osteoporosis outpatient clinic in Northern Italy for initial screening // Osteopor. Intern., 1998. Vol. 9. N 3. P. 226–229.

Bhattoa H.P., Bettembuk P., Ganacharya S., Balogh A. Prevalence and seasonal variation of hypovitaminosis D and its relationship to bone metabolism in community dwelling postmenopausal Hungarian women // Osteopor. Intern., 2004. Vol. 15. N 6. P. 447–451.

Bradley D.C. Mitochondrial DNA diversity and origins of domestic livestock // Archaeogenetics: DNA and the population prehistory of Europe / Eds. C.Renfrew, K.Boyle. Cambridge: McDonald Institute for Archaeological Research, 2000. P. 315–320.

Burnand B., Sloutskis D., Gianoli F. et al. Serum 25-hydroxyvitamin D: distribution and determinants in the Swiss population // Am. J. Clin. Nutr., 1992. Vol. 56. N 3. P. 537–542.

Chung M., Balk E.M., Brendel M. et al. Vitamin D and calcium: a systematic review of health outcomes // Evid. Rep. Technol. Assess (Full Rep), 2009. N 183. P. 1–420.

Cutolo M., Otsa K., Laas K. et al. Circannual vitamin D serum levels and disease activity in rheumatoid arthritis: Northern versus Southern Europe // Clin. Experiment. Rheumatol., 2006. Vol. 24. P. 702–704.

Czeizel A., Flatz G., Flatz S.D. Prevalence of primary adult lactose malabsorption in Hungary // Hum.Genet., 1983. Vol. 64. P. 398–401.

- Dessinioti C., Antoniou C., Katsambas A., Stratigos A.J. Melanocortin 1 receptor variants: functional role and pigmentary associations // *Photochem. Photobiol.*, 2011. Vol. 87. N 5. P. 978–987.
- Dixon T., Mitchell P., Beringer T. et al. An overview of the prevalence of 25-hydroxy-vitamin D inadequacy amongst elderly patients with or without fragility fracture in the United Kingdom // *Curr. Med. Res. Opin.*, 2006. Vol. 22. N 2. P. 405–415.
- Enattah N.S., Sahi T., Savilahti E. et al. Identification of a variant associated with adult-type hypolactasia // *Nat. Genet.*, 2002. Vol. 30. N 2. P. 233–237.
- Gerbault P., Moret C., Currat M., Sanchez-Mazas A. Impact of selection and demography on the diffusion of lactase persistence // *Plos ONE*, 2009. Vol. 4. N 7. e6369. doi:10.1371/journal.pone.0006369.
- Glass G.V. Primary, secondary, and meta-analysis of research // *Educ. Res.*, 1976. N 5. P. 3–8.
- Hansen K.L., Brustad M., Johnsen K. Prevalence of self-reported stomach symptoms after consuming milk among indigenous Sami and non-Sami in Northern- and Mid-Norway the SAMINOR study // *Int. J. Circumpolar Health*, 2015. Vol. 74: 25762. URL: <http://dx.doi.org/10.3402/ijch.v74.25762> (дата обращения: 13.07.2017).
- Holick M.F. Photobiology of vitamin D // D.Feldman, F.H.Glorieux, J.W.Pike (eds.) / *Vitamin D*. San Diego: Academic Press, 1997. P. 33–39.
- Holick M.F. Vitamin D deficiency // *N. Engl. J. Med.*, 2007. N 357. P. 266–281.
- Holick M.F. Vitamin D and health: Evolution, biologic functions, and recommended dietary intakes for vitamin D / M.F. Holick (ed.) // *Vitamin D Physiology, molecular biology, and clinical applications*. New York: Humana Press Inc., 2013. P. 3–33.
- Holvik K., Brunvand L., Brustad M., Meyer H.E. Vitamin D status in the Norwegian population. / In: E. Bjertness (ed.) // *Solar Radiation and Human Health*. Oslo: The Norwegian Academy of Science and Letters, 2008. P. 216–228.
- Ingram C.J., Mulcare C.A., Itan Y., et al. Lactose digestion and the evolutionary genetics of lactase persistence // *Hum. Genet.*, 2009. V.124. N6. P.579-591.
- Jablonski N.G., Chaplin G. The colours of humanity: the evolution of pigmentation in the human lineage // *Philos. Trans. R. Soc. B*, 2017. N 372: 20160349. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2016.0349>.
- Jussila J., Isokoski M., Launiala K. Prevalence of lactose malabsorption in a Finnish rural population // *Scand. J. Gastroenterol.*, 1970. N5. P.49-56.
- Khabarova Y. Adult-type Hypolactasia in North-West Russia. Academic Dissertation. Tampere: Tampere University Press, 2013. 84 p.
- Kozlov A., Lisitsyn D. History of dairy cattle-breeding and distribution of LAC\*R and LAC\*P alleles among European populations // *Archaeogenetics: DNA and the population prehistory of Europe* / Eds. C.Renfrew, K.Boyle. Cambridge: McDonald Institute for Archaeological Research, 2000. P. 309–313.
- Kuokkanen M., Butzow R., Rasinpera H. et al. Lactase persistence and ovarian carcinoma risk in Finland, Poland and Sweden // *Int. J. Cancer*, 2005. N 117. P. 90–94.
- Lamberg-Allardt C.J., Outila T.A., Karkkainen M.U. et al. Vitamin D deficiency and bone health in healthy adults in Finland: could this be a concern in other parts of Europe? // *J. Bone Miner. Res.*, 2001. Vol. 16. N 11. P. 2066–2073.
- Lips P., Duong T., Oleksik A. et al. A global study of vitamin D status and parathyroid function in postmenopausal women with osteoporosis: baseline data from the multiple outcomes of raloxifene evaluation clinical trial // *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, 2001. Vol. 86. N 3. P. 1212–1221.
- Lips P., Hosking D., Lippuner K. et al. The prevalence of vitamin D inadequacy amongst women with osteoporosis: an international epidemiological investigation // *J. Intern. Med.*, 2006. Vol. 260. N 3. P. 245–254.
- Mathieson I., Lazaridis I., Rohland N. et al. Eight thousand years of natural selection in Europe // *bioRxiv preprint first posted online March 14, 2015*. URL: <http://dx.doi.org/10.1101/016477> (дата обращения: 13.07.2017).
- Niemi M., Blauer A., Iso-Touru T. et al. Temporal fluctuation in North East Baltic Sea region cattle population revealed by mitochondrial and Y-chromosomal DNA analyses // *PLoS ONE*, 2015. Vol. 10. N 5. e0123821. doi:10.1371/journal.pone.0123821.
- Povoroznyuk V.V., Balatska N.I., Muts V.Y. et al. Vitamin D deficiency in Ukraine: A demographic and seasonal analysis // *Gerontologija*, 2012. Vol. 13. N 4. P. 191–198.
- Scrimshaw N.S., Murray E.B. The acceptability of milk and milk products in populations with a high prevalence of lactose intolerance // *Am. J. Clin. Nutr.*, 1988. Vol. 48 (4 suppl.). P. 1079–1159.
- Smith G.D., Lawlor D.A., Timpson N.J. et al. Lactase persistence-related genetic variant: population substructure and health outcomes // *Eur. J. Hum. Genet.*, 2009. Vol. 17. N 3. P. 357–367.
- Sturm R.A., Duffy D.L. Human pigmentation genes under environmental selection // *Genome Biology*, 2012. Vol. 13. N 9. P. 248. URL: <http://doi.org/10.1186/gb-2012-13-9-248>.
- Tammur R., Tamm A., Villako K. Prevalence of lactose malabsorption in a randomly selected group of Estonians / / 7th Congress Org. Mond. Gastroenterol., Stockholm, 1982. Abstr. P. 1106.
- Vonk R.J., Lin Y., Koetse H.A. et al. Lactose (mal)digestion evaluated by the 13C-lactose digestion test // *Eur. J. Clin. Invest.*, 2000. Vol. 30. N 2. P. 140–146.
- Webb A.R., Kline L., Holick M.F. Influence of season and latitude on the cutaneous synthesis of vitamin D3 : exposure to winter sunlight in Boston and Edmonton will not promote vitamin D3 synthesis in human skin // *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, 1988. Vol. 67. P. 373–378.
- Zerwekh J.E. Blood biomarkers of vitamin D status // *Am. J. Clin. Nutr.*, 2008. Vol. 87 (Suppl.). P. 1087S–1091S.

Контактная информация:

Козлов Андрей Игоревич: e-mail: [dr.kozlov@gmail.com](mailto:dr.kozlov@gmail.com);  
Вершубская Галина Григорьевна: e-mail: [ggver@ya.ru](mailto:ggver@ya.ru).

## **D-VITAMIN STATUS AND LACTASE PERSISTENCE IN EUROPEAN POPULATIONS (REVIEW WITH THE ELEMENTS OF META-ANALYSIS)**

A.I. Kozlov <sup>1,2</sup>, G.G. Vershubskaya <sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Lomonosov Moscow State University, Institute and Museum of Anthropology, Moscow*

<sup>2</sup> *Perm State Humanitarian Pedagogical University, Perm*

*Introduction. Colonizing Europe, people of the contemporary physical type encountered environmental conditions unfavorable for maintaining bone mineral homeostasis. Insolation at latitudes above 35 degrees north is insufficient for a stable cholecalciferol (D3) autosynthesis throughout the year. Ergocalciferol-rich saltwater fish and fat of marine mammals were unavailable in the inner regions of Europe. As agriculture developed, hunting and fishing provided less food, thereby exacerbating the vitamin deficiency.*

*One of the adaptive strategy could be to increase the amount not of dietary vitamin D (which regulates mineral metabolism), but of calcium, which is a substrate of the metabolism. However, calcium-containing natural products were scarce in mainland Europe.*

*These conditions could have stimulated milk husbandry development, as milk provides high calcium intake and milk sugar (lactose) improves intestinal absorption of calcium by converting it into soluble form.*

*We suppose, that the vitamin D deficiency called for an increase in calcium consumption, and the environmental conditions of Northern Europe governed the selection of the carriers of LCT\*T genotype, which determines the stable production (persistence) of the lactase enzyme that allows adults to digest milk.*

*The purpose of the study was to evaluate the relationship between group average 25(OH)D blood serum concentration and the frequency of lactase persistence.*

*Materials and methods: meta-analysis, a technique that quantitatively consolidates already published results, was used. We considered 26 publications containing data on 25(OH)D blood serum concentration along with the prevalence of primary (genetically determined) hypolactasia in 39 ethno-territorial European groups (covered 11460 adult subjects in total).*

*Results and discussion: the share of subjects with primary hypolactasia in a group correlates significantly with latitude ( $R_{sp} = -0,595$ ;  $p < 0,001$ ;  $n = 39$ ). *Id est*, the more further to the north a European group resides, the more frequently its adult members potentially have the ability to digest milk and thus could have higher calcium intake (we did not evaluate the actual dietary consumption of milk and dairy products in this study).*

*A negative correlation between the prevalence of hypolactasia and 25(OH)D blood serum concentration ( $R_{sp} = -0,46$ ;  $p = 0,003$ ;  $n = 39$ ) shows that the share of adults able to digest milk (lactase persistence) and the vitamin D status of a population in the course of adaptation changed unidirectionally.*

*Conclusion: in the ecological conditions of Europe, an adaptational success in maintaining bone mineral homeostasis was achieved through an integrated response, which included both a compensation for the deficiency of the substance (calcium), and an increase of the amount of the metabolism regulator (vitamin D) of this substance.*

*Keywords: anthropology; vitamin D; 25-hydroxivitamin D; 25(OH)D; lactase; hypolactasia; LCT; lactose tolerance*

## ОСТЕОАРТРОЗ В ДОЛГОЖИТЕЛЬСКИХ ПОПУЛЯЦИЯХ КАВКАЗА

Л. Калихман<sup>1</sup>, М. В.А. Бацевич<sup>2</sup>, Е. Кобылянский<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Университет имени Давида Бен-Гуриона в Негеве, Факультет здравоохранения и медицины, Беэр-Шева, Израиль

<sup>2</sup>МГУ имени М.В. Ломоносова, НИИ и Музей антропологии, Москва, Россия

<sup>3</sup>Тель-Авивский университет, Медицинский факультет им. Саклера, Тель-Авив, Израиль

Признаки остеоартроза, которые выявляются на рентгенограммах кисти, – довольно частое явление в любой популяции, и их встречаемость варьирует в пределах 29–76% в зависимости от группы. В качестве возможных объяснений существующих межпопуляционных различий рассматривают различающийся генетический фон и влияние факторов окружающей среды. Популяции с высоким процентом долгожителей уже были предметом всестороннего изучения. Согласно этим исследованиям, при сравнении собственно долгожителей с индивидами старших возрастов из других групп (во избежание эффекта когорты – приблизительно 60 лет, когда смертность резко увеличивается), первые в меньшей степени подвержены основным заболеваниям пожилого возраста, а здоровье небольшой части из них все еще находится в хорошем состоянии. Так как остеоартроз обнаруживает ассоциацию с показателями заболеваемости и смертности, мы предположили, что в сравнении с недолгожительскими популяциями, частота встречаемости признаков остеоартроза, идентифицированных на рентгенограммах, в популяциях долгожителей будет ниже, а их развитие будет происходить в более позднем возрасте.

Цели работы: 1. Выявить различия по частоте и степени развития признаков остеоартроза, выявляемых на рентгенограммах, между тремя долгожительскими популяциями (абхазы, азербайджанцы и грузины) и одной недолгожительской группой русских из Европейской части России. 2. Оценить степень ассоциации между долгожительством и остеоартрозом в исследуемых популяциях. 3. Провести сравнение результатов исследований развития остеоартроза (метод Kellgren-Lawrence) и возрастных изменений скелета кисти (метод OCSEO) в тех же самых группах.

Сбор данных в долгожительских группах осуществлялся сотрудниками НИИ и Музея антропологии МГУ имени М.В. Ломоносова на протяжении нескольких экспедиций, проходивших в 1970–1980-х гг. Индекс долгожительства (ИД) рассчитывался как соотношение числа индивидов старше 90 лет к числу индивидов старше 60 лет, выраженный в промилле (‰). Остеоартроз оценивался в 14 суставах левой кисти руки по классификации Kellgren-Lawrence (K-L). Оценка темпов возрастных изменений костей кисти проводилась по методу OCSEO. Статистический анализ включал в себя вычисление частот, построение линейной, логистической и полиномиальной регрессий и дисперсионный анализ (ANOVA).

Три из четырех изученных популяций удовлетворяли критерию долгожительской популяции (ИД=40–70‰). Четвертая группа русских сформирована из трех недолгожительских популяций (ИД=10–20‰). Большинство сравниваемых пар исследуемых выборок обнаружили достоверные различия ( $p < 0,003$ ) по частоте встречаемости стандартизованного по возрасту остеоартроза, за исключением пар русские–грузины и азербайджанцы–абхазы ( $p > 0,05$ ). Наиболее низкие значения этого параметра были обнаружены в выборке абхазов, более высокие – в выборках азербайджанцев и грузин, наиболее высокие – в выборке русских. Дисперсионный анализ выявил достоверные различия ( $p < 0,01$ ) между средними значениями числа пораженных суставов (ЧПС), стандартизованными по возрасту. Наиболее низкие их значения наблюдаются в группах абхазов, средние – у азербайджанцев и грузин, а наиболее высокие значения обнаружены в группе русских. Исследования, проведенные по методу OCSEO, показали сходные результаты для выборок абхазов, грузин и русских. У выборки азербайджанцев определены более высокие темпы возрастных изменений скелета кисти по сравнению с абхазами и грузинами.

Результаты исследований показывают, что характер развития остеоартроза кисти различается в долгожительских и недолгожительских популяциях. Старение костей скелета кисти в долгожительских популяциях отсрочено по времени в онтогенезе: первые остеоартрозные изменения в суставах кисти появляются позднее, а их прогрессирование, оцененное по ЧПС, происходит медленнее. Метод OCSEO показал результаты, практически сходные с классификацией по K-L при сравнительном определении динамики старения кости в долгожительских и недолгожительских группах.

Ключевые слова: антропология, долгожительство, старение, остеоартроз, кисть руки, классификация Kellgren-Lawrence, метод OCSEO

## Введение

Остеоартроз в суставах кисти – это состояние, крайне часто встречающееся в любой популяции и поражающее от 29 до 76% населения [Lawrence et al., 2008; van Saase et al., 1989]. Популяционные различия по этому показателю можно объяснить не только отличающимся генетическим фоном, но и влиянием факторов окружающей среды. S. Dahaghin с соавторами [Dahaghin et al., 2005], основываясь на данных Роттердамского исследования, показали, что у 67% женщин и 55% мужчин старше 55 лет хотя бы в одном из суставов кисти на рентгенограммах выявляются признаки остеоартроза. По данным Y. Zhang и коллег [Zhang et al., 2002; Zhang et al., 2003], полученным в Фрамингемском когортном исследовании, общая частота случаев остеоартроза колеблется в пределах от 27,2% до более чем 80% среди пожилых (75% в группе мужчин и 85% в группе женщин). Эти данные были взяты за основу Национальной рабочей группой по изучению распространенности ревматических заболеваний (NADW) в отчете о частоте случаев признаков остеоартроза в суставах кистей рук, выявляемых на рентгенограммах [van Saase et al., 1989; Lawrence et al., 2008]. Частота случаев остеоартроза достигала 45% среди пожилого населения Китая [Zhang et al., 2003], а в сельской выборке туркмен [Kalichman, Li, Kobylansky, 2009] все индивиды старше 65 лет демонстрировали признаки заболевания хотя бы в одном из суставов кисти. В русских общинных образцах, после 65 лет, 98,5% мужчин и 96,8% женщин имели по крайней мере один пораженный сустав [Kalichman et al., 2010]. Показано, что распространенность и степень выраженности признаков остеоартроза, выявляемых на рентгенограммах, имеют возрастную зависимость [Kellgren, Lawrence, 1957; Hart, Spector, 2000]. Так, G. Livshits с соавторами [Livshits et al., 2002] провели стандартный трехфакторный дисперсионный анализ родословных чувашей и определили, что возраст является основным фактором, влияющим на развитие остеоартроза и определяющим примерно 73% его общей изменчивости.

Долгожительские популяции неоднократно были объектом всесторонних исследований специалистами разных научных областей [Феномен долгожительства, 1982; Григоров с соавт., 1991; Ferrell et al., 1985; Dalakishvili et al., 2009; Magnolfi et al., 2009; Kalichman et al., 2011]. Тем не менее, до настоящего времени ряд вопросов остается не изученным. Например, с какой скоростью развиваются такие состояния, зависящие от возраста, как остеоартроз в группах с повышенным долголетием и в долгожительских популяциях. Мы предлагаем следующую гипотезу: признаки остео-

артроза на рентгенограммах кисти встречаются реже в популяциях долгожителей и развиваются в поздних возрастах по сравнению с долгожительскими группами.

В данной работе у нас была возможность воспользоваться уникальной коллекцией рентгеновских снимков кистей рук, собранных сотрудниками НИИ и Музея антропологии МГУ имени М.В. Ломоносова в антропоэкологических экспедициях по одним и тем же методикам в течение 60 лет. Эта коллекция включает выборки из нескольких десятков этнических групп, проживавших в сельском районе на территории бывшего СССР. Достоверных различий по уровню и доступности медицинского обслуживания между выборками нет.

Целью нашего исследования было определение расхождений в распространенности и характере развития признаков остеоартроза, выявляемых на рентгенограммах кисти, в трех популяциях долгожителей (абхазы, азербайджанцы, грузины) и в одной долгожительской группе (русские средней полосы Европейской части РФ). Оценить степень ассоциации между долгожительством и остеоартрозом в исследуемых популяциях. Провести сравнение результатов исследований развития остеоартроза (метод Kellgren-Lawrence) и возрастных изменений скелета кисти (метод OCCEO) в исследуемых группах.

## Материал и методы

Метод исследования – поперечное *обсервационное* исследование. Для настоящего исследования были отобраны четыре выборки, изученные в ходе более масштабного исследования экологической адаптации человека. Данные по абхазам были собраны в трех долгожительских селах Очамчирского р-на Абхазской АССР в 1978–1980 гг. Общая численность выборки 650 человек, возрастной диапазон 18–100 лет. Грузины-имеретины обследованы в 1981 г. в с. Алисубани Тержольского р-на Грузинской ССР. Численность выборки составила 292 человек в возрасте от 18 до 100 лет. Азербайджанцы исследовались в 1985 г. в с. Ашагы Аскипара Казахского р-на Азербайджанской ССР. Численность группы – 294 человек, возрастной диапазон 19–90 лет. В качестве сравнительного материала использованы совокупные рентгенологические данные кисти по русским сельским группам из Воронежской, Курской и Липецкой областей. Суммарная численность русской выборки – 538 человек, возрастной диапазон 18–90 лет. Все эти выборки являются репрезентативными по отношению к общей численности населения конкретных геогра-

фических районов и местных локальных этносов. Ко всем изученным группам применялась одна и та же процедура отбора. Основная установка была на обследовании населения с исторически стабильной структурой, с традиционным типом хозяйства и с единообразным родом занятий в пределах выборки. Предпочтение отдавалось сельскому населению с низким уровнем иммиграции и стабильной семейной структурой. Выбранные популяции в большинстве своем проживали в сходных социально-экономических условиях окружающей среды и не были подвержены внешнему притоку генов в течение нескольких поколений [Pavlovsky, Kobylansky, 1997].

Все обследования проводились с соблюдением правил биоэтики. В соответствии с законом о персональных данных, представленные результаты деперсонифицированы.

Для каждой выборки рассчитывался индекс долгожительства (ИД). Он вычислялся по демографическим данным из статистических отчетов для обследуемых районов как отношение численности населения в 90 лет и старше к численности населения в 60 лет и старше и представлен в промилле (‰). Этот индекс широко используется во многих публикациях [Kozlov, Komarova, 1982; Pavlovsky, Kobylansky 1997; Magnolfi et al., 2007]. Популяции, в которых ИД превышал 40 ‰, считались долгожительскими. Из четырех отобранных выборок, три – абхазы, азербайджанцы и грузины – представляли собой выборки из популяций долгожителей. Четвертая выборка – русские – представляла недолгожительскую популяцию [Kozlov, Komarova 1982].

При получении данных учитывался пол, возраст, информация о хронических заболеваниях и пройденных курсах лечения. Программа исследования включала сбор различных антропологических показателей и рентгенографию левой кисти руки. Из исследования были исключены индивиды с диагностированными заболеваниями костей, патологической аменореей, посттравматическим, ревматоидным или псориатическим артритом, а также индивиды, прошедшие курс гормонозаместительной терапии или постоянно принимающие стероидные препараты.

У каждого индивида было получено по одному рентгеновскому снимку кисти левой руки в дорзо-вентральной проекции. Источник излучения находился на расстоянии 90 см над поверхностью пленки, экспозиция составляла 25–40 мАс при напряжении на трубке 70 кВ. Снимки делались по стандартной методике, принятой в рентгеноантропологии [Павловский, 1981]. Использовалась рентгенопленка марки РТ для съёмки без усиливающих экранов. Во всех экспедициях использовалось одно-

типное оборудование, все рентгеновские снимки были получены в соответствии с одним и тем же стандартизованным протоколом.

Рентгенограммы изучал опытный и специально обученный исследователь. Степень развития остеоартроза определялась по оценочной шкале Келлгрена-Лоуренса (K-L), в которой используются фотографии из Атласа стандартных рентгенограмм [Kellgren, Lawrence, 1963]. Оценочная шкала K-L описывает совокупность дегенеративных изменений в каждом суставе, при этом балл для каждого сустава колеблется в пределах 0–4. Степень развития остеоартроза определялась отдельно для каждого из 14 суставов левой кисти, т.е. для 5 дистальных межфаланговых суставов, 4 проксимальных межфаланговых суставов и 5 пястно-фаланговых суставов. Если в каком-то суставе балл K-L равнялся или превышал 2, такой сустав считался пораженным остеоартрозом. Для каждого индивида фиксировалось общее число пораженных суставов (ЧПС). Частота случаев остеоартроза в группе рассчитывалась исходя из числа индивидов с найденными изменениями хотя бы одним суставом по отношению к общему количеству индивидов в группе.

На предварительном этапе два опытных исследователя (хирург-ортопед и исследователь, имеющий большой опыт в чтении рентгеновских снимков) просмотрели серию снимков и определились относительно протокола оценки баллов по K-L. Таким образом, каждый из двух исследователей просмотрел дважды 12 рентгеновских снимков, после чего были рассчитана межэкспертная надежность их заключений, а также согласованность заключений каждого из исследователей. Все несоответствия проверялись на предмет систематических ошибок. Такая процедура повторялась для 10 серий рентгеновских снимков до тех пор, пока не была достигнута высокая степень согласованности оценок ( $\kappa > 0,80$ ). После этого, один исследователь просмотрел все рентгеновские снимки вслепую, не имея информации об имени, поле и возрасте пациента. Перед тем, как приступить к новой серии рентгеновских снимков, исследователь заново просматривал пять снимков из предыдущей серии для «калибровки» своих оценок по стандарту. Согласованность оценок исследователя ( $\kappa$  Коэна), рассчитанная по 20 повторным измерениям, во всех случаях была не меньше 0,84 ( $p < 0,01$ ).

Расчет описательных статистик и межвыборочное сравнение проводились с использованием пакета программ «Statistica 7.1».

Для начала мы протестировали ассоциацию между общим числом пораженных суставов (ЧПС) и возрастом отдельно для мужчин и женщин. Полученная регрессионная модель, описывающая

Таблица 1. Описательные статистики изучаемых выборок

Выборка	Индекс долгожительства* 90+/60+ (%)	Объем выборки	Пол (% мужчин)	Средний возраст $\pm$ SE (годы)	Возрастной диапазон, годы	Частота случаев остеоартроза (%)	Число пораженных суставов (средняя $\pm$ SE)
Русские	10–20	538	43,60	43,75 $\pm$ 0,45	18–90	49,86 $\pm$ 0,76	1,74 $\pm$ 0,08
Грузины	40–50	292	32,84	52,11 $\pm$ 1,14	18–100	61,99 $\pm$ 1,43	2,27 $\pm$ 0,16
Азербайджанцы	50–60	294	44,48	48,29 $\pm$ 0,98	19–90	29,15 $\pm$ 1,21	1,28 $\pm$ 0,12
Абхазы	60–70	650	52,37	43,47 $\pm$ 0,62	18–100	43,10 $\pm$ 1,01	0,72 $\pm$ 0,06

Примечания. \* – интервалы, определенные в обширном скрининговом исследовании (Kozlov, Komarova, 1982).

связь этих двух параметров, была практически идентична для обоих полов. Учитывая тот факт, что в наших предыдущих исследованиях различия между мужчинами и женщинами не выявлены [Kalichman et al., 2008; Kalichman, Lii, Batsevich et al., 2009], дальнейшие расчеты проводились по объединенной (мужчины и женщины) выборке.

На следующем этапе мы рассчитали частоту случаев остеоартроза (один и более пораженных суставов) и общего числа пораженных суставов (ЧПС) с учетом возрастных групп (<35; 36–50; 51–65; >65 лет). Мы сравнили частоту случаев остеоартроза в кисти между исследованными выборками посредством критерия  $\chi^2$ , после стандартизации каждой выборки по возрасту. За стандартное взято распределение возрастов в общей выборке. Сравнения ЧПС между исследуемыми выборками с учетом пола и возраста выполнены с помощью однофакторного дисперсионного анализа с применением теста Шеффе.

Возрастная динамика ЧПС тестировалась посредством расчета регрессионных моделей: линейные, квадратические, кубические и полиномиальные модели возрастной зависимости более высокой степени. Расчет параметров модели производился исходя из предположения о нормальном распределении признака по алгоритму минимальной среднеквадратической ошибки, подчиненному методу максимального правдоподобия [Malkin et al., 2002]. На основе теста отношения правдоподобия, для каждой изучаемой выборки были отобраны наиболее оптимальные и экономные модели возрастной зависимости, что было выполнено с использованием пакета MAN-2009 [Malkin, Ginsburg, 2009]. Общие различия между выборками, а также различия между парами выборок рассчитывались методом отношения правдоподобия.

И наконец, были рассчитаны уравнения регрессии, описывающие связь между ЧПС и возрастом для каждой исследуемой выборки.

Для сравнения возможностей разных методов в оценке возрастного статуса популяций в выбранных группах дополнительно проводились исследо-

вания по методу OCCEO, отдельно для мужчин и женщин. В работе использовались индивидуальные балловые оценки старения скелета кисти, полученные автором метода OCCEO О.М. Павловским. Сам метод и особенности его применения неоднократно описан в соответствующих литературных источниках [Павловский, 1987; Бацевич с соавт., 1998; Павловский с соавт., 1998; Бацевич с соавт., 2013; Pavlovsky, Kobylansky, 1997]. Основные различия между методами K-L и OCCEO заключаются в том, что в последнем, кроме суставных изменений, учитывается более широкий спектр возрастных трансформаций костей с дополнительным фиксированием остеопоротических проявлений, наличия остеофитов на дистальной бугристости ногтевых фаланг и в местах прикрепления сухожилий на теле фаланг.

## Результаты

Описательные статистики по исследуемым выборкам приведены в таблице 1. Как упоминалось выше, три из исследованных групп удовлетворяют критериям долгожительской популяции (ИД>40%). Это абхазы (ИД=60–70%), азербайджанцы (ИД=50–60%) и грузины (ИД=40–50%), одна выборка представляет недолгожительскую популяцию – русские (ИД=10–20%). Выборки в таблицах 1, 2 и 3 располагаются в порядке воз-

Таблица 2. Частота случаев остеоартроза (%), определенная по рентгенограммам кисти, в изученных этнических выборках в зависимости от возраста

Выборка	Возраст, лет			
	≤35	36–50	51–65	>65
Русские	21,70	45,52	81,90	99,06
Грузины	13,79	40,58	89,47	94,03
Азербайджанцы	8,22	26,74	66,29	88,09
Абхазы	3,89	21,95	60,71	82,69

Таблица 3. Среднее число пораженных суставов ( $\pm$ SE), определенное по рентгенограммам кисти, для разных этнических выборок соответственно возрастной группе

Выборка	Возраст, лет				Общая выборка* (стандартизованная по возрасту)
	$\leq 35$	36–50	51–65	>65	
Русские	0,32 $\pm$ 0,04	0,89 $\pm$ 0,06	3,24 $\pm$ 0,18	6,72 $\pm$ 0,29	0,39 $\pm$ 0,05
Грузины	0,22 $\pm$ 0,08	0,83 $\pm$ 0,16	2,32 $\pm$ 0,20	5,44 $\pm$ 0,34	-0,12 $\pm$ 0,11
Азербайджанцы	0,08 $\pm$ 0,03	0,39 $\pm$ 0,08	1,82 $\pm$ 0,20	4,04 $\pm$ 0,45	-0,57 $\pm$ 0,10
Абхазы	0,04 $\pm$ 0,01	0,33 $\pm$ 0,05	1,55 $\pm$ 0,19	3,15 $\pm$ 0,31	-0,58 $\pm$ 0,05

Примечания. \* – Тест Шеффе (ANOVA) выявил статистически достоверные различия ( $p < 0,01$ ) в стандартизованных по возрасту средних значениях ЧПС между всеми парами выборок, за исключением азербайджанцев и абхазов, достоверные различия между которыми не выявлены

растания значений ИД. Каждая выборка представлена широким диапазоном возрастов. Средний возраст ( $\pm$ SE) для абхазов составляет 43,47 $\pm$ 0,62, для азербайджанцев – 48,29 $\pm$ 0,98, для грузин – 52,11 $\pm$ 1,14 и для русских – 43,75 $\pm$ 0,45. В таблице 1 также представлены частоты случаев остеоартроза хотя бы в одном суставе кисти, а также средние значения ЧПС для каждой выборки.

В таблице 2 представлены частоты случаев остеоартроза (хотя бы в одном из суставов кисти), определенных по рентгенограммам, для четырех возрастных групп (<35, 36–50, 51–65 и >65) в каждой из изучаемых выборок. Отчетливо видно, что частота случаев остеоартроза кисти в каждой из возрастных групп ниже в популяциях с высоким значением ИД и наоборот. Рассчитанный критерий  $\chi^2$  (данные не представлены в таблице) указывает на достоверные различия ( $p < 0,003$ ) между всеми изученными парами выбор по частоте стандартизованных на возраст случаев остеоартроза, за исключением двух пар выборок: русские–грузины и азербайджанцы–абхазы ( $p > 0,05$ ).

В таблице 3 представлены средние значения ЧПС ( $\pm$ SE) в изученных выборках согласно возрастной категории, а также стандартизованные по возрасту средние значения для каждой из выборок в целом. В каждой из выделенных возрастных категорий выборки с более высокими значениями ИД показали более низкие уровни ЧПС. Дисперсионный анализ выявил достоверные различия между стандартизованными по возрасту средними значениям ЧПС. Последующий тест Шеффе подтвердил, что эти различия были достоверными ( $p < 0,01$ ) между всеми парами выборок, за исключением пары азербайджанцы–абхазы ( $p > 0,05$ ).

На рисунке 1 представлена диаграмма рассеяния, отражающая связь между числом пораженных суставов и возрастом в четырех изученных этнических выборках. Кривые представляют собой наиболее оптимальные и экономичные

модели ассоциации этих двух параметров в каждой из четырех этнических выборках и объединенной группе. Тест отношения правдоподобия выявил достоверные различия между выборкой русских и всеми другими выборками ( $p < 0,0001$ ). Различия между выборкой грузин и двумя другими долгожительскими выборками также были достоверны ( $p < 0,01$ ). С другой стороны, выборки азербайджанцев и абхазов между собой не различались ( $p > 0,05$ ). У азербайджанцев и абхазов появление остеоартроза в суставах приходится на более старшие возраста по сравнению с русскими, а скорость развития остеоартроза в выборках с высоким значением ИД – ниже.

На рисунке 2 (а, б) представлены результаты регрессионного анализа темпов возрастных изменений костей скелета кисти в изученных группах долгожителей отдельно для мужчин и женщин. Уравнения прямолинейной регрессии вычислялись в каждой группе по признакам: хронологический возраст – суммарный балл ОССЕО. Как видно из представленных материалов, основные результаты, полученные при применении методов K-L и ОССЕО во многом сходны. Долгожительские популяции также отличаются от недолгожительской (контрольной) группы русских не зависимо от пола ( $p < 0,01$ ). У долгожительского населения Кавказа наблюдается позднее появление признаков возрастной трансформации скелета и медленное их накопление.

На рисунке 2 видно, что несколько изменилось взаимное расположение долгожительских выборок. У азербайджанцев по методу ОССЕО найдены повышенные темпы возрастных изменений скелета кисти по сравнению с абхазами и грузинами, как у мужчин, так и у женщин. Результаты, полученные для мужских частей выборок, имеют более тесные значения баллов ОССЕО в конце изучаемого возрастного интервала по сравнению с женщинами. У женщин, при сопоставлении характеристик возрастной регрессии,

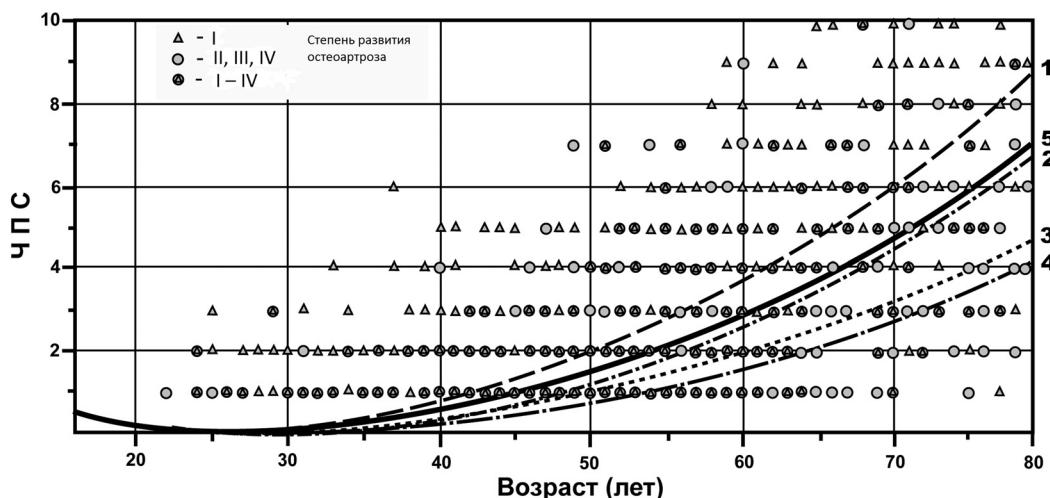


Рис. 1. Диаграмма рассеяния, показывающая взаимосвязь между числом пораженных суставов и возрастом в изученных выборках [цит. по: Kalichman et al., 2011]

Примечания. 1 – русские, 2 – грузины, 3 – азербайджанцы, 4 – абхазы, 5 – суммарная группа. Цифрами I–IV обозначена степень выраженности остеоартрозов на метках в поле графика

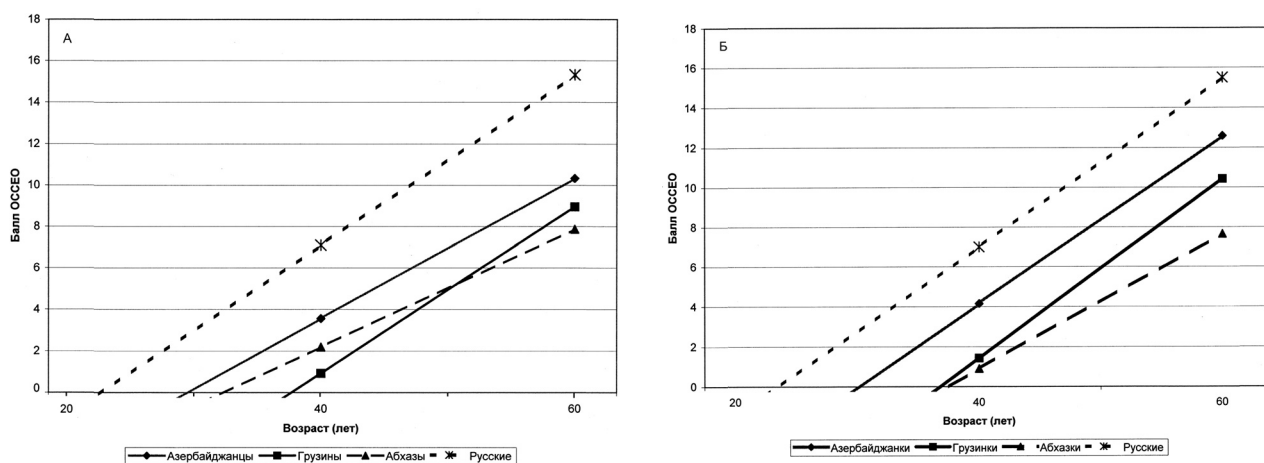


Рис. 2. Темпы возрастных изменений скелета кисти в долгожительских группах в сравнительном освещении, полученные по методу ОССЕО. а – мужчины; б – женщины

все выборки достоверно различаются между собой ( $p < 0,05$ ). У мужчин, при сравнении попарно, достоверные различия найдены только между абхазами и азербайджанцами ( $p < 0,05$ ).

### Обсуждение результатов

Результаты проведенного исследования указывают на то, что частота случаев остеоартроза и общего числа пораженных суставов (ЧПС) ниже в популяциях долгожителей в сравнении с недолгожительскими популяциями. Данные результаты получены впервые и для полной верификации

полученных результатов необходимо проведение аналогичных исследований в других популяциях.

Развитие остеоартроза является, скорее всего, результатом воздействия чрезмерной механической нагрузки на фоне системной предрасположенности. Повышенная предрасположенность к остеоартрозу может иметь генетическую природу (наличие истории заболеваемости в семье повышает риск его развития), а также связана с возрастом, этнической принадлежностью и питанием [Felson, 2004]. Кисть руки и, в особенности, дистальные межфаланговые суставы испытывают нагрузку средней степени [An et al., 1985; Hochberg et al., 1991]. Таким образом, основными факторами развития первичного остеоартроза в кисти

руки являются системные факторы, обуславливающие предрасположенность к остеоартрозу, так же, как и в таких суставах, как коленный и тазобедренный.

В любой популяции и в любой возрастной группе можно найти индивидуумов, как с пониженной, так и с повышенной, в сравнении со средними значениями, степенью развития остеоартроза. Различные показатели скелетного возраста, включая остеоартроз, тесно связаны с состоянием жизненно важных систем организма и, в конечном итоге, с выживаемостью. У индивидов с наличием остеоартроза статистически достоверно выше риск развития таких сопутствующих болезней, как сердечно-сосудистые заболевания [Singh et al., 2002; Naara et al., 2003; Kadam et al., 2004; Kalichman et al., 2006], гипертензия, хронические заболевания легких [Marks, Allegrante, 2002; Schellevis et al., 1993], язва желудка и заболевания почек [Gabriel et al., 1999], гастрит и флебит [Kadam et al., 2004]. В двух исследованиях специально анализировались заболевания, сопутствующие остеоартрозу. Так, М.М. Наара с соавторами [Naara et al., 2003], изучая выборку финского населения, пришел к выводу, что наличие остеоартроза в суставах кистей рук позволяет прогнозировать смертность от сердечно-сосудистых заболеваний. В изученной выборке чувашей наблюдалась ассоциация между ишемической болезнью сердца и остеоартрозом в кистях рук [Kalichman et al., 2006]. В недавно проведенном обзорном исследовании М.С. Hochberg [Hochberg, 2008] обнаружил определенные свидетельства повышенной смертности среди индивидов с остеоартрозом в сравнении со средними популяционными значениями. Среди факторов, повышающих риск смертности у индивидов с остеоартрозом, были: наличие более тяжелых форм остеоартроза, преклонный возраст и наличие сопутствующих заболеваний. D. Karasik с соавторами [Karasik et al., 2004] предположил, что скорость дегенеративно-дистрофических изменений в скелете (костях и суставах) может отражать биологическую устойчивость индивида, состояние иммунной системы, функциональное состояние или состояние здоровья по отношению к его хронологическому возрасту. Таким образом, изменения в костной системе может, по всей видимости, использоваться как показатель биологического старения.

Метод определения биологического возраста по возрастным изменениям скелета кисти (метод ОССЕО) был разработан О.М. Павловским [Павловский, 1987]. Показатель биологического возраста, определяемый по этому методу, так называемый балл ОССЕО, обнаруживает высокий уровень корреляции со степенью развития остео-

артроза на костях скелета рук [Karasik et al., 2004; Kalichman et al., 2008]. По данным полученным в настоящем исследовании, коэффициенты корреляции, рассчитанные между индивидуальными показателями, оцененными по методам К-Л и ОССЕО в отдельных выборках, на соответствующих индивидуальных рентгенограммах и отделах скелета, варьировали от 0,69 до 0,94 и в среднем равны 0,84. Наблюдаемые межгрупповые различия могут быть связаны с популяционными и экологическими особенностями протекания процессов старения костей скелета в разных экологических условиях. В популяциях с повышенной минерализацией скелета преобладает развитие остеофитов и корреляции между данными, полученными двумя сравниваемыми методами, будут выше. В группах с пониженной минерализацией на первый план выходит остеопоротическая компонента возрастных изменений, которая больше учитывается в методе ОССЕО. Внутривнутрипопуляционные соотношения между темпами и особенностями старения костей кисти и минерализацией скелета обсуждались в монографии «Антропоэкология Центральной Азии» [Антропоэкология Центральной Азии, 2005].

Феномен ассоциации между продолжительностью жизни и развитием остеоартроза найден у животных [Harcourt, 1971; van der Kraan, van den Berg, 2008]. У видов с высокой ожидаемой продолжительностью жизни развитие остеоартроза отложено во времени, а у животных с низкой ожидаемой продолжительностью жизни, он развивается раньше, в соответствии со стадиями онтогенеза. Развитие первичного остеоартроза в основном происходит после репродуктивного периода. Это указывает на то, что он связан не напрямую с течением времени, а с эволюционно контролируемыми возрастными процессами, задействованными в развитии дегенеративно-дистрофических изменений хрящевой ткани и в развитии первичного артроза. Очевидно, что остеоартроз – это не просто процесс изнашивания и механического повреждения, но и процесс, зависящий от скорости биологического старения организма [van der Kraan, van den Berg, 2008].

Результаты нашего исследования показывают, что скорость старения в популяциях долгожителей ниже в сравнении с недолгожительскими популяциями. Нами предложена гипотеза, согласно которой темпы изменения биологического возраста зависят от индивидуальных особенностей организма. К сожалению, характер нашего исследования (метод поперечного сечения) не позволяет нам проверить эту гипотезу. Если она верна, то можно будет установить уровень развития остеоартроза кисти (или общего остеоартроза) отдельно для

каждой популяции. Индивиды, у которых степень развития остеоартроза превышает установленный уровень, скорее всего, будут подвержены развитию более тяжелых форм остеоартроза в будущем и, соответственно, ускоренному старению всего организма в целом. Для проверки этой гипотезы необходимо проведение дальнейших популяционных продольных исследований.

### Заключение

Основным результатом нашего исследования является то, что характер появления признаков остеоартроза на рентгенограммах кисти руки отличаются у представителей долгожительских и недолгожительских популяций. В популяциях долгожителей первые признаки остеоартроза, в среднем, появляются в более поздних возрастах, а его дальнейшее прогрессирование, мерой которого является ЧПС и степень поражения суставов, в таких популяциях замедленно.

Сравнение более распространенной в области медицины классификации остеоартрозов Келлгрена-Лоуренса и метода ОССЕО (антропозкология) позволяет сделать вывод о высоком уровне коррелированности получаемых результатов и сопоставимости получаемых с их применением данных при межгрупповых исследованиях.

### Благодарности

Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ № 15-06-05744а.

### Библиография

Антропозкология Центральной Азии / Т.И. Алексеева, В.А. Бацевич, М.Б. Медникова, О.М. Павловский, Г.С. Самойлова, В.А. Спицын, Н.Х. Спицына, О.В. Ясина. М.: Научный мир, 2005. 368 с.

Бацевич В.А., Павловский О.М., Никитюк Б.А., Карасик Д., Максинев Д.В. Методические аспекты возрастной оссеографии взрослого населения // Российские морфологические ведомости, 1998. № 1–2. С. 105–113.

Бацевич В.А., Кобылянский Е., Ясина О.В. Онтогенетические изменения скелета у взрослого населения в различных социальных и экологических условиях: антропозкологическое исследование // Археология, этнография и антропология Евразии, 2013. № 4. С. 146–154.

Григорьев Ю.Г., Козловская С.Г., Семеско Т.М., Асадов Ш.А. Особенности фактического питания популяции долгожителей в Азербайджане // Вопросы питания, 1991. № 2. С. 36–40.

Павловский О.М. Биологический возраст у человека. М.: Изд-во МГУ, 1987. 280 с.

Павловский О.М., Максинев Д.В., Бацевич В.А. Сравнительный анализ современных методов в возрастной оссеографии // Вестник Тамбовского университета. Серия естеств. и техн. науки. 1998. Т. 3. Вып. 2. С. 159–164.

Феномен долгожительства. Антрополого-этнографический аспект исследования // отв. ред. С.И. Брук. М.: Наука, 1982. 240 с.

An K.N., Chao E.Y., Cooney W.P., Linscheid R.L. Forces in the normal and abnormal hand // J. Orthop. Res., 1985. Vol. 3 (2). P. 202–211.

Dahaghin S., Bierma-Zeinstra S.M., Ginai A.Z., Pols H.A., Hazes J.M., Koes B.W. Prevalence and pattern of radiographic hand osteoarthritis and association with pain and disability (the Rotterdam study) // Ann. Rheum. Dis., 2005. Vol. 64 (5). P. 682–687.

Dalakashvili S., Didebulidze N., Sumbadze T., Akuradze N., Melikadze E. Age-related changes of sex hormones-level among males in populations with high index of longevity // Georgian Med. News, 2009. N 168. P. 82–84.

Felson D.T. An update on the pathogenesis and epidemiology of osteoarthritis // Radiol. Clin. North. Am., 2004. Vol. 42 (1). P. 1–9.

Ferrell R.E., Salamatina N.V., Dalakashvili S.M., Bakuradze N.A., Chakraborty R. A population genetic study in the Ochamchir region, Abkhazia, SSR // Am. J. Phys. Anthropol., 1985. Vol. 66 (1). P. 63–71.

Gabriel S.E., Crowson C.S., O'Fallon W.M. Comorbidity in arthritis // J. Rheumatol., 1999. Vol. 26 (11). P. 2475–2479.

Haara M.M., Manninen P., Kroger H., Arokoski J.P., Karkkainen A., Knekt P., Aromaa A., Heliövaara M. Osteoarthritis of finger joints in Finns aged 30 or over: prevalence, determinants, and association with mortality // Ann. Rheum. Dis., 2003. Vol. 62 (2). P. 151–158.

Harcourt R.A. The palaeopathology of animal skeletal remains // Vet. Rec., 1971. Vol. 89 (10). P. 267–272.

Hart D.J., Spector T.D. Definition and epidemiology of osteoarthritis of the hand: a review // Osteoarthritis Cartilage, 2000. Vol. 8. Suppl. A. P. 2–7.

Hochberg M.C. Mortality in osteoarthritis // Clin. Exp. Rheumatol., 2008. Vol. 26. N 5. Suppl. 51. P. 120–124.

Hochberg M.C., Lethbridge-Cejku M., Plato C.C., Wigley F.M., Tobin J.D. Factors associated with osteoarthritis of the hand in males: data from the Baltimore Longitudinal Study of Aging // Am. J. Epidemiol., 1991. Vol. 134 (10). P. 1121–1127.

Kadam U.T., Jordan K., Croft P.R. Clinical comorbidity in patients with osteoarthritis: a case-control study of general practice consultants in England and Wales // Ann. Rheum. Dis., 2004. Vol. 63 (4). P. 408–414.

Kalichman L., Li L., Batsevich V., Kobylansky E. Hand osteoarthritis in the Abkhazian population // Homo, 2009. Vol. 60 (5). P. 429–439.

Kalichman L., Korostishevsky M., Batsevich V., Kobylansky E. Hand osteoarthritis in longevity populations // Aging Clinical and Experimental Research, 2011. Vol. 23. P. 457–462.

Kalichman L., Li L., Kobylansky E. Prevalence, pattern and determinants of radiographic hand osteoarthritis in Turkmen community-based sample // Rheumatol. Int., 2009. Vol. 29 (10). P. 1143–1149.

Kalichman L., Li L., Batsevich V., Malkin I., Kobylansky E. Prevalence, pattern and determinants of radiographic hand

- osteoarthritis in five Russian community-based samples // *Osteoarthritis Cartilage*, 2010. Vol. 18 (6). P. 803–809.
- Kalichman L., Malkin I., Kobyliansky E. Osseographic score as a biomarker of biological aging // *EAA (European Anthropological Association): Biennial Book*, 2008. Vol. 5. P. 1–14.
- Kalichman L., Malkin I., Livshits G., Kobyliansky E. The association between morbidity and radiographic hand osteoarthritis: a population-based study // *Joint Bone Spine*, 2006. Vol. 73 (4). P. 406–410.
- Karasik D., Hannan M.T., Cupples L.A., Felson D.T., Kiel D.P. Genetic contribution to biological aging: the Framingham Study // *J. Gerontol. A Biol. Sci. Med. Sci.*, 2004. Vol. 59 (3). P. 218–226.
- Kellgren J., Lawrence J. *Atlas of standard radiographs: The epidemiology of chronic rheumatism*. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1963.
- Kellgren J.H., Lawrence J.S. Radiological assessment of osteo-arthritis // *Ann. Rheum. Dis.*, 1957. Vol. 16 (4). P. 494–502.
- Kozlov V.I., Komarova O.D. *Geography of Longevity in the USSR (Ethnic Aspects)* / ed. V. Rubin. New York: IREX, 1982. P. 56–58.
- Lawrence R.C., Felson D.T., Helmick C.G. Estimates of the prevalence of arthritis and other rheumatic conditions in the United States. Part II // *Arthritis Rheum.*, 2008. Vol. 58 (1). P. 26–35.
- Livshits G., Kalichman L., Cohen Z., Kobyliansky E. Mode of inheritance of hand osteoarthritis in ethnically homogeneous pedigrees // *Hum. Biol.*, 2002. Vol. 74 (6). P. 849–860.
- Magnolfi S.U., Noferi I., Petrucci E., Pinzani P., Malentacchi F., Pazzagli M., Antonini F.M., Marchionni N. Centenarians in Tuscany: The role of the environmental factors // *Arch. Gerontol. Geriatr.*, 2009. Vol. 48 (2). P. 263–266.
- Magnolfi S.U., Petrucci E., Pinzani P., Malentacchi F., Pazzagli M., Antonini F.M. Longevity index (LI%) and centenarity index (CI%): new indicators to evaluate the characteristics of aging process in the Italian population // *Arch. Gerontol. Geriatr.*, 2007. Vol. 44 (3). P. 271–276.
- Malkin I., Ginsburg E. Program package for pedigree analysis (version MAN-2009). Tel Aviv: Department of Anatomy and Anthropology, Sackler Faculty of Medicine, Tel Aviv University, 2009.
- Malkin I., Karasik D., Livshits G., Kobyliansky E. Modelling of age-related bone loss using cross-sectional data // *Ann. Hum. Biol.*, 2002. Vol. 29 (3). P. 256–270.
- Marks R., Allegrante J.P. Comorbid disease profiles of adults with end-stage hip osteoarthritis // *Med. Sci. Monit.*, 2002. Vol. 8 (4). P. 305–309.
- Pavlovsky O., Kobyliansky E. *Population Biology of Human Aging* Firenze, Italy: Angelo Pontecorvoli (ed.), 1997.
- Schellevis F.G., van der Velden J., van de Lisdonk E., van Eijk J.T., van Weel C. Comorbidity of chronic diseases in general practice // *J. Clin. Epidemiol.*, 1993. Vol. 46 (5). P. 469–473.
- Singh G., Miller J.D., Lee F.H., Pettitt D., Russell M.W. Prevalence of cardiovascular disease risk factors among US adults with self-reported osteoarthritis: data from the Third National Health and Nutrition Examination Survey // *Am. J. Manag. Care*, 2002. Vol. 8 (15. Suppl). P. 383–391.
- van der Kraan P.M., van den Berg W.B. Osteoarthritis in the context of ageing and evolution. Loss of chondrocyte differentiation block during ageing // *Ageing Res. Rev.*, 2008. Vol. 7 (2). P. 106–113.
- van Saase J.L., van Romunde L.K., Cats A., Vandenbroucke J.P., Valkenburg H.A. Epidemiology of osteoarthritis: Zoetermeer survey. Comparison of radiological osteoarthritis in a Dutch population with that in 10 other populations // *Ann. Rheum. Dis.*, 1989. Vol. 48 (4). P. 271–280.
- Zhang Y., Niu J., Kelly-Hayes M., Chaisson C.E., Aliabadi P., Felson D.T. Prevalence of symptomatic hand osteoarthritis and its impact on functional status among the elderly: The Framingham Study // *Am. J. Epidemiol.*, 2002. Vol. 156 (11). P. 1021–1027.
- Zhang Y., Xu L., Nevitt M.C., Niu J., Goggins J.P., Aliabadi P., Yu W., Lui L.Y., Felson D.T. Lower prevalence of hand osteoarthritis among Chinese subjects in Beijing compared with white subjects in the United States: the Beijing Osteoarthritis Study // *Arthritis Rheum.*, 2003. Vol. 48 (4). P. 1034–1040.

---

Контактная информация:

Калихман Леонид: e-mail: kalichman@hotmail.com;

Бацевич Валерий Анатольевич: e-mail: vbatsevich@rambler.ru;

Кобылянский Евгений: e-mail: anatom14@post.tau.ac.il.

## OSTEOARTHRITIS IN LONGEVITY POPULATIONS OF THE CAUCASUS

L. Kalichman<sup>1</sup>, V.A. Batsevich<sup>3</sup>, E. Kobylansky<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Department of Physical Therapy, Recanati School for Community Health Professions, Faculty of Health Sciences, Ben-Gurion University of the Negev, Beer Sheva, Israel*

<sup>2</sup>*Human Population Biology Research Unit, Department of Anatomy and Anthropology, Sackler Faculty of Medicine, Tel Aviv University, Tel Aviv, Israel*

<sup>3</sup>*Research Institute and Museum of Anthropology, Moscow State University, Moscow, Russia*

Radiographic hand osteoarthritis (OA) is a frequent condition in any population, ranging in prevalence from 29 to 76%. The possible explanations for differences between populations are diverse genetic backgrounds and environmental exposure. Populations with exceptional numbers of long-lived individuals (longevity populations) were comprehensively studied. Studies performed on centenarians compared to older subjects (approximately 60 years old, when mortality rises dramatically, in order to avoid cohort effects) have reported that centenarians escape the major age-related diseases, with a minority still in good health. Because OA is associated with morbidity and mortality, we hypothesized that radiographic hand OA would generally be less prevalent and would develop at a later age in longevity populations versus non-longevity populations.

Objectives: 1) to evaluate if prevalence and mode of development of radiographic hand osteoarthritis (OA) differs in three longevity populations (Abkhazians, Azerbaijanis and Georgians) and in one non-longevity population (Russians); 2) to evaluate if longevity of the population is associated with OA; 3) to compare results on OA development (according to Kellgren-Lawrence's grading system) and age changes in the hand skeleton (using OSSEO method) for each of the study groups.

Sample: Data were collected by the Institute and Museum of Anthropology, Moscow University during several annual expeditions in eight decades of the last century. Longevity index (LI) was calculated as a ratio of the number of individuals aged >90 years versus the number of people aged >60, expressed in per mille (‰). OA was evaluated in 14 joints of the left hand according to Kellgren and Lawrence's grading system. The same groups were assessed for the rate of age changes in the hand bones using OSSEO method. Statistical analyses included prevalence estimation, linear, logistic and polynomial regressions, and ANOVA.

Three sampled populations fulfilled the criterion for longevity populations (LI=40–70‰) and one sample was a non-longevity population: Russians (LI=10–20‰).

A significant difference ( $p < 0,003$ ) in age standardized prevalence of hand OA was found between each pair of studied samples, except between the Russians and Georgians and between the Azerbaijanis and Abkhazians ( $p > 0,05$ ). The lowest age standardized prevalence was found in the Abkhazians followed by the Azerbaijanis and Georgians. The highest prevalence was found in the Russians. ANOVA showed significant differences ( $p < 0,01$ ) between the age-adjusted means of NAJs. The lowest age adjusted mean NAJ was found in the Abkhazian population followed by the Azerbaijanis and Georgians. The highest NAJ was found in the Russians.

OSSEO method gave similar results, with the exception of Azerbaijanis whose position relative to other groups differed. They showed increased rates of age changes in the hand skeleton in comparison with Abkhazians and Georgians.

We observed that the pattern of radiographic hand OA in longevity populations differs from non-longevity populations. Results of our study indicate that longevity populations age slower than non-longevity populations. On average, first joints with OA appear at an older age and progression of hand OA, measured by NAJ, is slower. A comparative analysis on bone aging dynamics in longevity and non-longevity groups gave relatively similar results both using OSSEO method and K-L grading system.

Keywords: anthropology, longevity, ageing, osteoarthritis, hand, Kellgren-Lawrence's grading system, OSSEO method

# АУКСОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИХ СКРИНИНГОВ УЧАЩИХСЯ ГОРОДА И РАЙОНА НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.А. Калюжный

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им Н.И. Лобачевского», Арзамасский филиал, Арзамас

Проведен анализ антропологических характеристик с использованием региональных оценочных таблиц городских и сельских школьников отдельного административно-территориального района Нижегородской области. Работа выполнена на базе научно-исследовательской лаборатории «Мониторинг физического здоровья учащихся всех ступеней образования» Арзамасский филиал ННГУ по материалам поперечного среза антропологических показателей 3242 учащихся (1197 учащихся Арзамасского района, 2045 учащихся города Арзамас). Всего обследовано 1700 мальчиков и 1542 девочки, что составляет 26,1% от общей численности учащихся города и района (12 463 человек) в возрасте 7–17 лет. Программа обследования включала измерение антропометрических (длина тела, масса тела, окружность грудной клетки), физиометрических (жизненная емкость легких, динамометрия правой кисти), гемодинамических показателей (частота сердечных сокращений, систолическое и диастолическое давление), вычисление индекса Кетле2 [Баранов, Кучма, Ямпольская, 2010]. Каждый параметр оценивался как в абсолютных значениях, так и баллах центильных шкал по оценочным таблицам для сельских и городских учащихся Нижегородской области [Матвеева, 2010, Богомолова, 2011].

Результаты представлены в зависимости от возраста и пола. Абсолютные значения представлены в виде сопряженных центильных распределений с первого по восьмой центильный интервал. В зависимости от значений длины тела и индекса Кетле2 выделены пять групп физического развития: нормальное физическое развитие, сниженная и низкая, повышенная и высокая масса тела, низкая и высокая длина тела.

Определены статистически значимые половые различия распределения оценок наблюдаемых антропологических показателей. Исключение составили величины длины тела, жизненной емкости легких и частоты сердечных сокращений. Проценты распределений сельских учащихся с низкой и высокой длиной тела близки к эталонным. Отмечена большая встречаемость мальчиков с повышенной массой тела. Физиометрические параметры при правостороннем смещении их центильных распределений характеризуются как особенность физического развития сельских учащихся. Гемодинамические параметры при левостороннем центильном смещении частоты сердечных сокращений показывают повышенную долю учащихся с высокими (седьмой и восьмой центильный интервал) величинами как систолического, так и диастолического артериального давления. Выявлены зависимости значений функциональных показателей от группы физического развития: у учащихся с низкой массой тела и меньшей длиной тела они ниже, чем у сверстников с нормальным физическим развитием. Доля представителей с высокими значениями длины тела и избытком массы тела больше.

Выявленные различия в физическом развитии изученных групп детей, по нашему мнению, обусловлены такими особенностями административно-территориальной стратификации Арзамасского района, как расположение района на юге области, относительная равноудаленность сельских поселений и их школ от промышленного центра (г. Арзамас). Динамика весо-ростового соотношения в структуре центильного распределения показывает, что городские учащиеся относительно сельских имеют более выраженное представительство в первом и восьмом центильном интервалах. Это свидетельствует о преобладании представителей с пониженными и завышенными длиной и весом тела у городских учащихся. Анализ оценочных таблиц выявил, что учащиеся села показывают больший процент гармонично развитых детей, а городские по отношению к ним характеризуются повышенным процентом представителей с низкими значениями массы тела и высокими значениями длины тела. Показано, что оценочные таблицы физического развития сельских учащихся наиболее оптимальны для применения при оценке антропологических характеристик учащихся Арзамасского района и г. Арзамаса, в отличие от стандартов для Нижнего Новгорода.

Ключевые слова: антропология, ауксология, учащиеся села и города, физическое развитие детей, центильные интервалы, оценочные таблицы

## Введение

Основная масса исследований современной ауксологии, антропологии, возрастной физиологии посвящена изучению детей и подростков, проживающих в условиях мегаполиса. И только в последнее время увеличивается внимание сельским детям. На современном этапе в России сельские школы (СШ) составляют 68,9%, в них обучается 30,6 % учащихся. Каждая сельская школа находится в унифицированных социально-культурных и экономических условиях, это определяет противоречивость публикаций по оценке антропологического статуса (АС) учащихся СШ. Условия внешней среды, в которых происходит рост и развитие в некоторых случаях различаются, а в некоторых сближаются. Это экологическая обстановка, информатизация, компьютеризация, валеологическая культура. В литературе обосновывается положение о максимальном сближении количественно-качественных характеристик по важнейшим показателям питания детей села и города [Алексеева, 1990; Безруких, 2008; Бекмансуров, 2007; ВОЗ, 2009; Година, 2001; Ямпольская, 2000].

Систематизация объективной информации, характеризующей показатели и особенности антропологического статуса современных учащихся, проживающих вне города, актуальна и практически значима. И, как следствие, актуален поиск наиболее информативных методик оценки показателей физического развития при антропометрических скринингах [Богомолова, 2007, 2010; Хрисанфова, Перевозчиков, 1999].

Тотальные размеры тела: длина тела (ДТ) и вес тела (ВТ), характеризующие ростовые процессы, развитие костно-мышечного аппарата и внутренних органов, являются более устойчивыми маркерами, отражают индивидуально-генетические особенности индивида, являются ведущими показателями физического развития и одними из обобщающих параметров здоровья. При этом вес тела, интегрируя в себе индивидуальные обменные процессы и являясь более пластичной переменной, в большей степени обобщает реактивность организма при воздействии как эндогенных, так и экзогенных факторов окружающей среды [Бунак, 1941; Гудкова, 2000; Tanner 1986].

Так как в состав изучаемых групп входят учащиеся, проживающие и в городе, и в селе, для оценки физического развития целесообразно использовать оценочные таблицы как для городских [Богомолова, 2006, 2011], так и для сельских детей [Матвеева, 2010].

Подбор городских или сельских оценочных таблиц для учащихся-арзамасцев затрудняется административным и территориальным положением города областного подчинения Арзамас, чье сво-

еобразное территориальное положение необходимо учитывать при выборе стандартов физического развития школьников. Подбор оценочных таблиц, наиболее объективных для работы, явился одной из задач данного исследования.

Цель данной работы – анализ антропологических характеристик двух выборок школьников одного административно-территориального района Нижегородской области с использованием региональных оценочных таблиц для городских и сельских детей.

## Материалы и методы

Арзамасский район расположен на юге Нижегородской области. Протяжённость с севера на юг 50 км, с запада на восток – 40 км. Район имеет 103 населенных пункта, включает в себя 23 средних образовательных и 11 неполных средних школ, в которых обучается 3200 сельских школьников. Город областного подчинения Нижегородской области Арзамас – административный центр Арзамасского района. Он находится на одной широте с Москвой, на 400 км восточнее, и на 110 км южнее областного центра Нижнего Новгорода. В нем проживает 105 тыс. человек, общеобразовательные школы посещают 9263 учащихся (URL: <http://www.government.nnov.ru> (дата обращения: 01.10. 2016)).

Были изучены антропометрические показатели: длина тела (ДТ), масса тела (МТ) и окружность грудной клетки (ОГК); физиометрические: жизненная емкость легких (ЖЕЛ) и динамометрия правой кисти (КДП); гемодинамические: частота сердечных сокращений (ЧСС), систолическое (САД) и диастолическое давление (ДАД); рассчитан индекс Кетле2 (ИК2). Каждый параметр оценивался в баллах центильных шкал по оценочным таблицам для сельских школьников Нижегородской области [Матвеева, 2010; Богомолова, 2006, 2011]. Результаты представлены в зависимости от половой принадлежности. Объективизация абсолютных значений представлена в виде сопряженных распределений центильных интервалов (ЦИ). Первый ЦИ – область «низких» величин, встречается редко (не чаще 3(5)%) и не типичен для здоровых детей, дети, входящие в этот интервал, требуют обследования или консультирования, это так называемая «группа диагностики». При оценке антропометрических показателей за первый и восьмой ЦИ принимаются 3 и 97 процентные отрезные точки, а при оценке гемодинамических – 5 и 95 процентные отрезные точки. Второй ЦИ (от 3(5) до 10 центиля) – область «сниженных» величин, встречается у 7(5)% здоровых детей, для которых рекомендовано консультирование при наличии других отклонений в состоянии здоровья или развития, так

называемая «группа внимания». От третьего до шестого ЦИ (от 10 до 90 центиля) – область «средних» величин, или зона нормального варьирования признака, встречается у 80% здоровых детей, является наиболее характерным (типичным) для данной возрастно-половой группы. Седьмой ЦИ (от 90 до 97(95) центиля) – область «повышенных» величин, встречается у 7(5)% здоровых детей, показано консультирование при наличии других отклонений в состоянии здоровья или развития, «группа внимания»; восьмой ЦИ (от 97 (95) центиля) – область «высоких» величин, встречается редко (не чаще 3 (5)%) у здоровых детей, высока вероятность патологической природы изменений, требует обследования или консультирования, «группа диагностики» [Година, 1999, Физическое развитие... 2013].

В ходе скрининга по результатам сочетания оценок длины тела и ИК2 были выделены две группы физического развития (ГФР): первая группа – группа с нормальным физическим развитием (НФР) – положение параметров длины тела (ДТ) в зоне 2–7 ЦИ и ИК2 в зоне 3–6 ЦИ, встречается у 74% здоровых детей. Вторая группа – группа с отклонениями в развитии: сниженная и низкая масса тела (НМТ) – положение параметров длины тела (ДТ) в зоне 2–7 ЦИ и ИК2 в зоне 1–2 ЦИ, встречается у 10% здоровых детей; повышенная и высокая масса тела (ПМТ) – положение параметров ДТ в зоне 2–7 и ИК2 в зоне 7–8 ЦИ, встречается у 10% здоровых детей; низкая длина тела (НДТ) – положение параметров ДТ в зоне 1 ЦИ при любых значениях ИК2, встречается у 3% здоровых детей; высокая длина тела (ВДТ) – положение параметров ДТ в зоне 8 ЦИ при любых значениях ИК2, встречается у 3% здоровых детей [Баранов, Кучма, 1999, Кучма, 2010].

Для выявления наиболее информативной методики оценки физического развития учащихся г. Арзамаса и района в расчете территориальных и возрастно-половых особенностей были проведены оценки ДТ, ВТ, ИК2 с привлечением двух стандартов: оценочных таблиц учащихся города (СГ) и оценочных таблиц учащихся села (СС) [Матвеева, 2010; Богомолова, 2011].

Исследование проведено на базе лаборатории «Мониторинг физического здоровья учащихся всех ступеней образования» Арзамасского филиала ННГУ. Было обследовано 3242 школьника (1700 мальчиков и 1542 девочки) 7–18 лет, проживающих в г. Арзамас (N=2045) и в Арзамасском районе (N=1197).

В соответствии с правилами биоэтики и закона о персональных данных все материалы были собраны анонимно, с подписанием протоколов информированного согласия, данные были деперсонифицированы.

По результатам наблюдения создана репрезентативная база данных в программе «EXCEL 1997–2003». Статистическая обработка проводилась с использованием программ офисного пакета «Биостат» и ППП «STADIA v.6» [Гланц, 1998; Дерябин, 2001].

## Результаты и обсуждение

Репрезентативность выборок подтверждена нормальным распределением изучаемых параметров. Коэффициенты корреляции тотальных размеров тела с возрастом (по Пирсону и Спирмену) показаны на уровне функциональной связи как идентичные. Несколько ниже уровня функциональной связи коррелируют между абсолютными значениями антропометрических параметров для мальчиков и для девочек (0,84–0,88). Физиометрические и гемодинамические показатели коррелируют с антропометрическими на уровне 0,72–0,82 и 0,78 между собой, за исключением частоты сердечных сокращений, которая характеризуется отрицательной и низкой связью со всеми факторами: от –0,12 до –0,24, с САД и ДАД – 0,02–0,04, со школьной ступенью образования на уровне ( $r = 0,15$ ) при низкой ранговой корреляции по Спирмену между оценками в баллах центильных шкал.

В распределениях оценок антропологических показателей, за исключением длины тела, жизненной емкости легких и частоты сердечных сокращений, проявляются статистически значимыми половые различиями (табл. 1).

Доли распределений сельских учащихся с низкой и высокой величиной длины тела близки к эталонным стандартам, приведенным в использованных оценочных таблицах [Матвеева, 2010; Богомолова, 2011]. Динамика распределения учащихся с повышенной массой тела (ИК2) показана правосторонним смещением (больше у мальчиков, относительно эталона). Физиометрические параметры также характеризуются правосторонним распределением, что можно рассматривать как благоприятную особенность физического развития сельских учащихся. Гемодинамические параметры показывают некоторое левостороннее смещение для ЧСС и повышенную долю учащихся с высокими (7–8 ЦИ) величинами САД и ДАД.

Исходя из установленных особенностей по отдельным антропологическим показателям учащихся села модифицировалась и структура групп физического развития: НФР – 74,6%, НМТ – 3,7%, ПМТ – 16,3%, и НДТ – 2,8%. ВДТ – 2,7%, с незначимыми различиями по полу ( $p=0,07$ ). Число детей с избытком массы тела в 4,4 раза больше, чем с недостатком. Показатели физиометрии были приведены в нормированное отклонение (НО) фактических показателей (ФП) от средней возра-

**Таблица 1. Паттерн центильного распределения антропологических показателей учащихся сельских поселений (мальчики/девочки, %)**

Антропометрические показатели						
ЦИ	Эталон	ДТ	МТ	ИК2	ОГК	
1	3%	2,3/2,9	1,6/2,2	1,4/2,4	2,3/3,8	
2	7%	8,6/7,7	3,1/4,8	2,0/2,6	6,2/7,0	
3	15%	12,5/13,9	14,1/11,4	12,2/14,3	15,3/15,0	
4	25%	26,4/24,3	21,5/25,0	22,7/21,1	19,9/22,2	
5	25%	25,5/26,8	22,7/27,0	25,0/27,7	25,6/21,4	
6	15%	16,2/15,0	17,2/17,1	16,6/16,8	14,1/17,3	
7	7%	5,5/7,0	11,3/7,2	7,6/6,8	8,3/6,5	
8	3%	3,0/2,5	8,4/5,5	12,5/8,3	8,2/6,9	
Статистика: при $cc=7$		$\chi^2=5,23$ P=0,6317	$\chi^2=26,98$ P=0,0003	$\chi^2=14,99$ P=0,0362	$\chi^2=14,58$ P=0,0418	
Физиометрические показатели						
ЦИ	Эталон	ЖЕЛ	ДПК	САД	ДАД	ЧСС
1	3%	3,4/2,7	3,6/2,8	3,6/2,8	0,1/1,0	5,4/6,1
2	7%	4,2/5,6	2,9/6,2	2,9/6,2	2,8/6,1	11,4/9,6
3	15%	6,0/4,7	14,7/10,1	14,7/10,1	6,6/13,0	15,0/16,9
4	25%	12,6/8,9	18,8/22,0	18,8/22,0	20,4/18,9	25,0/24,5
5	25%	25,5/30,0	21,5/23,8	21,5/23,7	29,8/27,2	21,3/19,7
6	15%	28,2/28,4	17,4/17,9	17,4/17,9	20,7/17,3	11,9/10,3
7	7%	13,3/13,7	15,1/11,7	15,1/11,7	14,7/10,2	5,8/7,0
8	3%	6,8/5,9	6,1/5,5	6,1/5,5	5,0/6,3	4,2/5,8
Статистика: при $cc=7$		$\chi^2=13,84$ P=0,0542	$\chi^2=27,19$ P=0,0003	$\chi^2=27,19$ P=0,0003	$\chi^2=49,82$ P=0,000	$\chi^2=7,86$ P=0,3454

Примечания. ДТ – длина тела; МТ – масса тела, ИК2 – индекс Кетле; ОГК – окружность грудной клетки; ЖЕЛ – жизненная емкость легких; ДПК – динамометрия правой кисти; САД – систолическое артериальное давление; ДАД – диастолическое артериальное давление; ЧСС – частота сердечных сокращений

стной (СВ) в доле стандартного отклонения ( $HO=FP-BC/\sigma$ ). Низкими, относительно сверстников, показателями ЖЕЛ ( $<M-1\sigma$ ) характеризуются 9,98% и КДП 12,9% учащихся. Каждый четвертый обследуемый отличался высокими ( $>M+1\sigma$ ) показателями физиометрических параметров (табл. 2).

Физиометрические характеристики не зависимо от пола сопряжены с ГФР: в группе НФР (0,43 $\sigma$ ) при средней нормированной разнице (0,454 $\sigma$ ;  $p=0,0001$ ) они выше у групп с ПМТ (0,73 $\sigma$ ) и ВДТ (1,03 $\sigma$ ) и ниже с НМТ (0,06 $\sigma$ ) и НФР (-0,75 $\sigma$ ). Динамометрия выше у группы с ПМТ (0,74 $\sigma$ ) и ВДТ (0,93 $\sigma$ ) и ниже с НМТ (-0,48 $\sigma$ ) и НДТ (-0,75 $\sigma$ ); в группе НФР (0,34 $\sigma$ ) при средней нормированной разнице (0,372 $\sigma$ ;  $p=0,0001$ ).

Показатели ЧСС не сопряжены с группой физического развития в отличие от САД и ДАД. Трети наблюдаемых учащихся свойственно некоторое напряжение функциональной адаптации, 27,6% и 38% обследуемых характеризуются повышенными относительно норматива для сверстников показателями САД и ДАД соответственно.

Структура ГФР учащихся сельских школ по оценочным таблицам для сельских учащихся (СС) в сопоставлении с данными оценочных таблиц для учащихся мегаполиса Нижнего Новгорода [Бого-

молова, 2010] показала схожесть для сельских мальчиков и девочек ( $p=0,166$ ). При применении ее для всех школьников: НФР – 72,4% и 72,9%, НМТ – 2,97% и 12,73%, ПМТ – 16,9% и 9,39%, НДТ – 4,97% и 2,8%, ВДТ – 2,86% и 2,17% при ( $p=0,004$ ) для сельских и городских учащихся соответственно. При совпадении групп нормального развития показано значимое превышение доли детей с избыточной массой и низкой величиной длины тела относительно городских школьников.

Таким образом, антропологические показатели сельских школьников Арзамасского района, расположенного на юге области, отличаются во многом от показателей выборки сверстников областного центра и области в целом. Учащиеся с пониженной массой тела составляют 16,3% за счет снижения доли с НМТ. Данная особенность выявлена относительно оценочных нормативов как для учащихся села, так и города. Школьники Арзамасского района демонстрируют лучшие физиометрические параметры и тенденцию увеличения артериального давления. Выявлены зависимости значений функциональных показателей от ГФР; у учащихся групп НМТ и НДТ они ниже, чем у сверстников с НФР; группы ВДТ и ПМТ выше. Выявленные различия в физическом раз-

**Таблица 2. Паттерн нормированных оценок физиометрических показателей в динамике групп физического развития (%)**

ГФР-(N)	Физиометрия			Гемодинамика			Все
	ЖЕЛ/ДПК			САД/ДАД			
	<M-1σ	M±1σ	M+1σ<	<M-1σ	M±1σ	M+1σ<	
НФР-74%	9,83/12,7	62,26/60,6	27,9/26,7	1,7/1,45	72,8/61,5	25,5/37,0	<b>74,6</b>
НМТ-10%	10,29/30,9	76,47/61,8	13,24/7,35	2,9/2,94	83,8/76,5	13,2/20,6	<b>3,65</b>
ПМТ-10%	7,28/6,62	54,6/57,3	38,1/36,9	1,66/1,66	60,9/50,0	37,42/48,3	<b>16,3</b>
НДТ-3%	36,0/32,0	62,0/60,0	2,0/8,0	0/2,0	78,0/74,0	22,0/24,0	<b>2,75</b>
ВДТ-3%	3,92/13,7	54,9/41,2	41,2/45,1	5,9/2,1	45,1/56,2	49,0/41,7	<b>2,7</b>
<b>Все</b>	<b>9,98/12,9</b>	<b>61,3/59,6</b>	<b>28,7/27,5</b>	<b>1,78/1,57</b>	<b>70,7/60,4</b>	<b>27,6/38,1</b>	<b>100</b>
Статистика	$\chi^2_{\text{ЖЕЛ}}=73,7$ , $cc=8$ , $P=0,0001$ $\chi^2_{\text{ДПК}}=74,9$ , $cc=8$ , $P=0,0001$			$\chi^2_{\text{САД}}=44,9$ , $cc=8$ , $P=0,0001$ $\chi^2_{\text{ДАД}}=28,4$ , $cc=8$ , $P=0,0004$			

Примечания. ЖЕЛ – жизненная емкость легких; ДПК – динамометрия правой кисти; САД – систолическое артериальное давление; ДАД – диастолическое артериальное давление; ГФР – группа физического развития; НФР – нормальное физическое развитие; НМТ – низкая масса тела; ПМТ – повышенная масса тела; НДТ – низкая длина тела; ВДТ – высокая длина тела; N – норма

витии изученных групп детей, по нашему мнению, обусловлены особенностями расположением района проживания на юге области, то есть относительной равноудаленностью сельских поселений и их школ от промышленного центра, каким является г. Арзамас.

Оценка средней длины тела учащихся по центильным распределениям, полученным по двум оценочным таблицам (СГ, СС), показала различия ( $p<0,001$ ) между результатами, полученными с применением данных оценочных таблиц во всех исследуемых группах, показывая увеличение численности низкорослых детей во всех группах при использовании СГ (табл. 3).

Оценочные таблицы для сельских учащихся позиционируют показатели наблюдаемых учащихся, как максимально приближенные к нормальному распределению. Оценка средней длины тела сельских учащихся по СС более приближает распределение к эталонной шкале, вследствие этого более объективна; среди учащихся сельских меньше высокорослых, чем среди городских, независимо от применяемых оценочных таблиц.

Максимальные приближения между центильными распределениями при использовании СС и СГ, для оценки длины тела, выявлены у городских школьников, в первом центильном интервале (ЦИ) – 96,7% и восьмом ЦИ – 80,3%, наименьшие – во втором ЦИ – 58,4% и третьем ЦИ – 58,9% при  $p<0,001$ , у сельских школьников больше в первом и восьмом ЦИ, меньше – во втором ЦИ.

Оценки средней величины веса тела между показателями, полученными на основе применения СС и СГ в группах села, города и в целом, показывают достоверные различия при  $p<0,05$  в отличие учащихся села при  $p=0,054$ . Характерным для данных распределений является превышение

эталона в 2 раза в восьмом ЦИ, констатируя увеличение учащихся с избыточной массой тела; СГ увеличивает число первого и восьмого ЦИ, СС показывает распределение, приближенное к эталону, тем самым уменьшая общее число детей с недостаточным и избыточным весом и увеличивая при этом пропорцию нормальных значений веса тела. Полученное центильное распределение репрезентативной выборки учащихся по весу тела также свидетельствует о более приемлемом применении оценочных таблиц для сельских учащихся.

Корреляции центильных распределений веса тела при применении СГ и СС, у городских учащихся показывают максимальные в первом ЦИ – 82,8% и восьмом ЦИ – 85%, минимальные – во втором ЦИ – 55,6%; у сельских максимальные в пятом ЦИ – 73,1% и 8 ЦИ – 80,6%, минимальные – во 2 ЦИ – 58,1% при,  $p<0,001$ .

Особенностью центилирования как метода является то, что одномерное центильное шкалирование не дифференцирует значения признака в крайних позициях, отнесенного к 1 и 8 ЦИ. [Богомолова, 2006].

Гармоничность развития учащегося по рекомендации ВОЗ оценивается посредством индекса ИК2. Расчёт ИК2 и распределение его у респондентов по предложенным оценочным таблицам показывает превышение более, чем в 2–3 раза показателей 8 ЦИ, что определяет избыточность веса тела у значительной части наблюдаемых учащихся. Процент учащихся с дефицитом нормы определяется у городских больше (4,6–4,7%) а у сельских меньше (1,8–1,7%) эталонной группы (3%).

Максимальные приближения между центильными распределениями при использовании СС и СГ для оценки ИК2 выявлены у городских

Таблица 3. Паттерн распределения показателей ДТ, МТ, ИК2 учащихся по оценочным таблицам СГ и СС (%)

Центильные интервалы		1	2	3	4	5	6	7	8	Статистика при $c/c=7$	
Норма, %		3	7	15	25	25	15	7	3		
Городские учащиеся	СГ	ДТ	4,9	9,2	15,5	24,1	22,0	14,7	6,0	3,7	$\chi^2=23,64$ P=0,000
			2,9	7,9	12,9	25,3	25,2	16,1	6,3	3,5	
	СГ	МТ	3,6	5,8	13,8	22,0	22,2	16,1	9,3	7,1	$\chi^2=8,89$ P=0,040
			2,8	5,7	13,0	23,6	24,8	14,6	9,2	6,2	
	СГ	ИК2	4,6	4,1	11,2	20,4	25,7	15,9	7,3	10,9	$\chi^2=7,76$ P=0,066
			4,7	3,5	13,0	22,4	24,6	15,4	6,4	10,1	
Сельские учащиеся	СГ	ДТ	5,8	10,0	19,2	24,9	19,2	12,9	5,3	2,7	$\chi^2=30,31$ P=0,000
			3,3	8,9	14,1	25,8	25,4	14,2	5,7	2,6	
	СГ	МТ	2,2	5,2	14,5	22,7	24,7	14,5	10,1	6,1	$\chi^2=8,21$ P=0,054
			2,2	3,6	13,5	24,4	25,4	16,2	8,5	6,2	
	СГ	ИК2	1,8	1,6	10,2	20,1	29,1	20,1	6,7	10,4	$\chi^2=8,39$ P=0,050
			1,7	2,1	12,8	21,8	27,9	17,4	6,6	9,7	
Все учащиеся	СГ	ДТ	5,2	9,5	16,9	24,4	21,0	14,0	5,8	3,3	$\chi^2=47,32$ P=0,000
			3,1	8,3	13,3	25,4	25,3	15,4	6,1	3,1	
	СГ	МТ	3,1	5,6	14,1	22,3	23,2	15,4	9,6	6,7	$\chi^2=9,83$ P=0,026
			2,6	4,9	13,2	23,9	25,0	15,2	9,0	6,2	
	СГ	ИК2	3,5	3,1	10,8	20,3	27,0	17,4	7,1	10,7	$\chi^2=13,41$ P=0,005
			3,6	3,0	12,9	22,1	25,8	16,1	6,5	10,0	

Примечания. ДТ – длина тела; МТ – масса тела, ИК2 – индекс Кетле2; СГ – оценочные таблицы учащихся города; СС – оценочные таблицы учащихся села

школьников (в 1 ЦИ 87,6% и 8 ЦИ 90,3%, а наименьшие – во 2 ЦИ 62,5% и 7 ЦИ 61,1%), у сельских школьников больше в 1 ЦИ 80% и 8 ЦИ 89,6% меньше – во 2 ЦИ 24% и 7 ЦИ 59,5% при  $p < 0,001$ .

Таким образом, оценивание наблюдаемых учащихся посредством оценочных таблиц СС и СГ согласно расчетному показателю ИК2 дает похожие результаты, дифференцируя территориально-административные принадлежности, выраженные преобладанием среди учащихся города представителей с пониженным и завышенным весом тела.

Группа физического развития, рассчитанная как результат соотношения центильных интервалов ДТ и ИК2, выявляет детей с гармоничным и дисгармоничным развитием [Богомолова, Кузмичев, Чекалова, 2007]. Рассматривая распределения результатов по ГФР с использованием вышеуказанных оценочных таблиц, мы обнаружили между ними значимые различия: при  $p < 0,001$  наибольший процент гармонично развитых детей определен среди учащихся школ Арзамасского района (по СГ 72,9%, по СС 75,5%). Среди городских учащихся детей имеющих НМТ и ВДТ, значительно больше, чем сельских (табл. 4).

Во всех трех сравниваемых группах оценочные таблицы для учащихся села показывают больший процент детей с гармоничным развитием (ГФР), чем при использовании оценочных таблиц для учащихся города. Максимальные совпадения, при использовании СГ и СС для оценки ГФР у го-

родских 96,7% и сельских 99,8% учащихся, показаны по низкой длине тела (НДТ), как наименьшее у городских (80,1%) и сельских (55,3%) по недостаточной массе тела (НМТ) при  $p < 0,001$ .

## Заключение

Таким образом, согласно данным центильных оценочных таблиц, изученные группы учащихся в общей совокупности характеризуются слабовыраженной низкорослостью (левостороннее центильное смещение по длине тела), при относительной высокой упитанности (правостороннее центильное смещение распределения по весу тела).

При применении вышеуказанных оценочных таблиц для учащихся села, сельские дети Арзамасского района показывают больший процент гармонично развитых детей, а городские дети по отношению к ним характеризуются повышенным процентом детей, имеющих низкую массу тела и большую длину тела. По динамике ИК2 в структуре центильного распределения городские учащиеся, относительно сельских, имеют более выраженное представительство в первом и восьмом центильном интервале, что, по-нашему мнению, свидетельствует о преобладании в выборке городских учащихся детей с пониженной длиной тела и повышенной массой тела. Четверть наблюдаемых учащихся характеризуется высокими показателя-

**Таблица 4. Распределения групп физического развития учащихся города и села согласно оценочным таблицам СГ и СС (%)**

СГ/СС	ГФР-(N)	НФР-74%	НМТ-10%	ПМТ-10%	НДТ-3%	ВДТ-3%
	Учащиеся города	67,7/70,9	7,6/7,6	16,2/15,1	4,9/2,9	3,7/3,5
	Учащиеся села	72,9/75,5	2,6/3,2	16,1/15,4	5,8/3,3	2,6/2,6
	Все	69,9/72,6	5,7/6,0	16,1/15,2	5,2/3,1	3,3/3,1
Статистика, при $cc=4$		$\chi^2_{\text{город. шк}}=38,97, P=0,0001$ ; $\chi^2_{\text{сельск. шк}}=9,54, P=0,049$ $\chi^2_{\text{все шк}}=21,78, P=0,0001$				

Примечания. ГФР – группа физического развития; НФР – нормальное физическое развитие; НМТ – низкая масса тела; ПМТ – повышенная масса тела; НДТ – низкая длина тела; ВДТ – высокая длина тела; СГ – оценочные таблицы учащихся города; СС – оценочные таблицы учащихся села.

ми физиометрических параметров. Физиометрические и гемодинамические параметры не зависимо от пола сопряжены с физическим развитием учащихся, в отличие от частоты сердечных сокращений. Функциональные показатели у учащихся групп с низкой массой тела и низкой величиной длины тела ниже, чем у сверстников с нормальным физическим развитием, а у группы с высокой величиной длины тела и повышенной массой тела они выше. Сельские учащиеся района, в отличие от городских, в среднем показывают лучшие физиометрические параметры и у них наблюдается тенденция к более высоким средним арифметическим величинам артериального давления.

Применение оценочных таблиц физического развития для сельских учащихся является более целесообразным при оценке антропологических характеристик учащихся как Арзамасского района, так и города Арзамаса.

Обнаруженные при антропометрических наблюдениях аукологические девиации в виде крайних позиций центильных распределений, предполагают состояния функциональных напряжений – пограничных состояний, находящихся на границе нормы и патологии, или предболезненного состояния части современных учащихся.

Использование объективных, современных, унифицированных, региональных оценочных таблиц, создаваемых с учетом социально-экономической, административно-территориальной, возрастно-половой детерминаций, решает актуальные вопросы формирования банка данных соматических особенностей, планового медико-педагогического контроля, сохранения и укрепления здоровья учащихся на современном этапе.

## Библиография

Алексеева Т.Н., Белоконь Л.С., Година Е.З. Урбозология. М.: Наука, 1990. 240 с.  
 Баранов А.А., Кучма В.Р., Ямпольская Ю.А. Методы исследования физического развития детей и подростков в популяционном мониторинге – руководство для врачей /

Под ред. академика РАМН А.А. Баранова и профессора В.Р. Кучмы. М.: Союз педиатров России, 1999. 226 с.  
 Безруких М.М. Здоровьесберегающая школа. М.: МГПИ, 2008. 222 с.

Бекмансуров Х.А. Паспорт здоровья учащихся в общероссийской системе мониторинга. Елабуга: Изд-во ООО «Принт-Мастер», 2007. 248 с.

Богомолова Е.С. Гигиеническое обоснование мониторинга роста и развития школьников в системе «здоровье – среда обитания»: Автореф. дис. .... д-ра мед. наук. Н. Новгород, 2010. 46 с.

Богомолова Е.С. Оценка физического развития детей и подростков г. Нижнего Новгорода: методические указания. Н. Новгород: Издательство Нижегородской государственной медицинской академии, 2011. 80 с.

Богомолова Е.С. Оценка физического развития детей и подростков: учебное пособие. Н. Новгород, 2006. 260 с.  
 Богомолова Е.С., Кузмичев Ю.Г., Чекалова С.А. Оценка физического развития детей и подростков с использованием стандартов разного территориального уровня // Материалы X Всероссийского съезда гигиенистов и санитарных врачей. М., 2007. С. 474–478.

Бунак В.В. Антропометрия. М.: Учпедгиз, 1941. 367 с.  
 ВОЗ. Глобальная стратегия по питанию, физической активности и здоровью. [Электронный ресурс] Женева: ВОЗ, 2009. URL: <http://www.who.int/dietphysicalactivity> (дата обращения 01.06.2016).

Гланц С. Медико-биологическая статистика. Пер. с англ. М.: Практика, 1998. 459 с.

Година Е.З. Процентильный метод. Методы исследования физического развития детей и подростков в популяционном мониторинге (Руководство для врачей). М., 1999. С. 61–67.

Година Е.З. Динамика процессов роста и развития у человека: пространственно-временные аспекты. Автореф. дисс. ... д-ра биол. наук. М., 2001.

Гудкова Л.К. Антропологические аспекты популяционной физиологии человека. Автореф. дисс. .... д-ра биол. наук. М., 2000.

Дерябин В.Е. Многомерные биометрические методы для антропологов. М., 2001. Деп. В ВИНТИ 10.01.01. № 37.

Кучма В.Р. Гигиена детей и подростков: руководство к практическим занятиям, учебное пособие. М.: ГЭОТАР Медиа, 2010. 560 с.

Матвеева Н.А. Оценочные таблицы физического развития сельских школьников Нижегородской области: методические указания. Н.Новгород, 2010. 28 с.

Сайт правительства Нижегородской области. URL: <http://www.government.nnov.ru> (дата обращения: 26.12.2012). Физическое развитие детей и подростков Российской Федерации: Сборник материалов. Вып. VI / Под ред. А.А. Баранова и В.Р. Кучмы. М.: Педиатр, 2013. 192 с. Хрисанфова Е.Н., Перевозчиков И.В. Антропология. 2-е изд. М.: Изд-во Московского университета, 1999. 400 с.

Ямпольская Ю.А. Физическое развитие школьников – жителей крупного мегаполиса в последние десятилетия: состояние, тенденции, прогноз, методика скрининг-оценки. Автореф. дисс. ...д-ра биол. наук. М., 2000. Tanner J.M. A concise history of growth studies from Buffon to Boas // Human Growth. A Comprehensive Treatise. 2nd ed. / Eds. F. Falkner and J.M. Tanner. New York and London: Plenum Press, 1986. Vol. 3. P. 515–589.

Контактная информация:

Калужный Евгений Александрович: e-mail: eakmail@mail.ru.

## AUXOLOGICAL ASPECTS OF ANTHROPOMETRICAL SCREENINGS OF URBAN AND RURAL STUDENTS FROM NIZHNY NOVGOROD REGION

E.A. Kalyuzhny

*National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Arzamas branch, Arzamas*

*Anthropological characteristics of the urban and rural students from several administrative areas of the Nizhny Novgorod Region were assessed using regional assessment tables. The research was conducted on the base of Nizhny Novgorod State University, Arzamas branch, in a research laboratory involved in student physical health monitoring, using materials from a cross sectional anthropological study of 3242 students (1700 boys and 1542 girls respectively). Of these 1197 are from Arzamas district and 2045 are from the city of regional subordination – Arzamas (26,1% of the total number of 12 463 students aged 7–17 from the city and region). Observation included measurements of somatic characteristics – anthropometric indicators: stature, body weight, thorax circumference; physiometric indicators: vital lung capacity, right hand dynamometry; hemodynamic indicators: heart rate, systolic and diastolic pressure, and the calculation of the Kettle2 index [Baranov, Kuchma, Yampolskaya, 2010]. Each parameter was assessed both in absolute values and in the centile scales, according to the assessment tables for rural and urban students of Nizhny Novgorod Region [Matveeva, 2010; Bogomolova, 2011]. The objectification of absolute values is presented in a form of adjoint centile distribution from the first to the eighth centile interval. According to the estimates of stature and Kettle's index, five groups with various degree of physical development are specified: normal physical development, decreased and low body weight, increased body weight and overweight, low and high stature. Statistical processing of the data was carried out by means of parametric and nonparametric statistical analysis. Statistically significant differences in distribution of the measurements were found between males and females, with the exception of stature, vital lung capacity and heart rate. The percentage of distribution of rural students with low and high stature come close to the standard, there are more boys with the high body weight as shown by the right-hand shift of the distribution in relation to the standard in a given age and sex group. Physical development of rural students is characterized by the right-hand shift of centile distributions of physiometric parameters. Analysis of hemodynamic indicators reveal high percentage of students with high (the seventh and the eighth centile interval) rates of systolic and diastolic blood pressure. The relationship between functional indicator values and physical development are revealed, students with low body weight and low stature show low values than those with normal physical development. The revealed distinctions are related to the specifics of regional stratification: the Southern location of the area within the district, relative equidistance of rural settlements and their schools from the industrial center – the city of regional submission – Arzamas. The dynamics of weight-growth ratio in centile distribution shows that urban students are more represented in the first and eighth centile intervals relative to rural. This indicates a higher prevalence of representatives with low and high stature and body weight among urban students. Application of the assessment tables to rural students shows larger percentage of harmoniously developing children, and urban students in relation to them are characterized by higher percentage of representatives with low weight and high stature. The assessment tables of physical development for rural students are more appropriate for the assessment of anthropological characteristics of Arzamas region and Arzamas city students than the standards of Nizhny Novgorod.*

Keywords: *anthropology, auxology, rural and urban children and adolescents, physical development, centile intervals, assessment tables*

# ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПОРТРЕТЫ СЕМИ КЛАНОВ СЕВЕРО-ЗАПАДНЫХ БАШКИР: ВКЛАД ФИННО-УГОРСКОГО КОМПОНЕНТА В ГЕНОФОНД БАШКИР

Е.В. Балановская<sup>1</sup>, Ю.М. Юсупов<sup>2</sup>, Р.А. Схаляхо<sup>1,3</sup>, Г.Д. Степанов<sup>1,3</sup>, Р.Р. Асылгужин<sup>2</sup>,  
М.К. Жабагин<sup>4</sup>, О.А. Балаганская<sup>3</sup>, Г.Д. Султанова<sup>2</sup>, Е.Б. Борисова<sup>3,5</sup>, Д.М. Дараган<sup>1,3</sup>,  
О.П. Балановский<sup>3,1</sup>

<sup>1</sup>ФГБНУ «Медико-генетический научный центр», Москва, Россия

<sup>2</sup>ГАНУ «Институт стратегических исследований Республики Башкортостан», Уфа, Россия

<sup>3</sup>ФГБУН Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, Москва, Россия

<sup>4</sup>National Laboratory Astana, Назарбаев Университет, Астана, Казахстан

<sup>5</sup>Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Семь кланов северо-западных башкир (гирей, канглы, еней, елан, уран, балыксы, унлар, суммарная выборка N=230) изучены по широкой панели из 49 SNP и 17 STR маркеров Y-хромосомы. Исследование охватило 10 сельских северо-западных районов Башкирии и две этнографические подгруппы – нижнебельскую и северную, однако генетическая структура кланов не следует этому этнографическому делению. В генофонде каждого клана обнаружено преобладание одной гаплогруппы. Для клана гирей такой гаплогруппой (частота 75%) оказалась **I1-M253**, распространенная преимущественно в Скандинавии, но также встречающаяся у финно-угорских популяций Поволжья. В генофонде клана канглы доминирует (60%) гаплогруппа **G1-M285**, указывая на южное происхождение клана. Гаплогруппа **R1a** доминирует у кланов унлар (100%) и балыксы (77%), маркируя их происхождение от северо-восточных башкир, генофонд которых также состоит в основном из этой гаплогруппы. Для клана еней мажорной гаплогруппой (44%) является **N3a2** – восточносибирская ветвь гаплогруппы **N3-M178**. В генофонде клана елан также преобладает (до 50%) гаплогруппа **N3-M178**, но преимущественно ее другая ветвь – **N3a4**, которая составляет 90% и в генофонде клана уран. Эта ветвь **N3a4** распространена у западных финно-угорских популяций, но ее отдельная подгруппа (возрастом более 4 тысяч лет) приурочена к Уральскому региону, поэтому возможно, что она присутствовала в генофонде протофинно-угорской общности.

Из семи генетических портретов кланов северо-западных башкир два хорошо согласуются с этнографическими гипотезами их происхождения, еще два не противоречат им, но три указывают на преобладание в генофонде автохтонного финно-угорского компонента. Этот вывод генетического сходства северо-западных башкир с финно-угорскими популяциями подтвержден и многомерным анализом по частотам всей палитры гаплогрупп.

Ключевые слова: генофонд, северо-западные башкиры, Y-хромосома, гаплогруппа, популяция, этнос, финно-угры, Южное Приуралье

## Введение

В популяционной генетике соотношение биологических и социальных процессов исследуется в терминах формирования генофонда и таких параметров социума как язык, конфессия, хозяйственно-культурный тип. Как правило, такие исследования проводятся на надэтническом уровне, количественно оценивая связь анализируемых параметров культуры и генофонда, однако многообразие культур изучаемых народов создает мощный информационный шум. Если же связь динамики генофонда и динамики культуры изучать в рамках

одного этноса, то информационный шум можно нивелировать: однородная социальная среда позволяет четче фиксировать связь биологического и социального. Поэтому анализ связи структуры генофонда и родовой (клановой) структуры привлекает все большее внимание генетиков и этнологов [Chaix et al., 2004; Biro et al., 2009; Abilev et al., 2012; Malyarchuk et al., 2013; Жабагин с соавт., 2014; Balanovsky et al., 2015; Богунов с соавт., 2015; Жабагин с соавт., 2016; Схаляхо с соавт., 2016; Харьков с соавт., 2016; Юсупов с соавт., 2016; Zhabagin et al., 2017]. Эффективность такого анализа обеспечивается высокой информативностью

маркеров Y-хромосомы, наследующихся, как и родовая принадлежность по отцовской линии. Перспективность такого анализа стремительно растет в «полногеномную эру»: открываются все новые субветви «старых» гаплогрупп, датировка определяет их место во времени, а массовый скрининг на новые маркеры определяет место этих субветвей в пространстве [Poznik et al., 2013; Francalacci et al., 2013; Wei et al., 2013; Rootsi et al., 2013; Yan et al., 2014; Scozzari et al., 2014; Lippold et al., 2014; Trombetta et al., 2015; Karmin et al., 2015; Balanovsky et al., 2015; Hallast et al., 2015; Ilumae et al., 2016; Barbieri et al., 2016; Poznik et al., 2016; Balanovsky et al., 2017; Wei et al., 2017; Huang et al., 2017]. В итоге выявляются связи между генофондами, позволяя верифицировать реконструкции их происхождения. Совместный анализ генофонда и родовой структуры башкир уже продемонстрировал свою высокую информативность на материале северо-восточных башкир [Юсупов с соавт., 2016]. Показано, что их генофонд сформировался преимущественно за счет роста и последующего дробления протоклана одного из башкирских родовых объединений, что объясняется особенностями потестарно-политической организации в Южном Зауралье XII–XVII вв. Эти итоги позволяют надеяться на успешность подобного подхода при изучении и других популяций башкир.

Ареал северо-западных башкир являлся зоной взаимодействия многих популяций и культур, следы которых фиксируются антропологией, археологией, лингвистикой и другими дисциплинами. Данные антропологии указывают на превалирование в юго-западном Приуралье населения, связанного с финно-угорским миром: в антропологическом облике северо-западных башкир преобладают черты, характерные для населения, говорящего на финно-пермских языках, а к востоку башкирского ареала наблюдается постепенное увеличение черт, свойственных популяциям угорской языковой подгруппы [Акимова, 1974; Антропология башкир, 2011]. Данные археологии указывают, что этногенез башкир Приуралья и Прикамья в значительной степени связан с носителями кушнаренковско-караякуповского археологического комплекса [Мажитов, 2010; Иванов, Злыгостев, 2016] и культур Приуралья более ранних периодов (караабызская, бахмутинская культуры), связанных с финно-пермскими популяциями Прикамья и Южного Урала [Мажитов, 1969]. Ныне северо-западный диалект башкирского языка подразделяется на четыре говора: у северных башкир распространены таныпский и караидельский говоры, а у нижнебельских – нижнебельско-ыкский и гайнинский [Миржанова, 2006].

Исторический ареал северо-западных башкир занимает центральную и северную части Бугуль-

минско-Белебеевской возвышенности, охватывая территории правобережья средней Уфы, западного Башкортостана и восточного Татарстана. В начале XX века они составляли треть башкирского населения (520–530 тыс. человек) [Асылгужин, 2015]. Основная причина выделения северо-западных башкир в отдельную историко-этнографическую группу – их интенсивное культурное взаимодействие с западными соседями: начиная с XVII века, они дисперсно проживали с пришлым тюркским и финно-угорским населением (марийцы, мишари, мошша, казанские татары, удмурты, чуваша, эрзя) [Шитова, 1968; Кузеев, 1974]. Башкирский род/клан, по крайней мере, с XVI века, являлся субъектом политических и правовых отношений, а родовая структура легла в основу административно-территориальной системы этого региона и продолжительное время существенно не изменялась. Поэтому, учитывая политико-правовой статус кланов северо-западных башкир и их выраженную патрилокальность, важно использовать родовую структуру при изучении связи генетических и этнокультурных процессов. Цель данной работы – изучить генофонд северо-западных башкир через призму родовой структуры с помощью маркеров Y-хромосомы, значительная часть которых выявлена в «полногеномную эру».

## Материалы и методы

Материалом для изучения генофонда северо-западных башкир послужили образцы венозной крови 230 неродственных мужчин из коллекций Биобанка народонаселения Северной Евразии, собранных в соответствии с его требованиями [Балановская с соавт., 2016]. Нижнебельские башкиры (N=152) представлены кланами гирей, канглы, еней, елан; северные башкиры (N=78) – кланами уран, унлар, балыксы (табл. 1).

При сборе биологических образцов были максимально учтены исторические миграции населения: в XVIII в. значительная часть северо-западных башкир оказалась обезземеленной, что вызвало внутренние миграции среди башкирского населения; одновременно шел процесс миграции тюркского и финноязычного населения из Средней Волги и Прикамья. В результате в ареале северо-западных башкир образовались селения со смешанным этническим и родовым составом. Для формирования выборки из популяций северо-западных башкир мы выделили на основе этнографических и исторических данных именно те области их расселения, которые менее всего подвергались миграциям XVIII–XX веков. Для этого были привлечены

Таблица 1. Изученные выборки семи кланов северо-западных башкир

Подгруппы северо-западных башкир	Клан (родовое объединение)	Административный район Башкортостана	N (объем выборки)
Нижнебельская подгруппа	Гирей	Краснокамский, Илишевский	56
	Канглы	Буздякский, Благоварский	25
	Еней	Илишевский, Краснокамский	36
	Елан	Бураевский, Буздякский, Еремеевский	35
Северная подгруппа	Уран	Янаульский	35
	Унлар	Караидельский, Аскинский	17
	Балыксы	Аскинский, Караидельский	26
Суммарно северо-западные башкиры			230

академические работы по истории сел и деревень Южного Приуралья, Ревизские сказки XIX в. Белебеевского и Бирского уездов Оренбургской губернии [Асфандияров с соавт., 2001; Асфандияров, 2009; Национальный архив, Ф. 3. Оп. 2], этнографические работы по родовым объединениям северо-западных башкир [Кузеев, 1974; История башкирских родов, 2014–2015]. Сбор биологических образцов осуществлялся согласно письменному информированному согласию обследуемого под контролем Этической комиссии Медико-генетического научного центра (ФГБНУ «МГНЦ»).

Генотипирование по панели 49 SNP маркеров проведено на приборе 7900HT Real-Time PCR System (Applied Biosystems) с использованием TaqMan зондов. Классификация гаплогрупп согласно [Karmin et al., 2015]. Фрагментный анализ 17 STR локусов проведен на приборе ABI 3130xl (Applied Biosystems) с использованием набора Y-filer PCR Amplification Kit (Applied Biosystems). Филогенетический анализ, расчет генетической дифференциации популяций AMOVA (analysis of molecular variance), генетических расстояний Нея с визуализацией их на графике многомерного шкалирования проведены стандартными методами, детально описанными в [Zhabagin et al., 2017; Жабалин с соавт., 2016]. Популяции для сравнения получены из базы данных «Y-base», разработанной под руководством О.П. Балановского. Возраст кластеров гаплотипов оценен по числу мутационных шагов ( $\rho$ -статистика) [Forster et al., 1996] с использованием длины поколения 31 год [Fenner, 2005] и «генеалогической» скорости мутирования STR-маркеров набора Y-filer – 0,027 мутаций на локус на поколение [Burgarella, Navascue, 2011; URL: www.yhrd.org (дата обращения: 17.07.2017)], поскольку анализ данных полного секвенирования Y-хромосомы [Karmin et al., 2015; Balanovsky et al., 2015] показал, что для гаплогрупп

моложе 7 тысяч лет «генеалогическая» скорость дает более корректные датировки, чем «эволюционная» [Balanovsky, 2017].

## Результаты и обсуждение

### *Генетические портреты семи кланов северо-западных башкир*

Две трети генофонда северо-западных башкир (рис. 1) составляют гаплогруппы **R1a-M198** и **N3-M178**: **R1a-M198** доминирует на востоке ареала северо-западных башкир, **N3-M178** – на западе и юге. Пяту часть генофонда составляют гаплогруппы **I1-M253** и **G1**. Рассмотрим генетические портреты каждого клана.

### *Нижнебельская подгруппа северо-западных башкир*

**КЛАН ГИРЕЙ (N=56)**. Их родовое объединение этнологи связывают с кыпчакским субстратом в этногенезе башкир: на сходстве этнонимов и родовых тамг основана гипотеза о происхождении гиреев от керейтов и кунгратов, оказавшихся в Южном Приуралье в XIII–XVI веках [Кузеев, 1974].

Мажорной гаплогруппой (частота 75%, рис. 1) в генофонде клана гирей оказалась условно «скандинавская» гаплогруппа **I1-M253**. Карта распространения этой гаплогруппы [Балановский, 2015] показывает, что ее высокие частоты характерны не только для Скандинавии, но и для исторически связанных с ней Дании, Шотландии, западных районов Финляндии. На востоке ареал

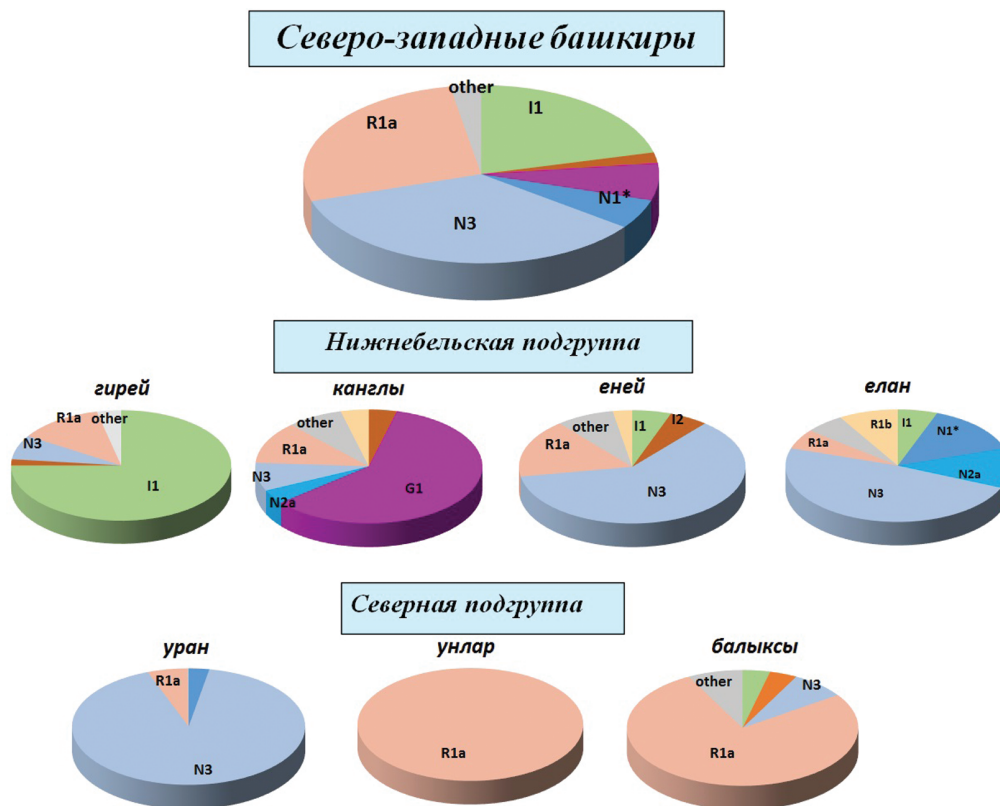


Рис. 1. Генетические портреты кланов северо-западных башкир

распространения **I1-M253** охватывает низовья р. Белой и среднее течение р. Камы, встречаясь у некоторых кланов северо-восточных башкир [Волков, Каримов, 2016], а у северо-западных башкир с невысокими частотами (до 5%) также в кланах елан, еней и балыксы.

**КЛАН КАНГЛЫ** (N=25) – одно из крупнейших родовых объединений башкирского этноса. Единственная версия происхождения канглы связывает их с союзом печенежских племен: в VII–VIII вв. башкиры совместно с печенегами образовали военно-политический союз, который в VIII веке распался под давлением кыпчакских и огузских племен. Его основная часть мигрировала на правый берег Волги, но значительная часть осталась в прежнем ареале, в последующем войдя в состав башкир, казахов, каракалпаков, ногайцев [Кузеев, 1974].

В генофонде канглы мажорной (60%, рис. 1) оказалась гаплогруппа **G1-M285**, не встреченная в генофондах других кланов башкир.

Считается, что гаплогруппа **G1-M285** происходит с Иранского и Армянского нагорий и первоначально была связана с носителями (в том числе степными) иранских языков, но последние II–III тысячелетия встречается по всей Евразийской степи с низкой частотой, а в отдельных степных

популяциях достигает заметных частот за счет дрейфа генов. При этом ветвь **G1-M285**, встречающаяся у башкир, филогенетически несколько ближе к армянской ветви, чем к ветви, встреченной у казахов и монголов [Balanovsky et al., 2015]. Можно предположить, что в раннем железном веке и средневековье носители данной гаплогруппы были включены в кочевые миграции сармато-аланских племен и в Урало-Поволжье они вошли в башкиро-печенежский союз.

**КЛАН ЕНЕЙ** (N=36) проживает на северо-западе ареала изучаемой популяции, соседствуя с казанскими татарами, удмуртами и марийцами. В историографии этот клан традиционно связывают с угорским кочевым населением Восточной Европы. Вместе с такими кланами башкир, как юрматы и юрмий, клан еней европейские исторические источники относят к союзу мажарских племен.

Мажорной (61%, рис. 1) в их генофонде оказалась гаплогруппа **N3-M178**, распространенная по всему северу Евразии от Скандинавии до Дальнего Востока, а в Восточной Европе наиболее характерная для финно-угорского населения Восточной Европы. Полногеномное секвенирование этой гаплогруппы, проведенное с участием нашего коллектива [Iltmae et al., 2016], выявило ряд дочерних

ветвей с четкой географической привязкой. Их анализ выявляет удивительное своеобразие генофонда клана еней. У них практически отсутствует (3%) вариант **N3a1**, наиболее характерный для народов Приуралья, невысока (14%) и частота широко распространенной в популяциях севера Восточной Европы ветви **N3a4**. Но самой частой (44%) оказалась «восточносибирская» ветвь **N3a2**, отделившаяся от «уральской» ветви пять тысяч лет назад и отсутствующая у остальных кланов северо-западных башкир. Проведенный нами филогенетический анализ STR гаплотипов **N3a2** также указывает на связь с генофондом тюрков Восточной Сибири. Путь, по которому вариант **N3a2** получили башкиры, еще предстоит уточнить.

**КЛАН ЕЛАН** (N=35) является самым крупным родовым объединением северо-западных башкир. Одна из гипотез происхождения еланцев по данным фольклора и этнонимии связывает их с кыпчаками [Кузеев, 1974], другая – с огузской конфедерацией теле [История башкирских родов, 2015].

Однако хотя три четверти генофонда елан (рис. 1) приходится на гаплогруппу **N**, но ожидаемый из «огузской» гипотезы вариант **N3b** у еланцев отсутствует. Заметных частот достигают у еланцев **N2a** (11%) и недифференцированный вариант **N\*** (14%). Однако преобладает (37%) в генофонде елан иной вариант гаплогруппы **N** – **N3a4**. Он характерен для многих популяций севера Восточной Европы, в том числе с максимальными частотами встречается у западных финноязычных популяций (вепсов, карел, финнов, эстонцев). Отдельная ветвь **N3a4** возрастом более 4 тысяч лет встречена только в популяциях Уральского региона (в Башкортостане, Татарстане, Зауралье) [www.yfull.com] – такая география и датировка позволяют предполагать, что этот вариант входил в число гаплогрупп, свойственных протофинноугорской общности. На построенной нами филогенетической сети **N3a4** выделились два кластера, в которые вошли гаплотипы северо-западных башкир, с датировками формирования кластеров в раннем средневековье. При этом северо-западные башкиры практически «сливаются» с генофондами остальных башкир, не формируя собственного кластера (лишь носители из клана еней образуют небольшой субкластер). С невысокими частотами (6–9%) в генофонде елан встречены гаплогруппы **I**, **R1b**, **R1a**. В целом можно предполагать, что генофонд еланцев формировался преимущественно на основе местного финноязычного населения и их взаимодействия с кочевыми группами Южного Урала.

### *Северная подгруппа северо-западных башкир*

**КЛАН УРАН** (N=35). В историографии происхождения уранцев на основе специфического кимакокыпчакского этнонима связывается с влиянием кимаков на Южное Приуралье.

Однако в основном весь генофонд клана уран представлен единственным вариантом **N3-M178** – **N3a4** (до 90%), характерным для еланцев и встреченном в других кланах северо-западных башкир. Как указано в описании клана елан, этот вариант связан как с западной, так и с восточной частями финно-угорского ареала. Но направление потока генов еще предстоит изучить. Можно предполагать, что наличие **N3a4** у северо-западных башкир указывает не на миграцию с северо-запада Восточной Европы, а на то, что в ходе первоначального потока носителей гаплогруппы **N3** из Сибири в Европу одна из рано отделившихся ветвей этой гаплогруппы осталась на Урале, а носители других ветвей **N3a4** продолжили свой путь на север Европы.

**КЛАНЫ УНЛАР, БАЛЫКСЫ** (N=43). Происхождение этих родовых объединений по данным генеалогий и исторических преданий связывается с табынским родовым объединением – с потомками предполагаемого первопредка всех табынцев Майкы-бия (XIII в.), одного из полководцев хана Батыя.

В генофондах обоих кланов резко преобладает гаплогруппа **R1a-M198**: весь генофонд унлар представлен этой гаплогруппой; она же составляет три четверти (77%) генофонда балыксы, причем все остальные гаплогруппы редки (1–2 носителя) (рис. 1). На построенной нами филогенетической сети гаплогруппы **R1a** все носители этой гаплогруппы из северных башкир вошли в один кластер вместе с северо-восточными башкирами и оказались близки к табынскому родовому объединению.

Таким образом, генеалогические предания этих кланов отражают реальную генетическую связь с табынцами. Исторические предания (таварихи), где говорится о переселении потомков Майкы-бия в северную Башкирию и создании союза кочевых племен, вероятнее всего, отражают историческую действительность. Рост популяции и распространение гаплогруппы **R1a** сопровождало постепенное продвижение табынской конфедерации в XIV–XVII веках с востока на запад за счет роста одного клана [Юсупов, 2009]. Поскольку по происхождению кланы унлар и балыксы связаны с табынским родовым объединением, то, видимо, они представляют западную оконечность ареала распространения северо-восточного кластера башкирского генофонда, изученного нами

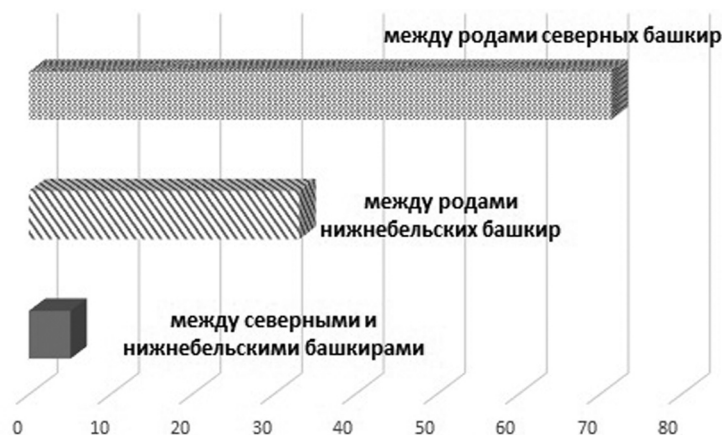


Рис. 2. Сравнение генетических различий (методом AMOVA) между двумя этнографическими подгруппами северо-западных башкир (северными и нижнебельскими) и между кланами в пределах каждой этнографической подгруппы

при исследовании северо-восточных башкир [Юсупов с соавт., 2016]. Скорее всего, именно эта связь нашла отражение и в формировании говоров северных башкир, и в прикладном искусстве всех северо-западных башкир.

### Положение генофонда северо-западных башкир в генетическом пространстве Северной Евразии

Из семи генетических портретов кланов северо-западных башкир лишь два (унлар и балыксы) хорошо согласуются с гипотезами их происхождения, построенными по данным этнографии. Не противоречит этнографической версии происхождения и генетический портрет клана еней, хотя основной генетический вектор направлен не на запад, в Европу, как указывает историография, а на северо-восток Сибири. Выявленный для клана канглы генетический вектор также не противоречит этнографической гипотезе их происхождения, если предположить, что он опосредован миграциями сармато-аланских племен в Урало-Поволжье. Однако в целом для кланов северо-западных башкир основным является генетический субстрат дотюркского населения Уральского региона, наиболее оправданно связываемого с финно-угорским миром.

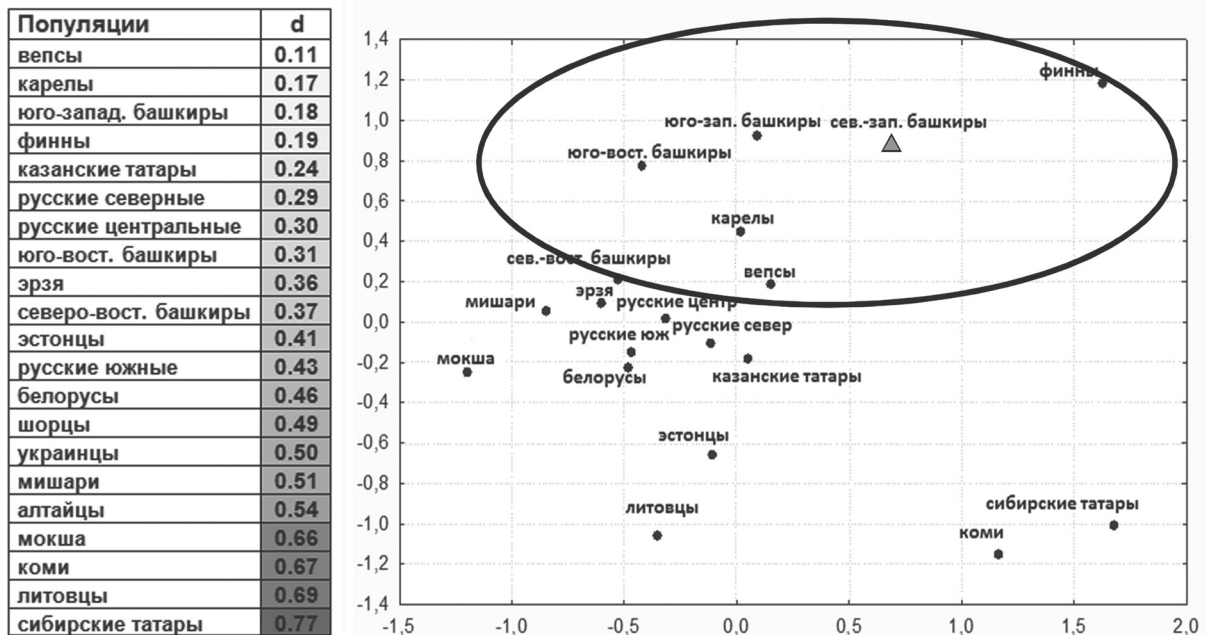
Различия между генофондами семи кланов северо-западных башкир оказались столь велики, что закономерен вопрос: насколько их подразделение на две этнографические подгруппы – северных и нижнебельских башкир – соответствует генетическим данным? Анализ генетического разнообразия, оцениваемого методом AMOVA (рис.

2), дал отрицательный ответ на этот вопрос. Генетические различия (рис. 2) между кланами в пределах и северной ( $F_{ST}=0,71$ ), и нижнебельской ( $F_{ST}=0,41$ ) подгрупп чрезвычайно велики, в то время генетические различия между самими подгруппами ( $F_{ST}=0,05$ ) близки к нулю и недостоверны (рис. 2).

Поэтому при анализе положения северо-западных башкир в генетическом пространстве Северной Евразии (рис. 3) более корректно рассматривать их генофонд без подразделения на этнографические подгруппы.

Прежде всего, бросается в глаза тяготение генофонда северо-западных башкир к их южным соседям – юго-западным башкирам ( $d=0,18$ ). Восточные башкиры генетически удалены в два раза дальше ( $d=0,34$ ): причем не только юго-восточные башкиры ( $d=0,31$ ), но и соседние северо-восточные популяции ( $d=0,37$ ). Но генетически ближе всех к северо-западным башкирам оказался целый ряд финноязычных народов (вепсы  $d=0,11$ , карелы  $d=0,17$ , финны  $d=0,19$ , эрзя  $d=0,36$ ), а также северные ( $d=0,29$ ) и центральные ( $d=0,30$ ) русские популяции и западные соседи башкир – казанские татары ( $d=0,24$ ), в генофонде которых фиксируется мощный генетический пласт, роднящий их с финноязычным населением Восточной Европы [Балановский, 2015]. В целом, для северо-западных башкир наиболее генетически близкими оказываются западные финноязычные популяции. Вывод о значительном вкладе автохтонного населения (связываемого с финно-угорским миром) в генофонд башкир является очевидным. Однако не будем торопиться с гипотезами о путях миграций: в настоящее время развернута интенсивная работа по полногеномному анализу гаплогруппы **N** и

Рис. 3. Положение северо-западных башкир в генетическом пространстве популяций Северной Евразии (график многомерного шкалирования, стресс = 0,12, алиенация = 0,12) и матрица генетических расстояний (врезка) от северо-западных башкир до других евразийских популяций



Примечания. Для анализа использованы данные по 21 гаплогруппе Y-хромосомы: C\*-M130, C2b1b-M48, E2a'd -M35, G1-M285, G2a-P15, I\*-M170, I1-M253, I2a'c-P37, J-M304, K\*-M9, L-M20, N\*-LLY22g, N3a1-B211, N3a2-M2118, N3a3-CTS10760, N3a4-Z1936, O2-M122, Q-M242, R1a1'4 -M198, R1b -M343, T1a-M70.

скрининга выявляемых субвариантов в популяциях Восточной Европы и Урала, которые могут пролить новый свет на миграционные процессы и этногенез народов Урала.

## Заключение

Генетические различия между кланами в пределах как северной, так и нижнебельской подгрупп северо-западных башкир очень велики, в то время как различия между генофондами самих подгрупп — малы и недостоверны. Иными словами, размах генетических различий между кланами значительно превосходит различия между генофондами этнографических подразделений (на северную и нижнебельскую подгруппу). Поскольку кланы отличаются столь своеобразными генофондами, изучение генофонда башкир через призму их родовой (клановой) структуры позволяет выявлять детальную картину этногенеза.

Из семи генетических портретов кланов северо-западных башкир лишь два (унлар и балыксы) хорошо согласуются с традиционными гипотезами их происхождения. Еще для двух кланов (еней и канглы) данные генетики не противоречат этнографическим версиям происхождения, хотя и вно-

сят свои коррективы (смена вектора с западного на восточный у клана еней и предположение о том, что южные связи канглы были опосредованы миграцией сармато-аланских племен в Урало-Поволжье). Для остальных трех кланов (гирей, уран и елан) этнографическая и генетическая версии не согласуются. Этнографические версии предполагают их кыпчакское происхождение, а генетические портреты отражают связи с финно-угорским миром Восточной Европы.

Генофонд северо-западных башкир представляет собой сложную структуру, отражающую различные периоды этногенеза и истории башкир. Основным субстратом генофонда северо-западных башкир, вероятнее всего, является генофонд племен финно-угорского мира, что проявляется в положении северо-западных башкир в генетическом пространстве Северной Евразии.

Более поздние влияния, отраженные в генетических портретах кланов, указывают на миграции кочевых групп в рамках широкого временного диапазона — от раннего железного века до позднего средневековья. Однако отсутствие в генофонде северо-западных башкир центральноазиатских гаплогрупп позволяет считать, что основной этап взаимодействия генофондов местных племен и пришлого населения происходил в домонгольское время.

Окончательное формирование генофонда башкир северной подгруппы относится предположительно к периоду средневековья – миграции племен табынской конфедерации на запад в XII–XVII веках. Генофонд нижнебельской подгруппы отражает более ранние процессы этногенеза башкир – наличие мощного финно-угорского компонента.

### Благодарности

Исследование выполнено при поддержке проекта РФФИ 16-06-00303 и Программы Президиума РАН «Живая природа: Динамика генофондов».

### Библиография

- Акимова М.С. Антропологические исследования в Башкирии // Антропология и геногеография. М., 1974. С. 77–96.
- Бермишева М.А., Иванов В.А., Киньябаева Г.А., Лейбова (Суворова) Н.А., Лобов А.С., Пестряков А.П., Савельев Н.С., Спицын В.А., Спицына Н.Х., Чижикова Т.П., Халдеева Н.И., Хусаинова Р.И., Хуснутдинова Э.К., Юнусбаев Б.Б., Юсупов Р.М. Антропология башкир. Спб.: Алетейя, 2011.
- Асфандияров А.З., Абсалямов Ю.М., Родное М.И. Западные башкиры по переписям 1795–1917 гг. Уфа: Китап, 2001.
- Асфандияров А.З. Аулы мензелинских башкир. Уфа: Китап, 2009.
- Асылгаужин. Р.Р. Сколько же западных башкир? // Перспективы развития башкирского народа: осмысление истории, сохранение традиций, модели национально-государственного строительства. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Уфа, 2015. С. 146–154.
- Богунев Ю.В., Мальцева О.В., Богунова А.А., Балановская Е.В. Нанайский род самар: структура генофонда по данным маркеров Y-хромосомы // Археология, этнография и антропология Евразии, 2015. Т. 43. № 2. С. 146–152.
- Волков В.Г., Каримов А.К. Происхождение и родственные связи башкир родов кудей, мурзалар и каратавлы по данным генетических исследований // История башкирских родов. Кудей, Мурзалар, Каратавлы. Т. 23. Уфа: Китап, 2017. С. 236–252.
- Жабагин М.К., Дибирова Х.Д., Фролова С.А. и др. Связь изменчивости Y-хромосомы и родовой структуры: генофонд степной аристократии и духовенства казахов // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология, 2014. № 1. С. 96–101.
- Жабагин М.К., Сабитов Ж.М., Агджоян А.А. и др. Генезис крупнейшей родоплеменной группы казахов – Аргынов – в контексте популяционной генетики // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология, 2016. № 4. С. 59–68.
- Иванов В.А., Злыгостев В.А. Это были башкиры... Уфа: Китап, 2017.
- История башкирских родов. Елан. Т. 9. Уфа, 2016.
- Кузеев Р.Г. Происхождение башкирского народа. Этнический состав, история расселения. М.: Наука, 1974.
- Мажитов Н.А., Султанова А.Н. История Башкортостана. Древность. Средневековье. Уфа: Китап, 2010.
- Миржанова С.Ф. Северо-западный диалект башкирского языка. Уфа: Китап, 2006.
- Схаляхо Р.А., Жабагин М.К., Юсупов Ю.М. и др. Генофонд туркмен Каракалпакстана в контексте популяций Центральной Азии (полиморфизм Y-хромосомы) // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология, 2016. № 3. С. 83–93.
- Харьков В.Н., Новикова Л.М., Лузина Ф.А. и др., Анализ генофонда и родоплеменной структуры шорцев по маркерам Y-хромосомы // Медицинская генетика, 2016. № 15 (5). С. 48–51.
- Шитова С.Н. Народная одежда башкир // Археология и этнография Башкирии. Т. III. Уфа, 1968.
- Юсупов Ю.М., Схаляхо Р.А., Агджоян А.Т. и др. Родовые объединения северо-восточных башкир в свете данных геногеографии (по полиморфизму Y-хромосомы) // Вестник Академии наук Республики Башкортостан, 2016. Т. 21. № 4 (84). С. 16–25.
- Юсупов Ю.М. История Башкортостана в XV–XVI вв. (социально-политический аспект). Уфа: Гилем, 2009.
- Abilev S., Malyarchuk B., Derenko M., Wozniak M., Grzybowski T., Zakharov I. The Y-Chromosome C3\*Star-Cluster Attributed to Genghis Khan's Descendants Is Present at High Frequency in the Kerey Clan from Kazakhstan // Hum. Biol., 2012. Vol. 84. N 1. P. 79–89. DOI: 10.3378/027.084.0106.
- Balanovsky O., Zhabagin M., Agdzhoyan A. Chukhryaeva M., Zaporozhchenko V., Utevska O., Highnam G., Sabitov Z., Greenspan E., Dibirova Kh., Skhalyakho R., Kuznetsova M., Koshel S., Yusupov Y., Nymadawa P., Zhumadilov Zh., Dybo A., Tyler-Smith Ch., Balanovska E. Deep phylogenetic analysis of haplogroup G1 provides estimates of SNP and STR mutation rates on the human Y chromosome and reveals migrations of Iranic speakers // PLoS One, 2015. N 7. Epub ahead of print. DOI:org/ 10.1371/journal.pone.0122968.
- Balanovsky O., Gurianov V., Zaporozhchenko V., Balagan-skaya O., Urasin V., Zhabagin M., Grugni V., Canada R., Al-Zahery N., Raveane A., Wen Sh.Q., Yan S.Y., Wang X.P., Zalloua P., Marafi A., Koshel S., Semino O., Tyler-Smith Ch., Balanovska E. Phylogeography of human Y-chromosome haplogroup Q3-L275 from an academic/citizen science collaboration // BMC Evol. Biol., 2017. Vol. 17. Suppl. 1. P. 18. DOI: 10.1186/s12862-016-0870-2.
- Barbieri C., Hübner A., Macholdt E., Ni S., Lippold S., Schröder R., Mpoloka S.W., Purps J., Roewer L., Stoneking M., Pakendorf B. Refining the Y chromosome phylogeny with southern African sequences // Hum. Genet., 2016. Vol. 135. N 5. P. 541–553. DOI: 10.1007/s00439-016-1651-0.
- Biro A.Z., Zalan A., Volgyi A., Pamjav H. A Y-chromosomal comparison of the Madjars (Kazakhstan) and the Magyars (Hungary) // Am. J. Phys. Anthropol., 2009. Vol. 139. N 3. P. 305–310. DOI: 10.1002/ajpa.20984.
- Chaix R., Austerlitz F., Khedgy T., Jacquesson S., Hammer M.F., Heyer E., Quintana-Murci L.I. The genetic or mythical ancestry of descent groups: lessons from the Y chromosome // Am. J. Hum. Genet., 2004. Vol. 75. N 6. P. 1113–1116. DOI: 10.1086/425938.
- Francaalacci P., Morelli L., Angius A., Berutti R., Reinier F., Atzeni R., Pili R., Busonero F., Maschio A., Zara I., Sanna D., Useli A., Urru M.F., Marcelli M., Cusano R., Oppo M., Zoledziewska M., Pitzalis M., Deidda F., Porcu E., Poddie F., Kang H.M., Lyons R., Tarrier B., Gresham J.B., Li B.,

- Tofanelli S., Alonso S., Dei M., Lai S., Mulas A., Whalen M.B., Uzau S., Jones C., Schlessinger D., Abecasis G.R., Sanna S., Sidore C., Cucca F. Low-pass DNA sequencing of 1200 Sardinians reconstructs European Y-chromosome phylogeny // *Science*, 2013. Vol. 341. N 6145. P. 565–569. DOI: 10.1126/science.1237947.
- Huang Y.Z., Pamjav H., Flegontov P., Stenzl V., Wen S.Q., Tong X.Z., Wang C.C., Wang L.X., Wei L.H., Gao J.Y., Jin L., Li H. Dispersals of the Siberian Y-chromosome haplogroup Q in Eurasia // *Mol. Genet. Genomics*. 2017. [Epub ahead of print]. DOI: 10.1007/s00438-017-1363-8.
- Illumde A.M., Reidla M., Chukhryaeva M., Jõrve M., Post H., Karmin M., Saag L., Agdzhoyan A., Kushniarevich A., Litvinov S., Ekomasova N., Tambets K., Metspalu E., Khusainova R., Yunusbayev B., Khusnutdinova E., Osipova L., Fedorova S., Utevska O., Koshel S., Balanovska E., Behar D.M., Balanovsky O., Kivisild T., Underhill P.A., Villems R., Rootsi S. Human Y chromosome haplogroup N: a non-trivial timeresolved phylogeography that cuts across language families // *Am. J. Hum. Genet.*, 2016. Vol. 99. N 1. P. 163–173. DOI: 10.1016/j.ajhg.2016.05.025.
- Karmin M., Saag L., Vicente M., Wilson Sayres M.A., Jõrve M., Talas U.G., Rootsi S., Illumde A.M., Mõgi R., Mitt M., Pagani L., Puurand T., Faltyskova Z., Clemente F., Cardona A., Metspalu E., Sahakyan H.O., Yunusbayev B., Hudjashov G., DeGiorgio M., Loogvõli E.L., Eichstaedt C., Eelmets M., Chaubey G., Tambets K., Litvinov S., Mormina M., Xue Y., Ayub Q., Zoraqi G., Korneliussen T.S., Akhatova F., Lachance J., Tishkoff S., Momyaliev K., Ricaut F.X., Kusuma P., Razafindrazaka H., Pierron D., Cox M.P., Sultana G.N., Willerslev R., Muller C., Westaway M., Lambert D., Skaro V., Kovaevic L., Turdikulova S., Dalimova D., Khusainova R., Trofimova N., Akhmetova V., Khidiyatova I., Lichman D.V., Isakova J., Pocheshkhova E., Sabitov Z., Barashkov N., Nymadawa P., Mihailov E., Seng J.W., Evseeva I., Migliano A.B., Abdullah S., Andriadze G., Primorac D., Atramentova L., Utevska O., Yepiskoposyan L., Marjanovic D., Kushniarevich A., Behar D.M., Gilissen C., Vissers L., Veltman J.A., Balanovska E., Derenko M., Malyarchuk B., Metspalu A., Fedorova S., Eriksson A., Manica A., Mendez F.L., Karafet T.M., Veeramah K.R., Bradman N., Hammer M.F., Osipova L., Balanovsky O., Khusnutdinova E., Johnsen K., Remm M., Thomas M.G., Tyler-Smith C., Underhill P.A., Willerslev E., Nielsen R., Metspalu M., Villems R., Kivisild T. A recent bottleneck of Y chromosome diversity coincides with a global change in culture // *Genome Res.*, 2015. Vol. 25. N 4. P. 459–466. DOI: 10.1101/gr.186684.114.
- Lippold S., Xu H., Ko A., Li M., Renaud G., Butthof A., Schroder R., Stoneking M. Human paternal and maternal demographic histories: insights from high-resolution Y chromosome and mtDNA sequences // *Investig. Genet.*, 2014. N 5. P. 13. DOI: 10.1186/2041-2223-5-13.
- Malyarchuk B., Derenko M., Denisova G., Khoyt S., WoYniak M., Grzybowski T., Zakharov I. Y-chromosome diversity in the Kalmyks at the ethnical and tribal levels // *J. Hum. Genet.*, 2013. Vol. 58. N 12. P. 804–811. DOI: 10.1038/jhg.2013.108.
- Poznik G.D., Henn B.M., Yee M.C., Sliwerska E., Euskirchen G.M., Lin A.A., Snyder M., Quintana-Murci L., Kidd J.M., Underhill P.A., Bustamante C.D. Sequencing Y chromosomes resolves discrepancy in time to common ancestor of males versus females // *Science*, 2013. Vol. 341. N 6145. P.562–565. DOI: 10.1126/science.1237619.
- Poznik G.D., Xue Y., Mendez F.L., Willems T.F., Massaia A., Wilson Sayres M.A., Ayub Q., McCarthy S.A., Narechania A., Kashin S., Chen Y., Banerjee R., Rodriguez-Flores J.L., Cerezo M., Shao H., Gymrek M., Malhotra A., Louzada S., Desalle R., Ritchie G.R., Cerveira E., Fitzgerald T.W., Garrison E., Marcketta A., Mittelman D., Romanovitch M., Zhang C., Zheng-Bradley X., Abecasis G.R., McCarroll S.A., Flicek P., Underhill P.A., Coin L., Zerbino D.R., Yang F., Lee C., Clarke L., Auton A., Erlich Y., Handsaker R.E. 1000 Genomes Project Consortium, Bustamante C.D., Tyler-Smith C. Punctuated bursts in human male demography inferred from 1,244 worldwide Y-chromosome sequences // *Nat. Genet.*, 2016. Vol. 48. N 6. P. 593–599. DOI: 10.1038/ng.3559.
- Rootsi S., Behar D.M., Jarve M., Lin A.A., Myres N.M., Passarelli B., Poznik G.D., Tzur S., Sahakyan H., Pathak A.K., Rosset S., Metspalu M., Grugni V., Semino O., Metspalu E., Bustamante C.D., Skorecki K., Villems R., Kivisild T., Underhill P.A. Phylogenetic applications of whole Y-chromosome sequences and the Near Eastern origin of Ashkenazi Levites // *Nat. Commun.*, 2013. Vol. 4. P. 2928. DOI: 10.1038/ncomms3928.
- Scozzari R., Massaia A., Trombetta B., Bellusci G., Myres N.M., Novelletto A., Cruciani F. An unbiased resource of novel SNP markers provides a new chronology for the human Y chromosome and reveals a deep phylogenetic structure in Africa // *Genome Res.*, 2014. Vol. 24. N 3. P. 535–544. DOI: 10.1101/gr.160788.113.
- Trombetta B., D'Atanasio E., Massaia A., Ippoliti M., Coppa A., Candilio F., Coia V., Russo G., Dugoujon J.-M., Moral P., Akar N., Sellitto D., Valesini G., Novelletto A., Scozzari R., Cruciani F. Phylogeographic refinement and large scale genotyping of human Y chromosome haplogroup E provide new insights into the dispersal of early pastoralists in the African continent // *Genome Biol. Evol.*, 2015. Vol. 7. N 7. P. 1940–1950. DOI: 10.1093/gbe/evv118.
- Wei W., Ayub Q., Chen Y., McCarthy S., Hou Y., Carbone I., Xue Y., Tyler-Smith C. A calibrated human Y-chromosomal phylogeny based on resequencing. *Genome Res.*, 2013. Vol. 23. P.388–395. DOI: 10.1101/gr.143198.112.
- Wei L.H., Huang Y.Z., Yan S., Wen S.Q., Wang L.X., Du P.X., Yao D.L., Li S.L., Yang Y.J., Jin L., Li H. Phylogeny of Y-chromosome haplogroup C3b-F1756, an important paternal lineage in Altaic-speaking populations // *J. Hum. Genet.*, 2017. [Epub ahead of print]. DOI: 10.1038/jhg.2017.60.
- Yan S., Wang C.C., Zheng H.X., Wang W., Qin Z.D., Wei L.H., Wang Y., Pan X.D., Fu W.Q., He Y.G., Xiong L.J., Jin W.F., Li S.L., An Y., Li H., Jin L. Y chromosomes of 40% Chinese descend from three Neolithic super-grandfathers // *PLoS ONE*, 2014. Vol. 9. N8:e105691. DOI: 10.1371/journal.pone.0105691.
- Zhabagin M., Balanovska E., Sabitov Z., Kuznetsova M., Agdzhoyan A., Balaganskaya O., Chukhryaeva M., Markina N., Romanov A., Skhalyakho R., Zaporozhchenko V., Saroyants L., Dalimova D., Davletchurin D., Turdikulova Sh., Yusupov Y., Tazhigulova I., Akilzhanova A., Tyler-Smith Ch., Balanovsky O. The Connection of the Genetic, Cultural and Geographic Landscapes of Transoxiana // *Sci. Rep.*, 2017. Vol. 7. N 1. P. 3085. DOI: 10.1038/s41598-017-03176-z.

## Контактная информация:

Балановская Елена Владимировна: e-mail: balanovska@mail.ru;  
 Юсупов Юлдаш Мухамматович: e-mail: ufa1980@yandex.ru;  
 Схальяхо Роза Арамбиевна: e-mail: shalyaho.roza@yandex.ru;  
 Степанов Глеб Дмитриевич: e-mail: gleb.stepanov@phystech.edu;

Асылгужин Рафиль Рафаатович: e-mail: asrafil@yandex.ru;  
Жабагин Максат Кизатович: e-mail: mzhabagin@gmail.com;  
Балаганская Ольга Алексеевна: e-mail: olga.vasinskaja@mail.ru;  
Султанова Гульфина Дамировна: e-mail: cska-anrb@yandex.ru;

Борисова Елена Борисовна: e-mail: 1161r@mail.ru;  
Дараган Денис Михайлович: e-mail: tanasquel@mail.ru;  
Балановский Олег Павлович: e-mail: balanovsky@inbox.ru.

## GENETIC PORTRAITS OF SEVEN CLANS OF NORTH-WESTERN BASHKIRS: CONTRIBUTION OF THE FINNO-UGRIC GENETIC COMPONENT TO THE BASHKIRIAN GENE POOL

E. Balanovska<sup>1</sup>, Y. Yusupov<sup>2</sup>, R. Shalyaho<sup>1,3</sup>, G. Stepanov<sup>1,3</sup>, R. Asilgужin<sup>2</sup>, M. Zhabagin<sup>4</sup>, O. Balaganskaya<sup>3</sup>, G. Sultanova<sup>2</sup>, E. Borisova<sup>3,5</sup>, D. Daragan<sup>1,3</sup>, O. Balanovsky<sup>3,1</sup>

<sup>1</sup>Research Centre for Medical Genetics, Moscow, Russia

<sup>2</sup>Institute of Strategic Studies of the Republic of Bashkortostan, Ufa, Russia

<sup>3</sup>The Vavilov Institute of General Genetics, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

<sup>4</sup>National Laboratory Astana, Nazarbayev University, Astana, Kazakhstan

<sup>5</sup>Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Seven clans of north-western Bashkirs (total sample size N=230) were analyzed by 49 Y-chromosomal SNPs and 17 STRs. These clans belong to the two ethnographic groups – nizhnebel'ska and northern – however, the genetic structure of the clans does not follow this ethnographic classification. Paternal pool of each clan carries a predominant haplogroup. In clan Girey haplogroup **I1-M253** predominates (frequency is 75%); this haplogroup is typical for Scandinavia but is also present in Finno-Ugric speakers along Volga river. Haplogroup **G1-M285** is frequent (60%) in clan Kangly, indicating its southern origin. Haplogroup **R1a** predominates in clan Unlar (100%) and clan Balyksy (77%), revealing their common origin with north-eastern Bashkirs whose paternal pool consists mainly of this haplogroup. The major haplogroup (44%) for clan Eney is **N3a2**, which is East Siberian branch of haplogroup **N3-M178**. **N3-M178** – though its another branch **N3a4** – is also frequent in clan Elan. The same branch comprises 90% of the gene pool of the clan Uran. This **N3a4** branch is common in western group of Finnic language subfamily, but its specific subbranch arose more than 4,000 years ago and is still present in the Ural region; thus, it might be part of the gene pool of Proto-Finno-Ugric population.

Two out of seven genetic portraits of Bashkir clans fit well into the ethnographic hypotheses of their origin. Two other genetic portraits does not contradict the corresponding ethnographic hypotheses, but the remaining three indicate the predominance of the genetic legacy of the assimilated Finno-Ugric speaking populations in present day Turkic speaking north-west Bashkirs. The genetic similarity between north-west Bashkirs and Finno-Ugric populations was revealed also by the multidimensional scaling analysis based on frequencies of all studied haplogroups.

Keywords: gene pool, north-west Bashkirs, Y-chromosome, haplogroup, population, ethnic groups, Finno-Ugric, South Ural

# АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БИЛАТЕРАЛЬНОЙ АСИММЕТРИИ ДЛИННЫХ КОСТЕЙ КОНЕЧНОСТЕЙ РАННЕСРЕДНЕВЕКОВОГО НАСЕЛЕНИЯ СЕВЕРНОЙ ОСЕТИИ (ПО МАТЕРИАЛАМ МОГИЛЬНИКА МАМИСОНДОН)

Н.Я. Березина

*МГУ имени М.В. Ломоносова, НИИ и Музей антропологии, Москва*

*В статье представлены результаты изучения асимметрии размеров посткраниального скелета раннесредневековой группы с территории Северной Осетии. Было изучено 83 половозрелых индивида обоого пола по классической остеометрической методике, вычислены коэффициенты асимметрии изученных размеров на правой и левой сторонах тела. Тенденции выраженности и направленности асимметрии проверены статистическими методами. Анализ полученных данных показал, что размеры длинных костей конечностей населения, оставившего могильник Мамисондон, обладают рядом достоверно направленных асимметричных признаков и группой признаков, достоверно асимметричных, но без выраженной направленности, т.е. обладающих флуктуирующей асимметрией. При внутрigrупповом сравнении направленной асимметрии между мужчинами и женщинами, выявлено меньшее количество признаков, обладающих направленной асимметрией в женской части серии. Зафиксированные изменения отражает функциональную и морфологическую природу асимметрии скелета.*

Ключевые слова: физическая антропология, остеометрия, асимметрия признаков посткраниального скелета, Северный Кавказ, Средневековье

## Введение

Исследования современных популяций показывают, что увеличение длины тела и скорости созревания индивидов можно идентифицировать не только как закономерный процесс адаптации к определенным климато-географическим условиям, но и в комплексе с другими морфофизиологическими показателями в качестве индикатора стресса в популяциях, переживших недавнюю миграцию. Подобные изменения были замечены у городского населения различных регионов в сравнении с сельскими жителями; а из недавних исторических миграций – у нескольких поколений переселенцев в Израиль по сравнению с аборигенными жителями Синайского полуострова и многих других популяций [Batsevich et al., 2013]. Методы, разработанные для определения адаптационного стресса, фиксируемого на основании ускоренного темпа старения и тенденции к увеличению длины тела, в большинстве случаев применимы к современным ныне живущим популяциям. Для палеопопуляций также существует комплекс признаков, фиксирующий стресс на костном материале [Бужилова, 1992, 1995].

Одним из возможных показателей стресса, по мнению некоторых ученых, является выраженная асимметрия размеров тела, связанная с тем, что

пластичные костные структуры в процессе роста и развития способны реагировать на внешние и внутренние воздействия на организм [Захаров, 1987; Palmer, 1994; Медникова, 1995; Тур, 2014]. Поэтому в процессе работы с остеометрическими данными раннесредневековой выборки Мамисондон было проведено изучение асимметрии измерительных признаков на левой и правой стороне скелета взрослых индивидов с целью оценки степени адаптации взрослого населения, оставившего могильник Мамисондон.

## Материалы и методы

Материал для исследования был получен в процессе работы Североосетинской экспедиции Института археологии РАН, возглавляемой З.Х. Албеговой. Могильник Мамисондон находился в Алагирском районе, Зарамагской котловине, в верховьях реки Ардон (Северная Осетия), на высоте 1678–1683 м над уровнем моря. Могильник был датирован археологами концом VII – началом IX века н.э. [Албегова, Верещинский-Бабайлов, 2010]. Отсутствие специфических черт в погребальном обряде и анализ инвентаря из могильника не дал возможность определить принадлежность погребенных

индивидов к какой-либо конкретной культурной общности, но очертил широкий круг возможных культурных связей населения, оставившего некрополь Мамисондон, с синхронными популяциями [Албегова, Верещинский-Бабайлов, 2010]. Антропологический материал могильника составил 185 разновозрастных индивидов обоего пола, которые были исследованы с помощью различных традиционных методик, принятых в современной науке. Серия взрослых костяков, пригодных для остеометрических исследований, включала 83 индивида обоего пола (52 мужских и 31 женский).

Измерения проводились стандартным набором инструментов, принятым в палеоантропологии: измерительным штативом, скользящим и толстотным циркулями, полотняной лентой. Были исследованы кости посткраниального скелета правой и левой сторон. Остеометрическое исследование проводилось по классической для отечественной антропологии программе: по методикам R. Martin [Martin, 1928] в обработке В.П. Алексеева [Алексеев, 1966].

Размеры в тексте даны в сокращенном формате: первая буква латинского названия кости плюс номер размера по Мартину. Например, размер «1. наибольшая длина плечевой кости» обозначен в тексте и таблицах статьи как **H1**.

Исследования проводились для плечевых (**H**), локтевых (**U**), лучевых (**R**), бедренных (**F**) и большеберцовых (**T**) костей.

Оценка асимметрии длинных костей скелета проводилась после оценки ошибки измерения. Для расчета ошибки метода было произведено контрольное измерение 10 костяков из общей серии. Все измерения, включенные в бланк, были проведены три раза с промежутком в несколько дней «вслепую» (то есть без сверки с предыдущими измерениями). Далее была рассчитана ошибка метода по формуле

$$ME = \sqrt{MS(\text{ошибка})},$$

где ME – ошибка метода, а MS – среднее арифметическое значение ошибки [Palmer, Strobeck, 1992]. Учитывалось условие, что разница между размерами правой и левой стороны должна превышать ошибку метода в два раза. Полученные результаты показали, что ошибка измерения составила 1 мм, Это значение в 2–10 раз меньше разницы между измерениями признаков правой и левой сторон. Полученные данные полностью удовлетворяют методике оценки асимметрии.

Существует несколько формул для вычисления значения асимметрии. Наиболее часто используемыми из них являются разность между измерениями левой и правой сторон признака (L-R); и ее усложненная вариация: разность измерений признака справа и слева, деленная на полусумму тех же изменений, умноженная на 100:

$$[(R-L)/(R+L)*0,5]*100.$$

В связи с тем, что в разных публикациях были использованы различные формулы, в данной работе асимметрия признаков была исследована по обоим формулам. Далее было проведено сравнение полученных результатов. В обоих случаях была выявлена асимметрия, тенденции ее выраженности и направленности, также совпадали. Поэтому в дальнейшем мы пользовались формулой (L-R).

Была изучена нормальность распределения асимметрии с применением пакета программ «Statistica 10». Результаты этой части анализа направляли ход дальнейшего исследования: применение параметрических или непараметрических методов. Существуют численные методы оценки соответствия изучаемого распределения признака нормальному. В пакете программы «Statistica 10» это критерии Колмогорова-Смирнова, Шапиро-Уилка, Лиллиефорса. Критерий Шапиро-Уилка применяется для выборок размером от 5 до 50 наблюдений и считается наиболее эффективным для проверки нормальности распределения случайных величин [Кобзарь, 2006], поэтому именно на него мы ориентировались при исследовании наших признаков. Далее был проведен анализ направленности асимметрии правой и левой сторон для остеометрических характеристик объединенной выборки Мамисондон. В соответствии с полученным выше результатом, было проведено два анализа: t-критерий Стьюдента для зависимых выборок для группы признаков с нормальным распределением и критерий Уилкоксона для признаков, показавших распределение, отличное от нормального. Была проведена оценка различий работы этих двух критериев. Для этого все исследуемые признаки были проанализированы по обоим критериям в полном объеме. Из сорока признаков различия по двум видам анализа были получены лишь для пяти, причем четыре из них – размеры бедренной кости. Для этих признаков критерии достоверности принимались с учетом нормальности распределения.

## Результаты

Симметрия свойственна как для неживой природы, так и для биологических объектов [Гиляров, 1944]. Отклонения от строгой симметрии, или асимметрию, подразделяют на флуктуирующую, направленную и антисимметрию [Захаров, 1987]. *Флуктуирующая* асимметрия проявляется при небольших, случайных и ненаправленных отклонениях от строгой билатеральной симметрии и является

результатом неспособности организмов развиваться согласно плану симметрии [Palmer, 1994]. Флуктуирующая асимметрия характеризуется нормальным распределением разницы L-R вокруг нуля. Флуктуирующую асимметрию часто используют для индикации стрессового фона в ботанике [Гуртяк, Углев, 2010; Рунова, Гнаткович, 2013], зоологии [Гиляров, 1944; Захаров, 1987; Гелашвили с соавт., 2004] и в антропологии [Townsend, 2006; Прудникова, 2012; Gawlojowska-Skora et al., 2013]. *Направленная* асимметрия отражает постоянное отклонение признака внутри вида к большому развитию на одной стороне тела, чем на другой. Направленно асимметричные признаки дают нормальное распределение L-R (правая сторона минус левая) разницы вокруг среднего значения. И третий тип – *антисимметрия* – характеризуется большим развитием структуры то на одной, то на другой стороне тела. Антисимметрия выражается кривой с бимодальным распределением разницы L-R вокруг нуля. В случае антисимметрии признак асимметричен и направленность различий между сторонами не имеет значения [Захаров, 1987; Гелашвили с соавт., 2004].

Остеометрические исследования были проведены автором и опубликованы ранее [Березина, 2016]. Для определения типа асимметрии на остеологическом материале по каждому признаку была получена величина значения асимметрии (L-R). Была изучена нормальность распределения этого показателя по критерию Шапиро-Уилка (табл. 1).

Статистический анализ нормальности распределения значений асимметрии остеометрических характеристик мужской части объединенной выборки Мамисондон разделил исследованные признаки на две группы: с распределением близким к нормальному (21 признак) и ту, где нулевая гипотеза об отсутствии отличий от нормальности должна быть отклонена и, следовательно, признаки не подчиняются нормальному распределению (19 признаков). В первую группу признаков с нормальным распределением значений асимметрии попала большая часть длиннотных размеров (кроме общей длины большеберцовой кости – T1), размеры эпифизов длинных костей (кроме ширины верхнего эпифиза большеберцовой кости – T3), включая окружности головок плечевой и бедренной костей, окружности диафизов плечевой, локтевой и бедренной костей, и некоторые поперечные размеры диафизов. Во вторую группу вошла большая часть поперечных и сагиттальных размеров диафизов, диаметры проксимальных эпифизов бедренной и плечевой костей, наименьшие окружности диафизов плечевой и большеберцовой костей, один длиннотный размер – T1 и один эпифизарный размер – T3.

Тот же анализ, проведенный для женской части (табл. 2) выборки показал сдвиг распределения нормальности признаков в сторону большего количества признаков с нормальным распределением: 26 против 14. Среди признаков с отклонениями от нормальной кривой нет ни одного длиннотного размера, половина размеров относится к диаметрам бедренной кости и размерам ее эпифизов.

Следующим шагом был анализ направленности асимметрии правой и левой сторон для остеометрических характеристик объединенной выборки Мамисондон. В соответствии с полученным выше результатом, было проведено два анализа: *t*-критерий Стьюдента для зависимых выборок для группы признаков с нормальным распределением (табл. 3, 4) и критерий Уилкоксона для признаков, показавших распределение отличное от нормального (табл. 5, 6). Мужские (табл. 3, 5) и женские (табл. 4, 6) серии рассматривались отдельно. Для мужской части выборки все остеометрические признаки для длинных костей рук больше с правой стороны, а для костей ног больше половины признаков сильнее выражено слева. Этот результат объясняется распространенной функциональной праворукостью, при которой правая нога также является ведущей и, как и верхние конечности, более точно скоординированной. Но, в отличие от костей рук, функциональная асимметрия которых усиливается морфологической асимметрией, функциональная асимметрия ног приводит к разделению функций на «скоординированную» и «опорную» конечности, при котором именно на опорную конечность приходится более высокая нагрузка и, соответственно, ее следствие – морфологическая асимметрия. Это явление подтверждается рядом исследований, проведенных для разных популяций человека [Властовский, 1960; Найнис, Анусявичене, 1984; Пежемский, 2003; Тур, 2014] и животных [Властовский, 1960].

Асимметрия оказалась достоверно направленной для половины исследуемых признаков у мужской группы. Это обе длины всех костей рук и длина бедренной кости в естественном положении, для костей рук правая сторона достоверно больше, для бедренной кости – левая, большеберцовая кость не демонстрирует направленной асимметрии. Окружности головок плечевой и бедренной костей, а также наименьшие окружности диафизов костей рук сильнее выражены справа. Наибольшие размеры дистального эпифиза бедренной кости и обоих эпифизов большеберцовой также асимметричны: эпифизы коленного сустава больше справа, а дистальный эпифиз большеберцовой – слева, также как и в исследованиях В.Г. Властовского [Властовский, 1960]. Как мы и ожидали,

Таблица 1. Статистический анализ нормальности распределения значений асимметрии билатеральных признаков остеометрических характеристик мужской части объединенной выборки Мамисондон

Признаки	Статистические критерии (L-R)				
	Колмогорова-Смирнова		Шапиро-Уилка		Лиллиефорса
	D (статистика Колмогорова- Смирнова)	p (вероятность ошибки)	W (статистика Шапиро- Уилка)	p (вероятность ошибки)	p (вероятность ошибки)
H1	0,115	>0,20	0,977	0,853	>0,20
H2	0,146	>0,20	0,962	0,536	>0,20
H10	0,214	<0,20	0,914	<b>0,043</b>	<b>&lt;0,01</b>
H9	0,231	>0,20	0,865	<b>0,012</b>	<b>&lt;0,05</b>
H3	0,151	<0,20	0,966	0,588	<0,20
H4	0,149	>0,20	0,940	0,101	<0,10
H5	0,198	<0,10	0,849	<b>0,000</b>	<b>&lt;0,01</b>
H6	0,234	<b>&lt;0,05</b>	0,926	<b>0,010</b>	<b>&lt;0,01</b>
H8	0,120	>0,20	0,973	0,830	>0,20
H7	0,196	<0,10	0,933	<b>0,015</b>	<b>&lt;0,01</b>
H7a	0,138	>0,20	0,961	0,167	<b>&lt;0,05</b>
U1	0,131	>0,20	0,926	0,132	>0,20
U2	0,119	>0,20	0,969	0,600	>0,20
U3	0,163	>0,20	0,949	0,102	<b>&lt;0,05</b>
R1	0,135	>0,20	0,978	0,824	<0,20
R2	0,121	>0,20	0,974	0,722	>0,20
R4	0,191	<0,15	0,948	0,078	<b>&lt;0,01</b>
R5	0,497	<b>&lt;0,01</b>	0,189	<b>0,000</b>	<b>&lt;0,01</b>
R3	0,191	<0,15	0,906	<b>0,004</b>	<b>&lt;0,01</b>
F1	0,118	>0,20	0,969	0,552	>0,20
F2	0,118	>0,20	0,978	0,760	>0,20
F18	0,227	<0,10	0,906	<b>0,008</b>	<b>&lt;0,01</b>
F19	0,317	<b>&lt;0,01</b>	0,855	<b>0,001</b>	<b>&lt;0,01</b>
F21	0,164	>0,20	0,951	0,307	<0,15
F6	0,409	<b>&lt;0,01</b>	0,302	<b>0,000</b>	<b>&lt;0,01</b>
F7	0,203	<b>&lt;0,05</b>	0,891	<b>0,000</b>	<b>&lt;0,01</b>
F9	0,212	<b>&lt;0,05</b>	0,865	<b>0,000</b>	<b>&lt;0,01</b>
F10	0,134	>0,20	0,948	<b>0,048</b>	<b>&lt;0,05</b>
F20	0,135	>0,20	0,963	0,366	<0,20
F8	0,126	>0,20	0,960	0,104	<0,10
T1	0,158	>0,20	0,889	<b>0,005</b>	<0,10
T1a	0,177	>0,20	0,943	0,098	<b>&lt;0,05</b>
T3	0,275	<b>&lt;0,05</b>	0,901	<b>0,017</b>	<b>&lt;0,01</b>
T6	0,133	>0,20	0,926	0,064	<0,20
T8	0,171	<0,15	0,952	<b>0,046</b>	<b>&lt;0,01</b>
T9	0,139	>0,20	0,937	<b>0,013</b>	<b>&lt;0,05</b>
T8a	0,125	>0,20	0,960	0,102	<0,10
T9a	0,126	>0,20	0,962	0,118	<0,10
T10	0,152	>0,20	0,921	<b>0,003</b>	<b>&lt;0,01</b>
T10b	0,143	>0,20	0,846	<b>0,000</b>	<b>&lt;0,05</b>

Примечания. Полужирным шрифтом выделены величины, для которых вероятность ошибки при отклонении нулевой гипотезы ( $p \leq 0,05$ ).

**Таблица 2** Статистический анализ нормальности распределения значений асимметрии билатеральных признаков остеометрических характеристик женской части объединенной выборки Мамисондон

Статистические критерии (L-R)					
Признаки	Колмогорова-Смирнова		Шапиро-Уилка		Лиллиефорса
	D (статистика Колмогорова- Смирнова)	p (вероятность ошибки)	W (статистика Шапиро- Уилка)	p (вероятность ошибки)	p (вероятность ошибки)
H1	0,171	>0,20	0,880	0,114	>0,20
H2	0,191	>0,20	0,901	0,138	<0,20
H10	0,211	>0,20	0,925	0,261	<0,10
H9	0,259	>0,20	0,825	<b>0,029</b>	<b>&lt;0,05</b>
H3	0,274	>0,20	0,858	<b>0,046</b>	<b>&lt;0,05</b>
H4	0,176	>0,20	0,949	0,507	>0,20
H5	0,217	<0,20	0,924	0,079	<b>&lt;0,01</b>
H6	0,198	>0,20	0,903	<b>0,029</b>	<b>&lt;0,05</b>
H8	0,174	>0,20	0,953	0,707	>0,20
H7	0,176	>0,20	0,930	0,123	<0,1
H7a	0,190	>0,20	0,945	0,226	<b>&lt;0,05</b>
U1	0,220	>0,20	0,887	0,087	<0,10
U2	0,265	>0,20	0,882	0,063	<b>&lt;0,01</b>
U3	0,217	>0,20	0,931	0,177	<b>&lt;0,05</b>
R1	0,189	>0,20	0,933	0,216	<0,10
R2	0,161	>0,20	0,927	0,151	>0,20
R4	0,264	<0,10	0,871	<b>0,005</b>	<b>&lt;0,01</b>
R5	0,330	<b>&lt;0,01</b>	0,827	<b>0,001</b>	<b>&lt;0,01</b>
R3	0,238	<0,15	0,879	<b>0,008</b>	<b>&lt;0,01</b>
F1	0,175	>0,20	0,948	0,418	<0,20
F2	0,193	>0,20	0,921	0,174	<0,15
F18	0,290	<b>&lt;0,05</b>	0,740	<b>0,000</b>	<b>&lt;0,01</b>
F19	0,235	<0,15	0,840	<b>0,002</b>	<b>&lt;0,01</b>
F21	0,270	>0,20	0,804	<b>0,011</b>	<b>&lt;0,05</b>
F6	0,235	<b>&lt;0,10</b>	0,887	<b>0,006</b>	<b>&lt;0,01</b>
F7	0,251	<b>&lt;0,05</b>	0,902	<b>0,015</b>	<b>&lt;0,01</b>
F9	0,179	>0,20	0,914	<b>0,033</b>	<b>&lt;0,05</b>
F10	0,217	<0,15	0,892	<b>0,011</b>	<b>&lt;0,01</b>
F20	0,199	>0,20	0,948	0,390	<0,10
F8	0,154	>0,20	0,955	0,288	<0,10
T1	0,144	>0,20	0,954	0,652	>0,20
T1a	0,280	<0,20	0,888	0,076	<b>&lt;0,01</b>
T6	0,186	>0,20	0,922	0,302	<0,20
T8	0,205	>0,20	0,921	0,060	<b>&lt;0,01</b>
T9	0,230	<0,15	0,924	0,062	<b>&lt;0,01</b>
T8a	0,142	>0,20	0,922	0,082	>0,20
T9a	0,352	<b>&lt;0,01</b>	0,771	<b>0,000</b>	<b>&lt;0,01</b>
T10	0,179	>0,20	0,947	0,250	<0,10
T10b	0,169	>0,20	0,963	0,501	<0,10

Примечания. Полу жирным шрифтом выделены величины, для которых вероятность ошибки при отклонении нулевой гипотезы ( $p$ )  $\leq 0,05$ .

**Таблица 3. Статистический анализ направленности асимметрии остеометрических характеристик с нормальным распределением для мужской части объединенной выборки Мамисондон (t-критерий Стьюдента для зависимых выборок)**

Пары признаков	Значение t-критерия (t-value)	Вероятность ошибки (p)
H1R & H1L	6,365	<b>0,0000</b>
H2R & H2L	4,170	<b>0,0004</b>
H3R & H3L	1,041	0,3091
H4R & H4L	1,070	0,2933
H8R & H8L	3,726	<b>0,0017</b>
H7aR & H7aL	8,165	<b>0,0000</b>
U1R & U1L	3,319	<b>0,0036</b>
U2R & U2L	3,001	<b>0,0060</b>
U3R & U3L	2,066	<b>0,0465</b>
R1R & R1L	2,776	<b>0,0101</b>
R2R & R2L	2,924	<b>0,0071</b>
R4R & R4L	2,324	<b>0,0253</b>
F1R & F1L	-1,707	0,0989
F2R & F2L	-2,281	<b>0,0301</b>
F21R & F21L	2,075	<b>0,0499</b>
F20R & F20L	2,108	<b>0,0437</b>
F8R & F8L	-0,351	0,7270
T1aR & T1aL	-0,451	0,6549
T6R & T6L	-3,447	<b>0,0020</b>
T8aR & T8aL	0,121	0,9040
T9aR & T9aL	0,916	0,3646

Примечания. Полужирным шрифтом выделены величины, для которых вероятность ошибки при отклонении нулевой гипотезы ( $p$ )  $\leq 0,05$ .

достоверно асимметричны поперечные размеры длинных костей (наибольшая ширина середины диафиза плечевой кости (H5), поперечный диаметр диафиза лучевой кости (R4), верхняя ширина диафиза бедренной кости (F9)), причем размеры рук больше справа, а бедренной кости – слева.

В женской части выборки всего 14 признаков из 40 оказались направлены асимметричными, причем, в отличие от мужской группы, длиннотные размеры костей ног и верхних конечностей оказались достоверно больше справа. Левосторонне направленных признаков всего 3, все они

**Таблица 4. Статистический анализ направленности асимметрии остеометрических характеристик с нормальным распределением для женской части объединенной выборки Мамисондон (t-критерий Стьюдента для зависимых выборок)**

Пары признаков	Значение t-критерия (t-value)	Вероятность ошибки (p)
H1R & H1L	3,49	<b>0,006</b>
H2R & H2L	4,00	<b>0,002</b>
H10R & H10L	0,49	0,635
H4R & H4L	0,00	1,000
H5R & H5L	2,26	<b>0,034</b>
H8R & H8L	1,10	0,301
H7R & H7L	1,07	0,296
H7aR & H7aL	2,09	<b>0,049</b>
U1R & U1L	2,62	<b>0,021</b>
U2R & U2L	2,50	<b>0,026</b>
U3R & U3L	2,05	0,055
R1R & R1L	3,24	<b>0,005</b>
R2R & R2L	3,71	<b>0,002</b>
F1R & F1L	2,65	<b>0,018</b>
F2R & F2L	1,66	0,118
F20R & F20L	2,40	<b>0,028</b>
F8R & F8L	-0,17	0,868
T1R & T1L	1,91	0,080
T1aR & T1aL	0,25	0,806
T3R & T3L	-1,03	0,326
T6R & T6L	-2,88	<b>0,015</b>
T8R & T8L	0,47	0,642
T9R & T9L	0,63	0,536
T8aR & T8aL	0,06	0,951
T10R & T10L	1,68	0,107
T10bR & T10bL	1,53	0,139

Примечания. Полужирным шрифтом выделены величины, для которых вероятность ошибки при отклонении нулевой гипотезы ( $p$ )  $\leq 0,05$ .

относятся к нижним конечностям, что совпадает с выявленной у мужчин тенденцией. Достоверно левосторонними оказались оба поперечных диаметра диафиза бедренных костей (F7, F9), что фиксируется не только в исследуемой группе, но и в женских выборках скотоводческих популяций

**Таблица 5. Статистический анализ направленности асимметрии остеометрических характеристик с ненормальным распределением для мужской части объединенной выборки Мамисондон (критерий Уилкоксона)**

Пары признаков	Число сравниваемых пар	Статистические показатели		
		T (значение критерия)	Z (статистика критерия)	P (вероятность ошибки)
H10R & H10L	17	12,0	3,05	<b>0,00</b>
H9R & H9L	12	20,0	1,49	0,14
H5R & H5L	31	48,0	3,92	<b>0,00</b>
H6R & H6L	24	105,5	1,27	0,20
H7R & H7L	41	177,0	3,28	<b>0,00</b>
R5R & R5L	26	145,0	0,77	0,44
R3R & R3L	24	56,0	2,69	<b>0,01</b>
F18R & F18L	21	115,0	0,02	0,99
F19R & F19L	15	25,5	1,96	0,05
F6R & F6L	32	190,5	1,37	0,17
F7R & F7L	28	120,0	1,89	0,06
F9R & F9L	32	134,5	2,42	<b>0,02</b>
F10R & F10L	35	311,5	0,06	0,95
T1R & T1L	26	114,5	1,55	0,12
T3R & T3L	23	41,0	2,95	<b>0,00</b>
T8R & T8L	34	239,0	1,00	0,32
T9R & T9L	35	282,5	0,53	0,59
T10R & T10L	40	377,5	0,44	0,66
T10bR & T10bL	35	285,5	0,48	0,63

Примечания. Полу жирным шрифтом выделены величины, для которых вероятность ошибки при отклонении нулевой гипотезы ( $p \leq 0,05$ ).

эпохи средней бронзы и скифского времени с территории Алтая [Тур, 2014], и ширина нижнего эпифиза большеберцовой кости (Т6). Правосторонней асимметрией, как и в мужской выборке, обладают длины костей рук, а также наибольшая длина бедренной кости, которая у мужчин продемонстрировала большую симметрию. В женской выборке длины большеберцовых костей, как и в мужской, остаются «нейтральными». Правосторонней асимметрией также характеризуются диаметры диафизов плечевых и бедренных костей (H5 и F6), что также совпадает с исследованиями С.С. Тур [Тур, 2014], а также окружность середины диафиза плечевой кости.

Те признаки, направленность асимметрии которых оказалась недостоверна по статистическим анализам, также асимметричны, но их асимметрия колеблется в пределах нулевых значений, при

этом график распределения признака нормальный и унимодальный, следовательно, это скорее флуктуирующая асимметрия. Большинство этих признаков (15 из 20 у мужчин) относятся к костям нижних конечностей: это наибольшая длина бедренной и обе длины большеберцовой, а также периметры и окружности обеих костей ног. Из размеров костей верхних конечностей асимметричными без выраженной направленности оказались размеры обоих эпифизов плечевой кости, наименьшая ширина середины диафиза плечевой кости и сагиттальный диаметр диафиза лучевых костей.

У женщин, по сравнению с мужчинами, имеется большее число признаков (26), которые не демонстрируют направленной асимметрии: из них 11 признаков относятся к костям верхних конечностей и 15 – к нижним.

**Таблица 6. Статистический анализ направленности асимметрии остеометрических характеристик с ненормальным распределением для женской части объединенной выборки Мамисондон (критерий Уилкоксона)**

Пары признаков	Число сравниваемых пар	Статистические показатели		
		T (значение критерия)	Z (статистика критерия)	P (вероятность ошибки)
H3R& H3L	7	3,5	1,77	0,076
H6R& H6L	15	29,0	1,76	0,078
H9R& H9L	9	18,0	0,53	0,594
R4R& R4L	13	32,5	0,91	0,364
R5R& R5L	10	15,0	1,27	0,203
R3R& R3L	18	46,5	1,70	0,089
F18R& F18L	13	42,0	0,24	0,807
F19R& F19L	14	48,0	0,28	0,778
F21R& F21L	7	4,0	1,69	0,091
F6R& F6L	17	32,5	2,08	<b>0,037</b>
F7R& F7L	19	32,5	2,52	<b>0,012</b>
F9R& F9L	19	39,0	2,25	<b>0,024</b>
F10R& F10L	16	46,5	1,11	0,266
T9aR& T9aL	8	8,5	1,33	0,183

Примечания. Полужирным шрифтом выделены величины, для которых вероятность ошибки при отклонении нулевой гипотезы ( $p \leq 0,05$ ).

## Обсуждение

Интерпретация полученных результатов затруднительна в связи с тем, что асимметрию в популяциях человека изучают в основном на размерах лица и зубов [Woolf, Gianas, 1977; Townsend, 1981; Брагина, Доброхотова, 1988; DeLeon, Richtsmeier, 2009; Thomas et al., 2015]. По остеометрическим данным подобные работы единичны. Тем не менее, сравнивая полученные нами результаты с имеющимися литературными данными, можно отметить следующие общие тенденции, выделенные всеми авторами.

Фиксируется направленная асимметрия для многих размеров костей конечностей, левосторонней асимметрии на костях рук практически не наблюдается, а для костей ног левосторонняя асимметрия чаще обнаруживается у мужчин, чем у женщин. Опираясь на то, что аналогичные измерения были проведены для коллекций костей куниц и лисиц [Властовский, 1960], можно предположить, что правосторонняя асимметрия костей рук не является только лишь следствием преимущественной праворукости населения, а вызвана какими-то

общими для млекопитающих процессами. Вероятно, праворукость усиливает правостороннюю асимметрию, но не является ее первопричиной, а это означает, что нужно с осторожностью подходить к интерпретации полученных данных, и, выделяя функциональную асимметрию как следствие преимущественного использования одной стороны тела, не забывать про морфологическую асимметрию, которая, по-видимому, является общей для млекопитающих. Еще одной общей тенденцией для работ с человеческими костями является наличие асимметрии размеров эпифизов длинных костей ног: эпифизы коленного сустава больше справа, что выявлено нами для мужской части выборки и наши результаты совпадают с исследованиями В.Г. Властовского [Властовский, 1960], Д.В. Пежемского [Пежемский, 2003] и С.С. Тур [Тур, 2014]. Дистальный эпифиз большеберцовой кости левосторонне асимметричен для обоих полов в группе Мамисондон, а также у других, исследованных по этому признаку человеческих популяций.

Не все, описанные нами, результаты идентичны в исследованиях разных авторов. Например,

ширина дистального эпифиза плечевой кости и ее поперечные диаметры в наших исследованиях и в работе Д.В. Пежемского [Пежемский, 2003] оказались флуктуирующе асимметричными, но в работе В.Г. Властовского [Властовский, 1960] эти размеры правосторонне асимметричны. Длины большеберцовых костей не проявляют направленной асимметрии во всех исследованиях, кроме серий, исследованных С.С. Тур [Тур, 2014]. Это свидетельствует о необходимости дальнейших исследований темы асимметрии в популяциях человека.

### Заключение

Изучив асимметрию размеров длинных костей взрослой части выборки Мамисондон, мы обнаружили, что остеометрические размеры можно подразделить на два типа. Первый вариант характеризуется направленной асимметрией, подчиняющейся общебиологическим закономерностям. Большой частью, это длиннотные размеры костей конечностей и некоторые поперечные величины. Проследивается направленная правосторонняя асимметрия для костей рук и левосторонняя – для костей ног, особенно выраженная в мужской группе. Второй вариант – флуктуирующая асимметрия. В этом случае наличие асимметрии признака подтверждается статистическими методами, но параметры не имеют выраженной направленности, при этом она отражает случайную изменчивость нормы реакции и характеризуется нормальным распределением разницы L-R вокруг нуля.

При сравнении наличия асимметрии в мужской и женской выборках серии Мамисондон, можно сказать, что женские костяки отличаются меньшим количеством остеологических признаков, имеющих направленную асимметрию. Это может быть связано как с равномерной физической нагрузкой для женщин изученной группы, так как функциональная асимметрия, при которой нагрузки ложатся симметрично на обе конечности, может маскировать морфологическую асимметрию, но и объясняться небольшой численностью выборки. Подобные особенности требуют дальнейшего изучения.

### Библиография

Албегова З.Х., Верецинский-Бабайлов Л.И. Раннесредневековый могильник Мамисондон. Результаты археологических исследований 2007–2008 гг. в зоне строительства водохранилищ. М.: Таус, 2010. (Серия: Материалы охранных археологических исследований.)

Алексеев В.П. Остеометрия: методика антропологических исследований. М., 1966.

Березина Н.Я. Особенности посткраниального скелета раннесредневекового населения Северной Осетии по материалам могильника Мамисондон // Известия Института антропологии МГУ (Электронное издание). Вып. 1. М., 2016. С. 134–146.

Брагина Н.Н., Доброхотова Т.А. Функциональные асимметрии человека. М.: Медицина, 1988.

Бужилова А.П. Изучение физиологического стресса у древнего населения по данным палеопатологии // Экологические аспекты палеоантропологических и археологических реконструкций / Под ред. В.П. Алексеева, В.Н. Федосовой. М.: ИА РАН, 1992. С. 78–104.

Бужилова А.П. Древнее население: палеопатологические аспекты исследования. М.: ИА РАН, 1995.

Властовский В.Г. Об асимметрии скелета конечностей человека // Вопросы антропологии, 1960. Вып. 3. С. 3–11.

Гелашвили Д.Б., Якимов В.Н., Логинов В.В., Епланова Г.В. Статистический анализ флуктуирующей асимметрии билатеральных признаков разноцветной ящурки *Egeias arguta* // Актуальные проблемы герпетологии и токсикологии: Сборник научных трудов. Вып. 7. Тольятти, 2004. С. 45–59.

Гилляров М.С. О функциональном значении симметрии организмов // Зоологический журнал, 1944. Т. 23. № 5. С. 213–215.

Гуртяк А.А., Углев В.В. Оценка состояния среды городской территории с использованием березы повислой в качестве биоиндикатора // Известия Томского политехнического университета. Науки о Земле, 2010. Т. 317. № 1. С. 200–204.

Захаров В.М. Асимметрия животных. М.: Наука, 1987. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика: для инженеров и научных работников. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006.

Медникова М.Б. Древние скотоводы Южной Сибири: Палеоэкологическая реконструкция по данным палеопатологии. М.: ИА РАН, 1995. С. 216.

Найнис И.В.И., Анусявичене О.-В.В. Некоторые анатомо-антропологические особенности костей предплечья // Архив анатомии, гистологии и эмбриологии, 1984. Т. LXXXVI. № 3.

Пежемский Д.В. Остеологическая характеристика калусских ногайцев (морфология длинных костей скелета) // Материалы по изучению историко-культурного наследия Северного Кавказа. М., 2003. Т. 4. С. 83–92.

Прудникова А.С. Исследование флуктуирующей асимметрии билатеральных признаков в антропологии: методические аспекты. Дисс. ... канд. биол. наук., М.: МГУ, 2012.

Рунова Е.М., Гнаткович П.С. Экологическая оценка рекреационных зон города Братска методом флуктуирующей асимметрии березы повислой // Фундаментальные исследования, 2013. №.11. Ч. 2. С. 223–227.

Тур С.С. Билатеральная асимметрия длинных костей конечностей у скотоводов Алтая эпохи бронзы и раннего железного века // Археология, этнография и антропология Евразии, 2014. № 3 (59). С. 141–156.

Batsevich V.A., Yasina O.V., Kobylansky E.D. Age-related skeletal changes in adult populations under various social and geographical conditions: An anthropo-ecological study

- // *Archaeology, Ethnology and Anthropology of Eurasia*, 2013. Vol. 41. N 4. P. 146–154.
- DeLeon V.B., Richtsmeier J.T.* Fluctuating asymmetry and developmental instability in sagittal craniosynostosis // *Cleft Palate—Craniofacial Journal*, 2009 Vol. 46(2). P. 187–196.
- Gawlojowska-Skora A., Dabrowski P., Szczurowski J., Stanowski T.* Analysis of interaction between nutritional and developmental instability in mediaeval population in Wroclaw // *Anthropological Review*, 2013. Vol. 76(1). P. 51–62.
- Martin R.* *Lehrbuch der Anthropologie in systematischer Darstellung*. Jena, 1928. Bd. II.
- Palmer A.R.* Fluctuating asymmetry analyses: A primer // *Developmental Instability: Its Origins and Evolutionary Implications* / (T. Markow, ed. Kluwer: Dordrecht. 1994. P. 335–364.
- Palmer A.R., Strobeck C.* Fluctuating asymmetry as a measure of developmental stability: implications of non-normal distributions and power of statistical tests // *Acta Zoologica Fennica*, 1992. Vol.191. P. 57–72.
- Townsend G.C.* Fluctuating asymmetry in the deciduous dentition of Australian aboriginals // *Journal of Dental Research*, 1981. Vol. 60. P. 1849–1857.
- Thomas F., Doyon J., Elguero E., Dujardin J-P., Brodeur J., Roucher C., Robert V., Misse, Raymond D.M., Trape J-F.* Plasmodium infections and fluctuating asymmetry among children and teenagers from Senegal // *Infection, Genetics and Evolution*, 2015. Vol. 32. P. 97–101.
- Townsend G.* Genetic and environmental influences on dentofacial structures and oral health studies of Australian twins and their families // *Twin Research and Human Genetics*, 2006. Vol. 9.N 6. P. 727–732.
- Woolf C.M., Gianas A.D.* A study of fluctuating dermatoglyphic asymmetry in the sibs and the parents of cleft lip proposition // *Am. J. Hum. Genet.*, 1977. Vol. 29. P. 503–507.

Контактная информация:

Березина Наталья Яковлевна: e-mail: berezina.natalia@gmail.com.

## ANALYSIS OF THE INDICATORS OF THE BILATERAL ASYMMETRY OF LONG BONES OF THE EXTREMITIES IN THE EARLY MEDIEVAL POPULATION OF NORTH OSSETIA (BASED ON DATA FROM MAMISONDON CEMETERY)

N.Ya. Berezina

*Lomonosov Moscow State University, Institute and Museum of Anthropology, Moscow*

*This article describes morphological features of the postcranial skeleton of an Early Medieval group from the territory of North Ossetia. 83 individuals of both sexes were studied using classical methods of osteometry. The coefficient of asymmetry in sizes on the right and left sides of the body was calculated. Trends in the severity and direction of the asymmetry is proven by statistical methods. Analysis of the data showed that the studied group possesses some features: there are group of sizes of the long bones of the extremities which shows a number of significantly asymmetric directional characteristics, and group of sizes, which are significantly asymmetric, but without obvious direction, i.e. having a fluctuating asymmetry. Comparison of directional asymmetry between men and women in intra-group analysis identified the least number of features with directional asymmetry in the female part of the series. The recorded changes reflect the functional and morphological nature of the asymmetry of the skeleton.*

**Keywords:** *physical anthropology, adaptation, osteometry, asymmetry of morphological features of the postcranial skeleton, North Caucasus, Middle Ages*

## К ВОПРОСУ О ФИЗИЧЕСКОМ ТИПЕ ЭТРУСКОВ. ЧАСТЬ 1. ОПИСАТЕЛЬНЫЕ ПРИЗНАКИ ЛИЦА ПО МАТЕРИАЛАМ ЭТРУССКОЙ ЖИВОПИСИ

Л.Ю. Шпак

*МГУ имени М.В. Ломоносова, НИИ и Музей антропологии, Москва*

Огромное количество реалистических изображений человека осталось от художественного наследия античности, в том числе от этрусков (Центральная Италия, Тоскана, VIII–II вв. до н. э.). Реалистические индивидуальные изображения человека представлены в этрусской погребальной и вотивной скульптуре и коропластике. Данная работа посвящена изучению возможностей этрусских живописных изображений (фрески 30 гробниц) для антропологического описания внешности и характеристики физического типа. Диапазон датировок живописных изображений относится к VI–II вв. до н. э. Всего исследовано 142 мужских и 49 женских изображений. Для описания морфологических особенностей лица применялась система балловых оценок развития признака [Перевозчиков с соавт., 2012], адаптированная для данной выборки. По полученным результатам рассчитаны частоты встречаемости (в процентах) наблюдаемых вариаций признаков. Описательная программа включала определение ограниченного числа признаков в силу качества и специфики изображения. В большинстве случаев лица на фресках изображены в профильной норме, что позволило произвести описание по стандартной методике только шести морфологических признаков лица: профиль спинки носа, профиль верхней губы, высота переносья, высота верхней губы, высота и форма подбородка. Насколько морфология лиц, отображенная на фресках, соотносится с возможным разнообразием группы, можно будет судить при сравнении со скульптурными портретами этрусков. Изображение цвета кожи и волос никак не связано с сюжетной ролью, но связано с полом изображенного индивида: женщины на фресках изображались преимущественно с очень светлой кожей и нередко со светлыми или рыжими волосами, мужчины – с кожей коричневых оттенков. К особенностям изображения пигментации на фресках (цвет кожи, цвет волос), возможно, стоит присмотреться, поскольку других изобразительных свидетельств о пигментации этрусков не имеется, и они, несмотря на канон, действительно могут отражать особенности распределения разных вариантов в группе.

Обобщение увиденного в этрусской погребальной живописи с точки зрения антропологии говорит о том, что перед нами представлена группа с выраженными внутригрупповыми различиями по цвету кожи и волос, преимущественно волнистой формой волос, с сильным развитием бороды у мужчин, с преимущественно прямой спинкой носа, со средним или высоким переносьем, носом среднего или большого размера. Вопрос о том, в какой мере живописные погребальные изображения этрусков отражают действительное распределение антропологических признаков в данной группе, требует дальнейшего рассмотрения и дискуссии.

Ключевые слова: антропология, этруски, древние изображения человека, античный портрет, этрусская живопись, антропология этрусков

## Введение

Использование изобразительных источников для характеристики антропологических особенностей древнего населения иногда применялось антропологами, однако этот опыт носил индивидуально-типологический характер. Тем не менее, это давало значительное дополнение, поскольку в отношении некоторых древних народов изображения являются порой единственным источником представления о возможном антропологическом типе. Чтобы говорить о популяционном подходе в изучении изменчивости антропологических характеристик древних групп, нужно иметь на вооружении многочисленные художественные источники, приуроченные к определенному времени и территории. Древних реалистичных индивидуальных изображений человека сохранилось сравнительно мало, а сложности в атрибуции самих портретов (возраст памятника, регион происхождения и распространения, взаимовлияние культур) значительно усложняет сбор информации и делает популяционный подход к анализу данных трудновыполнимым, особенно, если учитывать тот факт, что вся изобразительная деятельность в древнем искусстве в отношении человеческой внешности испытывала на себе действие строгих изобразительных канонов, которые сильно влияли на воспроизведение портретности и отображение индивидуальности. Тем не менее, изучение древнего портрета с точки зрения его антропологической информативности позволяет говорить о большом потенциале использования реалистических изображений практически всех периодов античности Средиземноморского региона, среди которых встречаются индивидуальные портретные изображения. [Шпак, 2015]. Попыткой популяционного подхода к изучению антропологии древнего населения по живописным изобразительным источникам Римского Египта стало создание обобщенного портрета обитателей Фаюмского оазиса позднеантичного времени [Перевозчиков с соавт., 2012]. Также были рассмотрены возможности использования настенной римской живописи для определения цветности глаз античного населения Средиземноморья – проведено сравнение римских фресок и фаюмских портретов [Шпак, 2016].

От этрусков сохранилось огромное количество реалистических изображений человека. Несмотря на более чем вековую историю научного изучения городов и некрополей Этрурии, история и культура этрусского этноса продолжает активно привлекать внимание большого количества ученых различных направлений. Активно дискутируемыми

остаются два основных вопроса – их происхождение и язык. В том, что это был действительно этнос, у ученых сомнения не вызывает (наличие названия, самоназвания, обозначенной территории). В науке сегодня рассматриваются две основные, известные с античности, версии – малоазийское и автохтонное происхождение этрусков [Маяк, 1988; Немировский, 1983; Stoddart, 2009].

В иконографии этрусского искусства человеческие изображения остались на зеркалах, в вазописи, живописи, бронзе, коропластике (анатомическая вотивная терракота, храмовый декор в виде человеческих изображений – антефиксы, протомы). Само изображение человека у этрусков возникло в связи с погребальным культом и развивалось в погребальной скульптуре и коропластике [Соколов, 2002]. Погребальная живопись этрусков является самой ранней живописью в Италии. Более поздняя римская живопись формировалась на основе этрусской традиции. В отличие от римлян, о живописи этрусков можно судить только по сохранившимся росписям их гробниц. Римский скульптурный портрет также имеет в своей основе этрусское наследие, связанное с погребальным и поминальным культом («маски предков») [Колпинский, Бритова, 1982].

Идея применения изображений этрусков и погребальной скульптуры, в частности, для описания внешности этрусков не нова. В 1950-х гг. предпринималась попытка проанализировать лица на саркофагах с целью применить изобразительные данные к изучению проблемы происхождения этрусков [Gerhardt, 1954]. В 1958 г. на международном симпозиуме, посвященном медицинской биологии и происхождению этрусков, обсуждалось возможное применение изобразительного наследия этрусков для решения задач о происхождении этноса [Neppi Modona, 1959]. В современной литературе мы не нашли примеров работ по описанию внешности этрусков на основе произведений искусства, за исключением целых блоков работ по типологизации вотивов в связи с определением региональной принадлежности их изготовления [Comella, 1981; Soederlind, 2002] или характерологическим описанием персонажей и трактовкой сюжетов фресок [Steingraber, 2006]. Встречается довольно много работ антиковедов, историков искусства и искусствоведов, работающих со скульптурными портретами в плане их атрибуции и типологических оценок, при этом употребляемая ими описательная лексика, заметно тяготеет к морфологическому анализу. Встретилась работа, где, в том числе, и на примере изображений, прослеживают связь гражданской идентичности тосканцев позднесредневекового времени

и раннего возрождения с этрусками [Shiple, 2013]. На сегодняшний день, в связи с новыми археологическими источниками, а также с изучением уже имеющихся материалов новейшими техническими методами, происходит периодическая переоценка античной традиции историографии в отношении генеза этрусков [Vernesi, Caramelli, 2004; Tassi et al., 2013]. Обзор статей в специализированном журнале (*Etruscan studies/Studi Etruschi*) по этрусологии за последние двадцать лет не дал нам никакой информации по применению этрусских изображений с целью их антропологического описания и привлечения их в обсуждение вопросов этногенеза. Для целей антропологического исследования, по нашему мнению, представляют наибольший интерес этрусские вотивные коропластики (вотивные терракотовые головы) и погребальная скульптура (саркофаги), поскольку они многочисленны и отличаются индивидуализацией. Но они не всегда имеют точные датировки и региональные привязки к местам находок, а их атрибуция даже в музейных собраниях нередко представляет собой немалую сложность [Smithers, 1993]. В погребальной живописи этрусских некрополей также имеется довольно много изображений людей. Среди них встречаются явно индивидуальные изображения, некоторые даже персонифицированные. Однако сами портреты выполнены в графической манере и не отличаются особой тщательностью проработки деталей. Но, несмотря на то, что в общей массе изображенные лица не индивидуальны, мы полагаем, что образы людей на фресках отражают и в определенной степени соотносятся с окружающим антропологическим разнообразием, запечатленным художником. В данной работе мы поставили задачу изучить этрусские погребальные живописные изображения с антропологической точки зрения и применить их для возможной оценки физического типа этрусков, в частности, морфологии мягких тканей лица, третичного волосяного покрова (борода и усы), волосяного покрова головы и пигментации.

### Материалы и методы

Основной источник информации, использованной нами в работе, представлен живописными изображениями из 30 гробниц некрополей этрусских городов Цере, Орвието, Кьюзи, Вульчи, Тарквинии. В зависимости от характера материала стен гробницы погребальная живопись могла отличаться разными техниками (сырая роспись, роспись по сухой основе) [Соколов, 2002]. Поскольку для

**Таблица 1. Материалы исследования и некоторые особенности изображения фигур**

Особенности изображения фигур		Мужчины (N=142)	Женщины (N=49)
Социальный статус (по сюжету)	Жрецы, аристократия	55	26
	Слуги, музыканты, воины, атлеты, танцоры	52	9
	Другое	35	14
Голова (положение)	Фас	1	0
	Профиль	138	48
	Три четверти	3	1
Тело (положение)	Фас	15	7
	Профиль	71	23
	Тело фас/ноги профиль	21	11
	Figura serpentinata; contrapposto	35	8

целей нашего исследования особенности живописной техники не имели принципиального значения, для удобства изложения материала мы одинаково употребляем далее по тексту в отношении живописных изображений термины и «фреска», и «роспись». Всего исследовано 142 мужских и 49 женских изображений (табл. 1).

База данных изображений собиралась из возможных доступных нам сетевых источников (коллекции музеев, депозиты изображений), а также из литературы с иллюстративным материалом. Диапазон датировок погребальной живописи – VI–II вв. до н. э. Для каждого индивида фиксировалась половая и социальная принадлежность согласно изобразительному сюжету. Детские изображения не рассматривались. Голова и лицо на фресках имеют преимущественно профильное положение. В изображении фигур нередко присутствует контрапост и figura serpentinata (табл. 1).

В работе использовался соматоскопический метод с индивидуальным описанием особенностей строения головы и тела изображенных на фресках индивидов. В данной статье приводятся только результаты описательного анализа изображений головы (лицо). Особенности изображения телосложения этрусков будут представлены позднее во второй части работы. Антропологическая программа включала описание морфологических признаков мягких тканей лица, формы волос на голове, степени развития бороды и пигментации.

Для описания морфологических особенностей лица применялась система балловых оценок развития признака [Перевозчиков с соавт., 2012], адаптированная для данной выборки. Поскольку

лица на фресках не отличаются тщательностью прорисовки деталей (лица изображены реалистично, но их художественная выразительность отличается довольно ограниченной трактовкой), мы были вынуждены ограничиться определением лишь некоторых признаков и внести соответствующие корректировки. Так, например, введены признаки: размер глаз (три градации) вместо ширины раскрытия глазной щели, размер носа (три градации) вместо ширины и длины носа.

Возможность применения балловых оценок морфологических признаков лица по стандартной методике у нас имелась, за редким исключением, только для профильной нормы (см. столбец «Голова (положение)», табл. 1). Описание пигментации также было ограничено в силу специфики изображенного и невозможности соотнесения с традиционными шкалами, для чего были также введены поправки. Для определения цвета волос введено пять вариаций (светлые, рыжие, коричневые, черные, седые); для цвета глаз – три варианта («светлые», «темные», абрис), для цвета кожи – три варианта (очень светлая, светло-коричневая, красно-коричневая). Определения степени роста бороды и формы волос на голове не представляло затруднений и выполнялось по стандартной методике.

По полученным данным были рассчитаны частоты встречаемости (в процентах) наблюдаемых вариаций признаков.

## Результаты и обсуждение

Распределение индивидов согласно сюжетной интерпретации на фресках (см. столбец «Социальный статус (по сюжету)», табл. 1) вряд ли соответствует реальному соотношению классов этрусского общества. Общественно-политическая система этрусков представляла собой конфедерацию городов государств. Господствующее положение в этруском обществе занимала военно-жреческая знать. Система рабовладения у этрусков и сама структура рабства, характер рабского труда и сферы его применения еще не в полной мере изучены специалистами и остаются дискуссионными [Ельницкий, 1964; Немировский, 1983; Неронова, 1989]. Известно, что у них существовали разные категории подневольного населения (не только рабы) с разной степенью зависимости, что было распространено в традиции общественно-политической системы античности [Ельницкий, 1964; Немировский, 1983]. Изображенные на фресках слуги, музыканты, артисты, атлеты могут, таким об-

разом, быть с равной вероятностью, как рабами, так и вольноотпущенниками или свободными людьми. Красочные росписи гробницы могли позволить себе только высшие слои общества, но в этих же некрополях присутствуют в большом количестве и довольно скромные, неискусные погребения, в которых практически отсутствует живопись. Разделение нашей выборки изображений на две группы в зависимости от сюжетной роли индивида на картине (элита и все остальные) и проверка различий в наблюдаемой изменчивости описательных признаков лица не дала значимых результатов, поэтому все данные в работе суммировались.

Результаты распределения наблюдаемых вариантов признаков у мужчин и женщин представлены в таблице 2. Варианты мужских и женских лиц в этрусской живописи представлены на рисунке 1.

*Третичный волосяной покров.* На фресках встречаются индивиды с изображением бороды. Изображения усов отмечаются гораздо реже и при этом всегда сопровождаются наличием бороды. Встречается прорисовка щетины. Борода характеризуется сильным и очень сильным развитием. Определение формы волос бороды было затруднительным.

*Пигментация.* Известно, что все греческие, римские и этрусская статуи раскрашивались. Существовала отдельная от ваяния специализация художников по раскрашиванию статуй. Традиция эта существовала до II в. н.э. [Чубова с соавт., 1986]. Этрусская погребальная живопись отличается богатством и яркостью красок, которое относится не только к декорированию общего пространства гробницы, но и к отображению самих фигур: колористическое внимание обращено и к одежде, и к деталям внешности изображенного. Этруски применяли пять основных красок, как в декорировании публичных храмовых архитектурных сооружений, так и в живописи [Соколов, 2002; Гаврилин, 2015]. В погребальной живописи использовались преимущественно теплые тона красок. Вопрос о том, насколько цветопередача художника в отношении пигментации и отображенной им на фресках морфологической изменчивости соотносится с реальным антропологическим разнообразием группы, возможна ли вообще подобная экстраполяция данных, требует дальнейшего рассмотрения. Тем не менее, для извлечения информации о внешности этрусков по полихромным фресковым изображениям мы воспользовались терминологией, аналогичной искусствоведческой при описании портрета: просто описывали то, что видели, а где это было возможно, привязывали наш морфологический «инструментарий».

**Таблица 2. Частота встречаемости описательных признаков внешности у мужчин и женщин (в процентах)**

Признаки и их развитие (баллы или словесное описание)		Мужчины (N=142)	Женщины (N=49)
Рост бороды	наличие	32,8	—
	отсутствие	67,2	—
	3 (средний)	2,4	—
	4 (сильный)	53,6	—
Форма волос	5 (очень сильные)	44,0	—
	1 (прямые)	4,2	3,6
	2 (широковолнистые)	10,4	21,4
	3 (волнистые)	54,2	25,0
Рост усов	4 (узковолнистые)	31,2	50,0
	наличие	16,5	—
Цвет волос	отсутствие	83,5	—
	«светлые»	5,7	14,3
	«рыжие»	1,6	23,8
	«коричневые»	32,8	21,4
	«чёрные»	55,0	40,5
Цвет глаз	«седые»	4,9	0
	«светлые»	19,3	15,4
	«тёмные»	11,4	5,1
Размер «глаз»	абрис	69,3	79,5
	«маленький»	1,0	0
	«средний»	82,3	72,4
Цвет кожи	«большой»	16,7	27,6
	очень светлая	0	84,8
	светло-коричневая	28,6	15,2
Высота переносья	красно-коричневая	71,4	0
	1 (низкое)	0	0
	2 (среднее)	46,3	48,3
Профиль спинки носа	3 (высокое)	53,7	51,7
	1 (вогнутый)	11,2	3,3
	2 (прямой)	84,3	90,0
	3 (выпуклый)	4,5	6,7
Размер носа	4 (извилистый)	0	0
	«маленький»	0	3,3
	«средний»	64,5	63,4
Профиль верхней губы	«большой»	35,5	33,3
	1 (прохейлия)	2,5	15,4
	2 (ортохейлия)	72,5	61,5
Высота верхней губы	3 (опистохейлия)	25,0	23,1
	1 (низкая)	50,0	78,9
	2 (средняя)	42,9	21,1
Форма подбородка	3 (высокая)	7,1	0
	1 (убегающий)	6,0	6,7
	2 (прямой)	86,0	86,6
Высота подбородка	3 (выступающий)	8,0	6,7
	1 (малая)	14,6	6,7
	2 (средняя)	79,2	83,3
	3 (большая)	6,2	10,0

Итак, цвет волос в выборке чаще темный (черный или коричневый). На одной и той же сюжетной картине могут быть изображены разные персонажи с разным цветом или оттенком волос. У мужчин встречаются случаи несовпадения цвета волос и бороды. Рыжие оттенки волос в группе также присутствуют, но у женщин они отмечаются чаще. У мужчин встречаются рыжие бороды. Седые волосы, как и случаи с изображением обширных залысин встретились только на мужских изображениях. Светлые оттенки волос также встречаются на изображениях, особенно у женщин, некоторые абсолютно «блондинистые», волосы изображены желтой или светло-желтой краской. У женщин со светлой кожей чаще изображаются светлые волосы. Этот факт можно соотнести с возможным каноном, но случаи с комбинацией данных признаков позволяют в этом усомниться. Заметное в численном соотношении наличие светлых и рыжих оттенков может трактоваться и как канон, и как реальное отражение разнообразия пигментации. Не исключается и косметическое окрашивание, как у женщин, так и у мужчин, поскольку имеются случаи сочетания светловолосости и узковолнистости у представителей обоих полов. Форма волос на голове и у мужчин, и у женщин преимущественно волнистая и узковолнистая, прямые варианты встречаются гораздо реже.

Цвет кожи у женщин на фресках в большинстве случаев изображался очень светлым, а у мужчин – красно-коричневым. Светло-коричневые оттенки есть и у женщин, и у мужчин, но светлые оттенки кожи у мужчин в нашей выборке отсутствуют. Подобные особенности различной цветопередачи при изображении пигментации мужчин и женщин описываются в литературе [Кун, 2011]. Случаи осветления пигментации для женских фигур, отображенные на минойских и египетских фресках, авторы трактуют как изобразительные свидетельства различий между домашним и уличным образом жизни средиземноморских мужчин и женщин. Таким образом, в этрусской живописи различная пигментация у мужчин и женщин может рассматриваться в качестве преимущественности историко-культурной изобразительной традиции или канона.

Рассуждать о возможном цвете глаз в группе по исследуемым живописным изображениям практически невозможно: иногда на фресках, как нам видится, художник явно использовал цветную краску, однако какую именно по фотографии не представляется возможным определить. Эти случаи мы фиксировали, как «светлые» или «темные» глаза. На изображениях глаз на фресках диск радужной оболочки заметно выделен, но складка

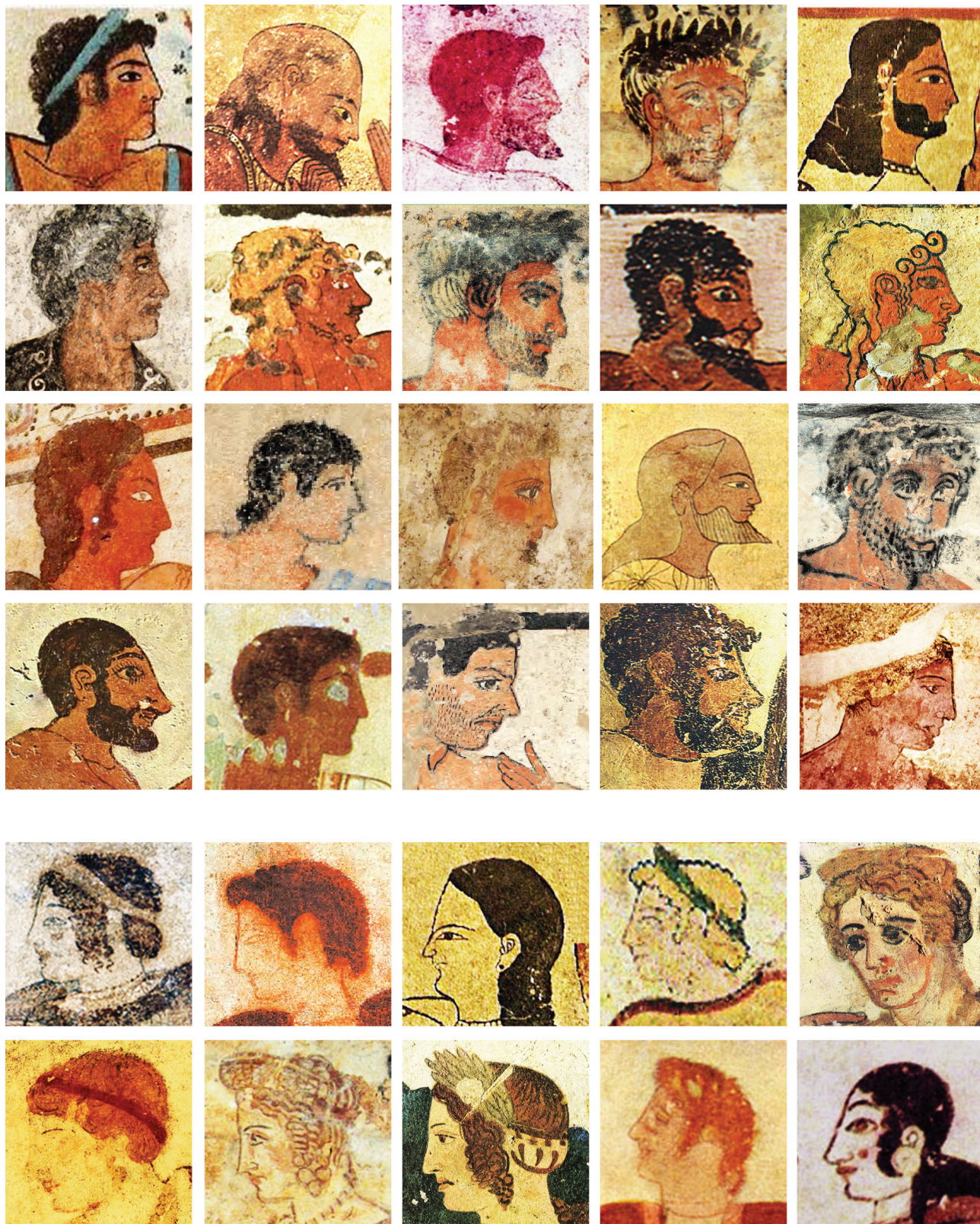


Рис. 1. Варианты мужских и женских лиц в этрусской живописи

века не прорисована. Чаще всего на фресках глаз обрисован просто контуром, как нередко и вся фигура индивида. Размер глаз изображался чаще среднего размера, но встречаются и варианты с очень широко раскрытой глазной щелью (если это сравнение корректно употребить). В целом, трактовка орбитальной части лица по живописным портретам представляется весьма условной, поскольку глаза в большинстве случаев исполнены абрисом, что позволяет описать только общую размерность глаза относительно пропорций лица.

Профильная норма изображений позволила по стандартной методике произвести описание только шести морфологических признаков лица: *профиль спинки носа, профиль верхней губы, высоту переносья, высоту верхней губы, высоту и форму подбородка* (табл. 2). Нос характеризуется средними и большими размерами, со средним или высоким переносьем, с преимущественно прямой спинкой у обоих полов. Важно отметить крайне малое число выпуклых спинок носа (в женской выборке их немного больше, чем в мужской) и отсутствие изображений лиц с низкой высотой переносья.

*Область губ* также как и глаза, не отличаются тщательностью прорисовки. Профиль верхней губы определяется преимущественно ортохейлией, реже – опистохейлией. Прохейлия чаще встречалась на женских лицах. Высота верхней губы средняя или низкая, низкая чаще встречается у женщин. У мужчин встречаются варианты с высокой верхней губой, у женщин в нашей выборке этого не отмечено. Все три формы и три градации высоты подбородка на фресках встречаются, но наиболее часто у обоих полов отмечается прямой средней высоты подбородок.

Таким образом, анализ описаний мужских и женских изображений на этрусских погребальных фресках и обобщение увиденного с точки зрения антропологии говорит о том, что изученная нами группа имеет выраженные внутригрупповые различия по цвету волос и кожи (канон?); характеризуется преимущественно волнистой формой волос и сильным развитием бороды у мужчин. В этой группе наиболее часто встречается прямая спинка носа, среднее или высокое переносье, среднего или большого размера нос. На основании просмотренных живописных изображений и расчета частот встречаемости вариаций признаков сложно делать выводы об антропологическом типе, но, безусловно, в данной группе присутствуют средиземноморские черты (прямой нос, высокое переносье, волнистость волос, смуглый цвет кожи). Однако это требует подтверждения и сопоставления со скульптурным портретом этрусков,

как, например, в отношении формы носа, так и в отношении формы волос, а также в отношении других признаков. Особенности изображения женщин с осветлением пигментации кожи (и волос), а также мужчин со светлыми волнистыми волосами требуют дальнейшего рассмотрения и размышлений в контексте историко-культурных влияний на художественные традиции в этруском изобразительном искусстве. Прорисовка отдельных характерных деталей внешности (щетина, изображение залысин, седина) на некоторых мужских живописных изображениях могут свидетельствовать о степени реалистичности и даже натуралистичности памятников материальной культуры этрусков. Подобное отношение этрусских художников к детализации в передаче действительности, эмоциональность и динамичность в передаче образов людей, отсутствие идеалистического обобщения, свойственного, напротив, греческой школе, неоднократно отмечалось искусствоведами [Лосева, Сидорова, 1988; Соколов, 2002].

## Заключение

Этрусские некрополи по-прежнему остаются наиболее богатым источником знаний не только о многих сторонах жизни этрусков, но и об их внешности, а огромное количество еще не открытых памятников вселяет надежду на пополнение антропологической информации. Особенности изображения человеческих фигур на погребальных фресках в этрусской изобразительной стилистике позволяют в очень ограниченном числе вариантов произвести определения антропологических признаков. Поскольку лица на фресках представлены преимущественно в профиль, мы имели возможность описать лишь ограниченное число признаков: профиль спинки носа, профиль верхней губы, высоту переносья, высоту верхней губы, высоту и форму подбородка. Однако насколько морфология лиц, отображенная на фресках, соотносится с возможным разнообразием группы, можно будет судить только при сравнении со скульптурным изображением этрусков. К особенностям изображения пигментации на фресках, возможно, стоит присмотреться, поскольку других изобразительных свидетельств о пигментации этрусков не имеется, и они, несмотря на канон, действительно могут отражать особенности распределения разных вариантов в группе.

Недостаточное мастерство (но при этом на изображениях имеются перспектива, контрапост и *figura serpentinata*), которое приписывалось

этруским художникам, сполна компенсируется передачей настроения, эмоций и гармонии природной неприукрашенной художником телесности изображенных им людей, радостью красок и, особенно, передачей динамики в изобразительной трактовке человеческих образов. Но вопрос о том, в какой мере эти изображения отражают действительное распределение антропологических признаков в данной группе, требует дальнейшего рассмотрения и дискуссии.

### Библиография

- Гаврилин К.Н.* Искусство раннего Рима и Южной Этрурии эпохи расцвета (VI–V вв. до н. э.) по материалам коропластики. М.: Прогресс-Традиция, 2015.
- Ельницкий Л.А.* Возникновение и развитие рабства в Риме в V–III веках до н. э. М., 1964.
- Колпинский Ю.Д., Бритова Н.Н.* Искусство этрусков и Древнего Рима. М.: Искусство, 1982.
- Кун К.С.* Расы Европы. М.: Астрель, 2011.
- Лосева Н.М., Сидорова Н.А.* Искусство Этрурии и Древней Италии. М.: Искусство, 1988.
- Маяк И.Л.* Племена и народности Италии // История Европы. М.: Наука, 1988. Т. 1. Древняя Европа. С. 173–182.
- Немировский А.И.* Этруски. От мифа к истории. М.: Наука, 1983.
- Неронова В.Д.* Этрусские города–государства в Италии // История древнего мира. Ранняя древность М.: Наука, Восточная литература, 1989. С. 369–381.
- Перевозчиков И.В., Шпак Л.Ю., Шимановская А.С.* К антропологии Фаюмского оазиса I–IV веков нашей эры // Вестник Московского университета. Серия XIII. Антропология, 2012. № 4. С. 127–133.
- Соколов Г.И.* Искусство этрусков. М.: Слово, 2002.
- Чубова А.П., Конькова Г.И., Давыдова Л.И.* Античные мастера. Скульпторы и живописцы. Л.: Искусство, 1986.
- Шпак Л.Ю.* Древние изображения человека: оценка информативности в контексте их применения в физической антропологии // Вестник Московского университета. Серия XIII. Антропология, 2015. № 4. С. 116–125.
- Шпак Л.Ю.* Цветность глаз по древним изображениям как источник информации об изменчивости цвета радужки // Актуальные вопросы антропологии. Минск: Беларуская навука, 2016. Т. 11. С. 102–109.
- Comella A.* Tipologia e diffusione dei complessi votive in Italia in epoca medio e tardo repubblicana: Contributo alla storia dell'artigianato antico // Melanges de l'Ecole francaise de Rome, 1981. Vol. 93. P. 717–803.
- Gerhardt K.* Bemerkungen zur Anthropologie der Etrusker // Homo, 1954. Vol. 5. N 2–4. P. 180–185.
- Neppi Modona A.* The scientists' contributions to Etruscology // CIBA foundation symposium. Medical Biology and Etruscan Origins. G.E.W. Wolstenholme, O'Conner C.M. London, 1959. P. 64–75.
- Shipley L.* Guelphs, Ghibellines and Etruscans: Archaeological Discoveries and Civic Identity in Late Medieval and Early Renaissance Tuscany // Bulletin of the History of Archaeology, 2013. Vol. 23. N 1–4. P. 1–9.
- Smithers S.* Images of Piety and Hope: Select Terracotta Votives from West-Central Italy // Studia Varia from the J. Paul Getty Museum, 1993. Vol. 1. P. 13–32.
- Soederlind M.* Late Etruscan votive heads from Tessennano: production, distribution, sociohistorical context. L'Erma Di Bretschneider, 2002. 434 p.
- Steingraber S.* Abundance of Life. Etruscan wall painting. Los Angeles: The J. Paul Getty Museum, 2006.
- Stoddart Simon K.F.* The Etruscans. Historical Dictionaries of Ancient Civilizations. The Scarecrow Press, Inc. Lanham, Maryland, 2009.
- Tassi F., Ghirotto S., Caramelli D., Barbujani G.* Genetic evidence does not support an etruscan origin in Anatolia // Am. J. Phys. Anthropol., 2013. Vol. 152. N 1. P. 11–18.
- Vernesi C., Caramelli D., Dupanloup I., Bertorelle G., Lari M., Cappellini E., Moggi-Cecchi J., Chiarelli B., Castry L., Casoli A., Mallegni F., Lalueza-Fox C., Barbujani G.* The Etruscans: A population Genetic Study // Am. J. Hum. Genet., 2004. Vol. 74. P. 694–704.

Контактная информация:

*Шпак Лариса Юрьевна:* e-mail: [larusparus@mail.ru](mailto:larusparus@mail.ru).

## ON THE PHYSICAL TYPE OF ETRUSCANS. PART 1. DESCRIPTIVE TRAITS OF APPEARANCE (FACE) ON THE MATERIALS OF ETRUSCAN PAINTING

L.Y. Shpak

*Lomonosov Moscow State University, Anuchin Research Institute and Museum of Anthropology,  
Moscow*

*A huge number of realistic human images remained from the artistic heritage of antiquity, including those from the Etruscans (Central Italy, Tuscany, VIII–II centuries BC). Realistic individual human images are portrayed in Etruscan funerary and votive sculpture and coroplastics. This work is aimed at studying the possibilities of providing anthropological description of appearance and characteristics of the physical type based on the Etruscan funerary wall paintings (frescoes from 30 tombs). The range of dating of wall paintings is between 6th and 2nd centuries BC. A total of 142 male and 49 female images were examined. In this study, Etruscan wall paintings were studied from an anthropological point of view for evaluation of the physical type of the Etruscans, in particular, the morphology of the facial soft tissues, the beard, mustache and head hair characteristics and pigmentation. To describe the morphological features of a person, a scoring system for the degree of a trait development was applied [Perevozchicov et al., 2012], adapted for this sample. The frequency of occurrence (in percent) of the observed variations was calculated. Due to the quality and specificity of the images, anthropological descriptive program included only limited number of features. In most cases, faces in frescoes are depicted in the profile, which allowed to describe only six morphological features of the face: the profile of the dorsum of the nose, the profile of the upper lip, the height of the nasal bridge, the height of the upper lip, the height and shape of the chin. How close the morphology of the face, depicted on the frescos, correlates with the morphological diversity of the group, will be possible to determine only by comparison with the sculptural (three-dimensional) reproduction of Etruscan faces. The image of the skin and hair color is not related to the plot, but is connected with the sex of a person depicted: women in frescoes were depicted mostly with very light skin and often with light or red hair, men - with a skin of brown shades. The image of pigmentation on frescos (skin color, hair color) should be carefully examined, since there is no evidence of Etruscan pigmentation, and despite the canon, they can indeed reflect the distribution of different variants in the group. The generalization of what has been seen in Etruscan funeral painting from the point of view of anthropology suggests that we are presented with a group with pronounced intra-group differences in skin color and hair, predominantly wavy not light hair, with strong beard development in men, with a predominantly straight nose of large sizes, with medium or high nasal bridge.*

*The extent to which these images reflect the actual distribution of anthropological traits in this group requires further consideration and discussion.*

*Keywords: anthropology, Etruscans, ancient human images, Etruscan wall painting, physical type of Etruscans, anthropology of Etruscans, antique portrait*

# МАТЕРИАЛЫ ЭКСПЕДИЦИИ Л.А. ЗАГОСКИНА (1842–1844 ГГ.) В ФОНДАХ МУЗЕЯ АНТРОПОЛОГИИ МГУ

Е.И. Балахонова

*МГУ имени М.В.Ломоносова, НИИ и Музей антропологии, Москва*

*Статья посвящена описанию коллекции по прибрежным и внутренним районам Аляски, хранящейся в фондах НИИ и Музея антропологии Московского университета имени М.В. Ломоносова. По времени сбора она относится к первой половине XIX века, когда эта территория принадлежала России и входила в состав Русской Америки. Она представляет собой этнографические материалы научной экспедиции морского офицера и исследователя Л.А. Загоскина (1808–1890), осуществленной в 1842–1844 годах. Приведены новые факты биографии Л.А. Загоскина, рассматривается предыстория экспедиции, первое антропологическое описание народов, живших по течению реки Юкон. Кроме того, рассмотрена история коллекции, и ее изучения от момента передачи для экспонирования на Этнографической выставке ОЛЕАЭ до настоящего времени. Подробно рассматривается состав коллекции и приводятся попредметные описания отдельных артефактов.*

Ключевые слова: *МГУ имени М.В. Ломоносова, антропология, музей, этнография, коллекции, история науки, Русская Америка*

Этнографический фонд НИИ и Музея антропологии МГУ имени М.В. Ломоносова располагает существенным собранием артефактов по Северной Америке, основная часть которых происходит с территории бывшей Русской Америки. Среди этого собрания есть коллекция, связанная с одним из выдающихся русских исследователей – Лаврентием Алексеевичем Загоскиным, совершившим в 1842–1844 годах научную экспедицию в практически неизученные районы Аляски, которая кроме многочисленных результатов в других науках, принесла первые данные по этнографии и антропологии коренного населения. Коллекция интересна еще и тем, что с самого начала связана с Обществом любителей естествознания, антропологии и этнографии – предтечей всех антропологических учреждений Московского университета – так как была предоставлена самим Л.А. Загоскиным для экспонирования на Этнографической выставке ОЛЕАЭ 1867 года. И, кроме того, предметы коллекции позволяют нам ознакомиться с особенностями культуры народов, на тот период еще не затронутых влиянием европейской цивилизации.

Коллекция поступила в Музей антропологии в 1939 году среди множества предметов, переданных в рамках расформирования Центрального музея народоведения – наследника Московского Публичного и Румянцевского музеев [Научный архив, 1939]. На тот момент коллекция существовала в составе группы предметов из бывшей Рус-

ской Америки. Она была выделена из общего массива старейшим хранителем Музея антропологии, этнографом-американистом Н.А. Смирновой. Большая часть предметов из нее была опубликована в переиздании «Путешествия и исследования лейтенанта Лаврентия Загоскина в Русской Америке» [Путешествия и исследования..., 1956].

## Некоторые факты биографии Л.А. Загоскина

Русский морской офицер Лаврентий Алексеевич Загоскин (илл. 1) остался в истории благодаря публикации «Пешеходной описи части русских владений в Америке» [Загоскин, 1847], содержащей материалы его экспедиции во внутренние районы Аляски в 1842–1844 годах, в том числе и первые материалы по этнографическому и антропологическому описанию коренного населения. За эти исследования в 1849 году он был удостоен Демидовской премии Академии наук<sup>1</sup>. Однако история Л.А. Загоскина – это история еще и о том, как военную карьеру блестящего молодого человека может

<sup>1</sup> Демидовская премия считалась самой престижной неправительственной наградой России. Учреждена П.Н. Демидовым в 1831 году и присуждалась на основании рекомендации Российской императорской Академии наук ежегодно до 1865 года. Премия составляла 5 000 рублей.



Илл. 1. Портрет Л.А. Загоскина. 1880-ые гг.  
[цит. по: Путешествия и исследования..., 1956,  
титულიная страница]

испортить небольшая ошибка, которую не смогли исправить даже существенные дальнейшие достижения.

Лаврентий Алексеевич Загоскин родился 2 июня (19 мая) 1808 года в селе Николаевка Пензенского района Пензенской области. Он происходил из семьи военных, и родился в имении, которое было подарено его предку, также Лаврентию Алексеевичу Загоскину Петром I в 1693 году. Загоскин воспитывался в частном пансионе и с ранних лет мечтал о службе на флоте. В 1822 г., в возрасте 14 лет, он был принят в Кронштадтский морской кадетский корпус<sup>2</sup>. После окончания курса Л.А. Загоскин получил чин мичмана и в 1827 г. согласно назначению прибыл в Астраханский порт. Следующие 7 лет он командовал небольшими судами, задачей которых был подвоз провианта действу-

<sup>2</sup> «Формулярный список о службе и достоинстве уволенного от службы из 15-го флотского экипажа капитан-лейтенанта Лаврентия Загоскина» [Рязанский Облгосархив. Ф. 98. Св. 360. Д. 31. Лл. 2–9. Цит. по: Л.А. Загоскин «Путешествия и исследования лейтенанта Лаврентия Загоскина в Русской Америке в 1842–1844 гг.].

ющим войскам Кавказского корпуса. Карьера Л.А. Загоскина складывалась очень успешно: он получал награды и поощрения [Федорова, 2011]. Но тут вмешалось провидение – досадная неосмотрительность испортила возможности продвижения по службе на всю оставшуюся жизнь.

В 1833 году Загоскин на корабле «Аракс» был послан, чтобы привести в Астрахань два бота, возвращавшиеся по Волге с реки Эмбы. Он встретил их, взял на буксир и довел до селения, где все суда остановились на ночевку. Офицеры ботов гостили в пассажирской каюте на «Араксе», затем они отправились на свои суда, а Загоскин пошел спать в каюту на корме. В 3 часа ночи на «Араксе» произошел пожар, пароход сгорел за 15 минут, но вся команда была спасена. Данное происшествие, причиной которого стала незагашенная свеча – сыграло роковую роль во всей дальнейшей судьбе Л.А. Загоскина.

Сразу после пожара он был отдан под суд и едва не лишился не только чинов и званий, но и жизни. Молодой офицер пробыл под судом в течение двух лет, однако благодаря заступничеству высших чинов, своих собственных просьб о помиловании, своей молодости и беспорочной предыдущей службе был лишь разжалован в матросы. Заключение по его делу гласило: «*Аудиториатский департамент, находя, что пожар на пароходе “Аракс” произошел от одной неосмотрительности и, принимая в уважение молодые лета Загоскина с отличною службою и старания, коими горевший пароход был приближен к берегу и спасен по возможности, и что означенный случай произошел не от умышленности или злого намерения, а единственно от неосмотрительности, полагает: его, Загоскина, разжаловать в матросы 2-й статьи до выслуги, а убыток 11 925 руб. 181/4 коп. принять на счет казны <...> Из нижних же чинов унтер-офицеров понизить в рядовые, а прочим вменить в штраф бытие под судом и содержание под арестом*». На этом документе имеется резолюция верховного руководства, датированная 23 января 1835 г.: «*Высочайше повелено Загоскина перевести в Балтийское море, а к Пасхе представить о его прощении*» [цит. по: Федорова, 2011, с. 209–214]. Уже в апреле 1835 года Л.А. Загоскин был восстановлен в чине, однако его карьера была испорчена, и как оказалось в дальнейшем – навсегда.

Но в 1835 году молодой человек был полон надежд и понимал, что для того, чтобы исправить положение дел, необходимо было совершить что-нибудь выдающееся. В 1838 году Загоскин поступает на службу в Российско-Американскую компанию и в конце 1839 года прибывает в Ново-Архангельск,

который являлся местом расположения центральной администрации Российско-американской компании (в дальнейшем – РАК). В колониях лейтенант выполнял обычные обязанности морского офицера: ходил командиром на судах по владениям РАК, доставляя провиант в различные пункты и собирая пушнину. Тем не менее, уже с момента прибытия на Аляску Загоскин планировал сухопутную экспедицию в глубинные районы, о чем писал одному из директоров главного правления РАК Ф.П. Врангелю. В 1842 году он начал переговоры об экспедиции с директором Кампании А.К. Этолиным. Существует предположение, что Загоскин заранее планировал эту экспедицию. Ещё до отъезда в колонии он изучил книги Крузенштерна, Лисянского, Головнина, Коцебу о кругосветных путешествиях и Русской Америке. Готовясь к пешеходной экспедиции, Загоскин внимательно проштудировал работы С.П. Крашенинникова и Г.В. Стеллера, знакомясь с методами пешеходных исследований [Путешествия..., 1956].

Нужно сказать, что походы во внутренние части Аляски совершались и до Загоскина. Однако они не приносили достаточных результатов ввиду недостаточной образованности руководителей этих экспедиций.

Руководство РАК разработало для Л.А. Загоскина маршрут будущей экспедиции (илл. 2) с и поставило ряд задач, основными из которых были следующие:

1. Выяснить, каким образом осуществляется нелегальная продажа пушнины в обход РАК. Для этого Л.А. Загоскину необходимо было отправиться на южное побережье Нортонова залива, в Михайловский редут, а оттуда через полуостров Сьюард в залив Коцебу, чтобы выяснить, каким путем и с помощью каких племен пушнина с Аляски попадала на Чукотку.
2. Затем Загоскин должен был возвратиться в Михайловский редут, чтобы с установлением зимнего пути выяснить возможности сухопутной коммуникации между Юконом и заливом Коцебу.
3. Подробно был разработан и дальнейший маршрут экспедиции. Задачи перед лейтенантом стояли весьма обширные и сложные: «связать астрономическими наблюдениями» все пройденное расстояние, узнать об отдаленных местах и народах, их промыслах, направлении хребтов и гор, равнинах, глубине и протяженности рек и т. д. – «словом сказать все, что может вести к будущим пользам Российско-Американской компании и к пояснениям ученому свету, которому совершенно еще неиз-

вестна сия обширная часть Американского материка»<sup>3</sup>.

Тем не менее, Л.А. Загоскину руководством РАК была предоставлена возможность действовать в экспедиции по собственному усмотрению, чем он, и не преминул воспользоваться.

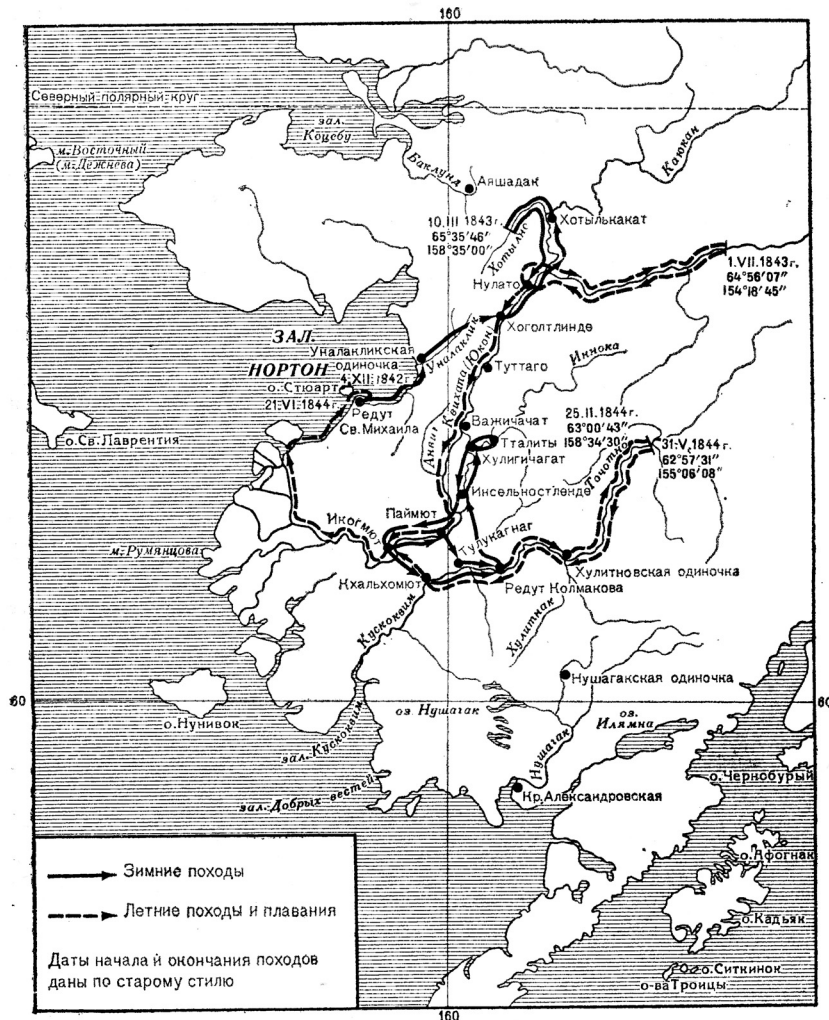
Экспедиция началась 1 мая 1842 года – на бриге «Охотск» Л.А. Загоскин вышел из Ново-Архангельска и в июле того же года прибыл в Михайловский редут на берегу Нортонова залива, который стал отправной точкой для сухопутного путешествия. В течение двух недель он исследовал побережье к северу от редута, а затем возвратился обратно и стал готовиться к зимнему походу во внутренние районы по реке Юкон. Задачу выяснения нелегальных путей продажи пушнины он оставил невыполненной, сославшись на позднее таяние льда в заливе Коцебу.

Из Михайловского редута экспедиция отправилась 4 декабря 1842 года. По замерзшему устью р. Уналаклик прошли в глубь материка на р. Квихпак. 15 января 1843 года прибыли в одиночку Нулато, которая надолго стала опорной базой для походов в бассейне р. Квихпак. 2 августа экспедиция покинула Нулато и направилась вниз по течению реки. 23 августа прибыли в Икогмютскую одиночку. Юкон был осмотрен и описан на протяжении более 700 верст.

Икогмютская одиночка стала новой базой экспедиции. Отсюда путешественники перешли в Колмаковский редут, совершили несколько походов. Были исследованы переходы с Квихпака на Кускоквим и выяснено, из каких потоков образуется р. Кускоквим. 10 июня 1844 года они возвратились в Икогмют, 21 июня экспедиция прибыла в Михайловский редут, а 26 сентября – в Ново-Архангельск. «Мы находились в отсутствии 1 год, 6 месяцев и 16 дней, – записал Загоскин в дневнике, – и прошли в продолжение этого времени пешком, на кожаных лодках около 5 000 верст (5350 км)» [цит. по: Путешествия..., 1956, с.18].

Лаврентий Алексеевич сам подвел итоги своей работы: «По географии: описана южная и западная части Нортонова залива, р. Юкон осмотрена на протяжении 600 миль, два притока этой реки (Юнниак и Итетге) осмотрены каждый на 100 миль от своих устьев; р. Кускоквим осмотрена к верховью на 250 миль, обследованы 4 переноса в этом бассейне; астрономически определены 42 пункта; собраны различные сведения о дальнейшей территории материка в пределах квихпакского и кускоквимского бассейнов.

<sup>3</sup> NARS-RRAC. РГАВМФ. Ф. 1375. Оп. 1. Д. 46. Л. 109-115 об. [Цит. по: Федорова, 2011].



Илл. 2. Карта следования экспедиции Л.А. Загоскина [цит. по: Путешествия и исследования..., 1956, с. 27]

По зоологии: собрано 38 видов птиц в 72 экземплярах и до 70 видов насекомых; по ботанике собраны травники местностей Михайловского редута и заселения при Нулато. По геологии: собрано 50 видов главных горных пород южной части Нортонова залива, рр. Квихлак и Кускоквим; по этнографии собрано большое количество материалов для статистики и этнографии племен, обитающих в обследованном районе, представлены: оружие, одежда, домашняя утварь сих племен» [цит. по: Путешествия..., 1956, с.50].

В конце 1845 года Л.А. Загоскин вернулся в Петербург, привезя этнографические, зоологические, ботанические и минералогические коллекции. Результаты экспедиции по Аляске были представлены в Русском императорском географическом обществе и опубликованы в материалах общества в 1847 году. Тогда же Загоскин был принят в члены Общества. В 1847-1848 годах «Пешеходная опись части русских владений в Америке...» вышла от-

дельной книгой, за которую Лаврентий Алексеевич был удостоен Демидовской премии Академии наук. Кроме того, Лаврентий Загоскин был награжден Орденом Святой Анны 3 степени «За исследования, проведенные в Русской Америке». Однако несмотря на поощрения давнее дело о сгоревшем корабле было препятствием для дальнейшего продвижения по службе, и в 1848 году Загоскин вышел в отставку (илл. 3).

В этом же году Лаврентий Алексеевич женился на А.А. Томиловской (1810–1890), и уехал в полученное женой в наследство имение в селе Абакумово Пронского уезда Рязанской губернии. Следующие 40 лет своей жизни Л.А. Загоскин провел в своем имении и был заметной фигурой в общественной жизни Рязанского края. В годы Крымской войны (1853–1856) он был начальником сводной дружины ополчения Пронского уезда, а после отмены крепостного права в 1861–1864 годах – служил мировым посредником.

### Исследования коренного населения

Сбор этнографических коллекций, а также сведений о праздниках, обрядах и своеобразии культуры коренных народов Аляски не входили в задачи экспедиции Л.А. Загоскина и были обусловлены исключительно его личным интересом. Нужно сказать, что он был хорошо подготовлен по этнографии на уровне исследований своего времени, ознакомившись с трудами Г.А. Сарычева (1763–1831), Ф.П. Литке (1797–1882), И.Е. Попова-Вениаминова (1797–1879) (Иннокентий Аляскинский), С.П. Крашенникова (1711–1755), Ф.П. Врангеля (1796–1870) и других, работавших согласно инструкциям, разработанным Академией наук.

В составлении описания Л.А. Загоскин придерживался требований современной ему этнографической науки, уделяя большое внимание вопросам антропологии и лингвистики. Свои этнографические исследования он начинал с исследования языка, затем давал антропологическую характеристику описываемых племен и только затем переходил к этнографии в собственном смысле этого понятия.

Исследования Загоскина касаются изучения эскимосов, проживающих в прибрежной зоне залива Нортон и низовьях рек Квихпак и Кускоквим, а также атапасков, населяющих территории в среднем течении Юкона и верховьях Кускоквима. Он выделяет две группы эскимосов, отмечая, что прибрежные (илл. 4, 5, 6) по своему типу хозяйства были преимущественно охотниками на морского зверя – тюленей, а основой хозяйства материковых (илл. 7) была пушная охота и рыболовство.

Вот как он описывает внешний вид прибрежных эскимосов: «*Туземцы южной части Нортон-за залива, большую часть роста среднего <...> Держат себя прямо, вольно, в движениях быстрее алеутов, сложением довольно складны, телом смуглы, ...окладом лица сходны с североазиатскими народами, в особенности с чукчами и камчадалами, как то видно из рисунков Крашенникова и Постельса; у некоторых пожилых вырастают довольно густые бороды. [Мне кажутся они потомками выходцев народа, проживающего во внутренности материка: как те, они имеют прямые или горбатые носы, открытый лоб, глазной угол не столь наклонный и глаза более навывкате, но они сухоощавее и выше ростом]; многие носят усы; но по телу безволосы, исключая присвоенных природою мест; рты и губы имеют довольно большие, зубы вообще ровные и белые, икры средние, ноги прямые, ступни ног замечательно малые. Мужчины на оконечностях рта под нижнюю губу прокалы-*



Илл. 3. Л.А. Загоскин с миниатюры 60-х годов XIX века [цит. по: Путешествия и исследования..., 1956, с. 389]

*вают отверстия, в которые вставляют корольки и другие костяные и каменные украшения; носовой хрящ продет у немногих.*

У женщин я не видал, чтоб борода была шита, как у туземок Кадьяка и Квихпака. Также весьма немногие носят бисера или стеклярус в носу или под нижнюю губой.

*Мужчины вообще все или стригутся, что называется под гребенку, или просто бреют головы. Женщины расчесывают ряд посередине головы и задние волосы вместе с передними, заплетая в косы, обвивают вокруг уха. Чтоб косы не распались, их прикрепляют костяной или китового уса иглой, к вершине которой привязывают небольшие обрезки волка или росомахи. Таким образом, меха, заменяя пукли, придают отцвет лицу. Женщина и на севере умела найти, чем себя выказать»* [цит. по: Путешествия..., 1956, с.82].

Другая эскимосская группа была исследована Л.А. Загоскиным в нижнем течении рек Квихпак и Кускоквим. В отличие от эскимосов залива Нортон, данная группа занималась преимущественно охотой на пушного зверя и рыболовством. Вот какое описание внешности дает автор: «*Квихпакцы и кускоквимцы, так же как и чнагмюты,*



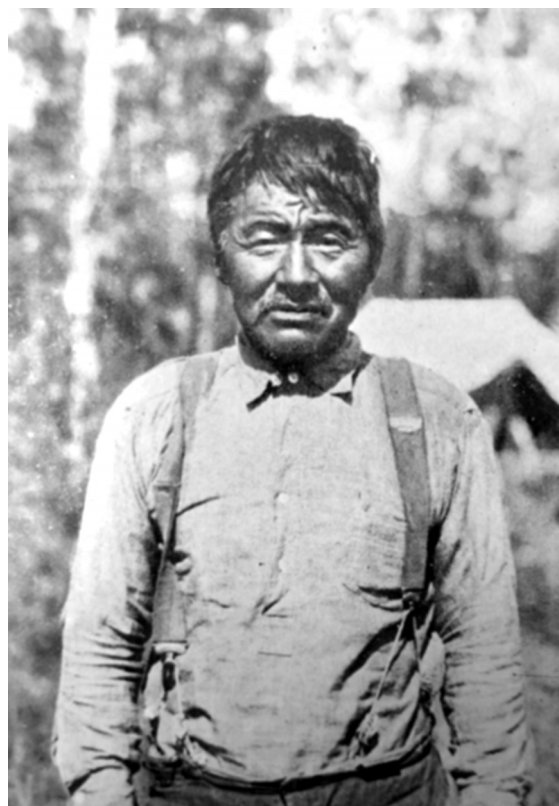
Илл. 4 Эскимос п-ова Сьюард  
[цит. по: Anthropological survey in Alaska. Washington:  
US Government printing office, 1930]



Илл. 5. Девушки-эскимоски п-ова Сьюард  
[цит. по: Anthropological survey in Alaska. Washington:  
US Government printing office, 1930]



Илл. 6. Эскимоска залива Нортон с ребенком  
[цит. по: Anthropological survey in Alaska. Washington:  
US Government printing office, 1930]



Илл. 7. Эскимос нижнего течения р. Юкон  
[цит. по: Anthropological survey in Alaska. Washington:  
US Government printing office, 1930]

роста среднего. В пору изобилия пищи, в особенности жиру, лицом становятся одутловаты, телом полнеют, но никогда не бывают тучны, может быть, по свойству самой пищи, но кажется наиболее потому, что нельзя сказать, чтоб то было в обычае, но так исстари ведется, что богатый или тароватый, наравне с ленивым или гулякой, непременно голодует во время весенней распутицы. Женщины лицом круглы, довольно полны; телом немногие дородны; сравнительно высоки ростом; многие в молодости румяны, грудь имеют, как алеутки и креолки, мягкие, несколько опавшие, ногу маленькую, скулы более мужских выдающиеся, нос колмыковатый, то есть более сплюснутый. В белизне тела некоторые не уступают кавказскому племени.

На Кускоквие и Квихпаке многие женщины вышивают или вытравливают себе под бородой две синие черточки; в проеме носового хряща носят по несколько зерен синего стекла; в отверстие под нижней губой вдевают запонку, на которой держится горизонтально костяная палочка до 2 дюймов длины, обвешанная голубым бисером, раковинами или другими подобными украшениями. В таком виде они почти столь же отвратительны, как соседки и кормилицы Новоархангельска, – колошенки.

*Мужская стрижка волос или полное бритье головы, головной убор женщин, общественный и домашний быт, поверья, – в сущности, одинаковы с поморцами, но весьма различны в частности, что, конечно, зависит и от местности, занимаемой этими племенами, и от других условий, которые до совершенного изучения их нравственного быта останутся неразрешимыми. К первым особенностям принадлежат различия в одежде, формах домашней утвари, способах пропитания, постройке жилищ и прочая, ко вторым – песни и пляски, выражающие у полудиких народов дух отвлеченных их понятий о мире невидимом»* [цит. по: Путешествия..., 1956, с.216].

Население внутренних районов Аляски, изучением которого занимался Загоскин – атапаски или северные дене. Это группы, живущие в среднем течении Юкона и верховьях Кусковима. Нужно сказать, что «Материалы этнографические и статистические относительно краснокожего племени ттынайцев» представляют собой первое серьезное исследование по атапаскам Аляски (илл. 8, 9, 10). Он выделяет шесть атапаских племен и указывает районы их обитания.

Вот какое «антропологическое» описание дает Л.А. Загоскин данной группе: «Ттынайцы вообще принадлежат к собственно американскому семейству краснокожих <...> Ттынайцы – среднего роста, сухого сложения, станом строй-

ны, лицо имеют продолговатое, лоб средний, крутой, часто львиный, нос широкий, прямой, горбатый; глаза черные и темнокарие, большие, но всегда вдавшиеся; взгляд быстрый, <...> губы полные, сжатые; зубы белые, ровные, как бисер; волосы гладкие, черные и темнокаштановые, довольно мягкие; многие мужчины по телу мохнаты и с довольно густыми короткими усами и бородами; руки и ступни ног средние, икры малые; все вообще в движениях живы, развязны, духом веселы; страстно любят пляску и песни, которые, впрочем, входят у них в религиозное чествование» [цит. по: Путешествия..., 1956, с. 250].

Этнографические работы, напечатанные в «Пешеходной описи...» были единодушно признаны российскими и советскими учеными первыми зрелыми научными исследованиями эскимосского населения, проживающего в заливе Нортон и по рекам Квихпак и Кускоквим, а также атапасков внутренних районов Аляски [Липшиц, 1956]

### Этнографические коллекции

Считая предметы материальной культуры одним из элементов, помогающим понять происхождение народа, а также сходство и различие между племенами, Л.А. Загоскин с большим интересом относился к сбору этнографических предметов. Из своего путешествия он привез значительные коллекции, которые в настоящее время хранятся в Музее антропологии и этнографии им. Петра Великого (Кунсткамера) РАН и Российском этнографическом музее в Санкт-Петербурге и в НИИ и Музее антропологии МГУ имени М.В. Ломоносова в Москве. Предметы этих коллекций включают предметы материальной культуры не только описанных им групп – эскимосов и атапасков, но также – тлинкитов и алеутов, собранные Загоскиным во время работы в РАК.

О том, что Л.А. Загоскин подарил свои коллекции Всероссийской этнографической выставке, мы можем узнать из двух, взаимодополняющих источников. Первый из них – это газета «Московские ведомости», в № 25 которой от 31 января 1867 года сообщается, что в 1866 году Л.А. Загоскиным в Распорядительный комитет Выставки были переданы предметы культуры и быта тлинкитов, алеутов, эскимосов и атапасков.

Другой источник – материалы Этнографической выставки, опубликованные в 1878 году ОЛЕАЭ [Этнографическая выставка..., 1878]. Там, в соответствующих разделах, ведется подробное перечисление вещей с указанием дарителей – частных лиц или организаций, от которых они посту-



Илл. 8. Индеец деревни Танана – среднее течение Юкона [цит. по: Anthropological survey in Alaska. Washington: US Government printing office, 1930]



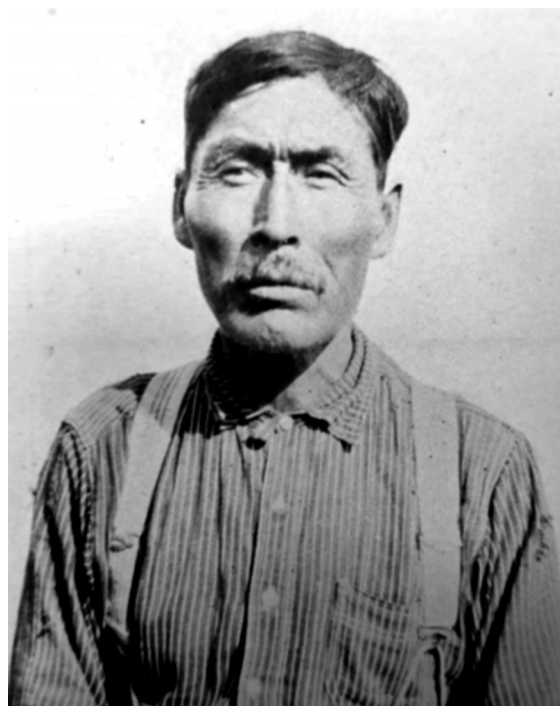
Илл. 9. Индеец Нулато – верхнее течение Юкона [цит. по: Anthropological survey in Alaska. Washington: US Government printing office, 1930]

пили. На основании этих данных можно сделать вывод, что Лаврентий Алексеевич Загоскин подарил Всероссийской этнографической выставке порядка 50 предметов, которые впоследствии перешли в распоряжение Московского Публичного Румянцевского и Дашковского Музея.

Н.А. Смирновой была выделена коллекция из 21 коллекционного номера, предметы которой относились к культуре и быту трех народов Русской Америки: тлинкитам, эскимосам и атапаскам. Такое расхождение в количестве и составе предметов объясняется, с одной стороны, неполнотой документации, полученной Музеем антропологии при передаче из Центрального музея народоведения [Научный архив, 1939], а с другой – недостаточно подробным описанием экспозиции Этнографической выставки.

Наиболее широко в коллекции представлены предметы эскимосов побережья залива Нортон и низовьев реки Юкон, которых Л.А. Загоскин называл чнаг-мют.

1. Игольник деревянный в виде двух рыбок соединенных вместе со стороны брюшка – у одной внутри полость для костяных иголок (илл. 11). Окрашен серо-зеленой краской с черными точками



Илл. 10. Индеец Нулато – верхнее течение Юкона [цит. по: Anthropological survey in Alaska. Washington: US Government printing office, 1930]



Илл. 11. Игольник (а – игольник в закрытом виде, б – игольник в раскрытом виде)

по всей поверхности. Плавники из костяных пластинок. По телу рыб вставлены пучки белых волос. Размеры: длина – 28 см, ширина – 3,2 см.

2. Табакерка деревянная резная из одного куска дерева в виде двух мужских фигур, сидящих друг против друга с вытянутыми ногами, соприкасающаяся ступнями и держащихся за руки (илл. 12). Глаза из белых бисерин, под углами рта украшения из голубых бисерин, на головах обручи из медной проволоки, у одного в ухе серьга из голубого бисера. В середине между фигурами полость, закрываемая крышкой, изображающей сидящие фигурки маленького размера. Табакерка окрашена красновато-коричневой краской. Размеры: длина – 10,8 см; ширина – 4 см, высота – 9 см.

3. Табакерка из кости и дерева. А. Крышка деревянная резная, овальная, с распластанной ничком фигурой мужчины и головами двух животных (илл. 13). Окрашена коричневатой-красноватой, черной и грязно-зеленой красками. Глаза и уши животных из костяных пластинок. Б. Закрывает костяной овал (вместитель для табака), орнаментированный резьбой (круги концентрические, галочки, линии). Размеры: длина крышки – 9,5 см; ширина крышки – 5,5 см; длина овала – 4,8 см; ширина овала – 4 см; высота овала – 3 см.



Илл. 12. Табакерка (а – вид сбоку, б – табакерка раскрыта)



Илл. 13. Крышка табакерки



Илл. 14. Украшение деревянное, резное



Илл. 15. Украшение женское костяное

Деревянные изделия эскимосов Нортонова залива Загоскин отмечает особо. В главе, посвященной этнографии жителей южной части Нортонова залива он пишет: «*Не говоря о весьма искусном приготовлении личин или плясовых масок, равно общих в достоинстве у кусковимцев и квихпаццев, эти последние, и особенно туземцы некоторых селений, отличаются резною работою различных фантастических табакерок, игольников, кукол, серег, пряжек и других костяных и деревянных изделий, в которых, сверх того, что они могут вести этнографа к обще-*



Илл. 16. Серьга

*му выводу о происхождении народа, мы замечаем степень его умственных способностей. Пропорциональность частей, правильность целого соблюдаются глазомером, так, что у нас потребовались бы на то различные инструменты»* [цит. по: Путешествия..., 1956, с. 218].

4. Украшение деревянное, резное, в виде пластины с двумя изображениями полнолуния на концах, соединенных перекладной с двумя отверстиями для пальцев (илл. 14). На одном конце луна улыбающаяся (уголки рта вверх), окрашена коричнево-красноватой краской, окаймление из зеленого и белого кругов, на другом конце – луна плачущая, унылая (уголки рта опущены) окрашена белой краской, окаймление из коричнево-красноватого и зеленого кругов. На обратной стороне наоборот – плачущая и улыбающаяся. Употребляется при плясках. Размеры: ширина – 14,2 см; высота – 9,2 см.

5. Украшение костяное, резное, женское (илл. 15). Изображает два человеческих лица – мужское справа и женское – слева, соединенных пластинкой с круглым отверстием посередине для укрепления деревянной запонкой в проколе под нижней губой. Размеры: ширина – 8,5 см, высота – 3 см.

Вновь обратимся к тексту самого Л.А. Загоскина: «*На Кусковиме и Квихпаке многие женщины вышивают или вытравливают себе под бо-*

родой две синие черточки; в проеме носового хряща носят по несколько зерен синего стекляруса; в отверстие под нижней губой вдевают запонку, на которой держится горизонтально коственная палочка до 2 дюймов длины, обвешанная голубым бисером, раковинами или другими подобными украшениями» [цит. по Путешествия..., 1956, с. 216].

6. Серьга женская, костяная, резная, прямоугольная с изображением человеческого лица, окаймленного плотной черной мастикой (битум?) с вкрапленными кусочками серного колчедана (илл. 16). На обратной стороне круглая массивная ножка для прикрепления серьги к уху. Размеры: ширина – 2,3 см; высота – 3,4 см.

Следующая группа предметов относится к населению среднего течения реки Юкон, индейцам атапаскам группы ттынаи или ттынайцы.

7. Топор каменный на деревянной рукояти (топорище) (илл. 17). Клинок из черного сланца, отполированный, овальной формы, слегка расширяющийся к чуть скругленному рабочему краю. Топорище из цельного куска дерева с коленом (ложе для клинка) почти перпендикулярным к длине собственно рукояти. Рукоять уплощенная, с гранями, нижний конец скруглен, отполирована и окрашена коричнево-красноватой, черной, грязно-зеленоватой красками. Клинок был укреплен в ложе поперечным оплетением из растительных полос. Размеры: длина общая – 31 см; длина топорища – 28 см; длина колена топорища – 8 см; ширина топорища наибольшая – 4 см; длина клинка – 9,3 см; ширина клинка наибольшая – 5 см.

8. Стрела с костяным наконечником деревянным древком (илл. 18). Наконечник четырехгранный, заостренный сверху, с тремя односторонними зубцами, направленными книзу. Нижний конец в виде шипа, вставлен в верхний конец древка, где укреплен обмоткой из сухожильных ниток. Древко деревянное, цилиндрическое, несколько уплощенное внизу, с вырезом на конце для тетивы и оперением из двух продольных половинок пера, прикрепленных сверху и снизу обмоткой из сухожильных ниток. Длина общая – 84 см; длина наконечника выступ. – 20 см.

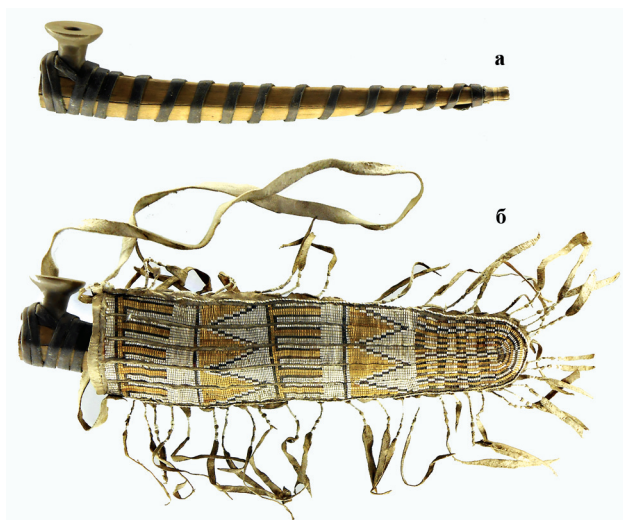
Далее в состав коллекции входят еще несколько целых стрел и отдельных древков, употреблявшихся при охоте на различных животных. Однако наиболее интересными представляются изделия из замши, украшенные иглами дикобраза. Об этом



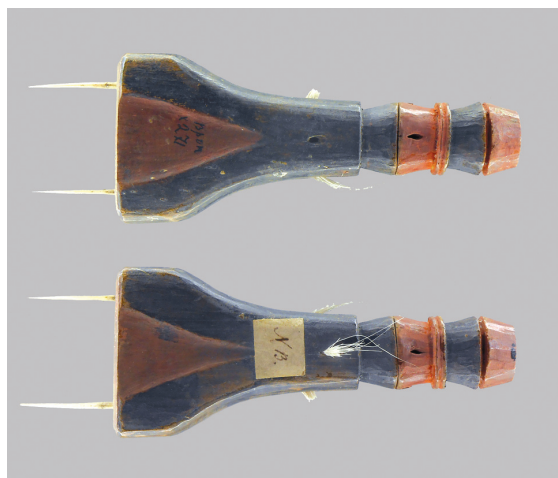
Илл. 17. Топор



Илл. 18. Наконечие стрелы



Илл. 19. а – трубка, б – трубка в чехле



Илл. 21. Гребень



Илл. 22. Мешочек из травы



Илл. 20. Крышка табакерки



Илл. 23. Маска



Илл. 24. Трубка курительная деревянная, изображающая парход

виде изделий Л.А. Загоскин писал: «*Пристрастные по природе к нарядам и ярким цветам, все дальние племена выдумали украшать свою простую одежду шитьем из игл дикобраза, оленьих волос, узорами из низанного бисера, цуклей, привесками медных образков, колокольчиков и прочая <...> Одни фигуры, шитые дикобразными иглами арабесков, красятся в красный или бурый цвет, другие оставляются белыми*» [цит. по: Путешествия..., 1956, с. 251].

9. Колчан замшевый в виде длинного прямоугольного несколько расширенного сверху мешка, с полуовальным вырезом сбоку; сверху – отверстие для вкладывания стрел. Натурального кремоватого цвета, с наружной стороны сверху и внизу окрашен коричневой краской. Такой же краской нанесено три пары полос, идущих под углом к срединной линии колчана. Украшен кожаной бахромой и перьями филина вдоль по срединной линии. Часть бахромы обвита полосами белого, желтого и коричневого цвета, нарезанными из очина пера. В середине прикреплена дощечка, обтянутая полосой кожи, расшитой расщепленными иглами дикобраза белого и коричневого цвета – геометрический орнамент. Край отверстия и правый край колчана с наружной стороны украшены полосой геометрического орнамента из расщепленных игл дикобраза коричневого, желтого и белого цветов, а также пучками белых волос сбоку. Обратная сторона колчана гладкая. Размеры: длина – 88 см; ширина сверху – 25 см; ширина у конца отверстия – 32 см; ширина внизу – 21 см.

10. Трубка курительная в замшевом чехле (илл. 19). А. Чубук каменный (головка) из сланца бледно-зеленоватой окраски, тщательно отполированный. Б. Мундштук деревянный, четырехгранный, из двух продольных половинок, обмотанный тонким кожаным ремешком. в) Чехол замшевый, кремового цвета, на длинной петле. С наружной сто-

роны расшит расщепленными иглами дикобраза белого, желтого и черного цвета, – геометрический орнамент, а по краю украшен замшевой бахромой. Диаметр чубука – 3,3 см; длина мундштука – 28 см; длина чехла – 26,4 см; ширина чехла наибольшая – 7,8 см.

11. Крышка от табакерки, деревянная, резная (илл. 20). Изображает двух тюленей. Окрашена коричнево-красноватой краской и черной красками. Глаза из белых бисерин. Длина – 8,5 см; ширина – 5 см.

12. Гребень деревянный, с костяными зубьями (илл. 21). Резной, фигурный, окрашенный красновато-коричневой и черной красками. Украшен пучками белых волос, вставленными в выемки. Длина общая – 18 см. Длина зубьев – 3,4 см. Ширина наибольшая (у основания) – 6,5 см

Тлинкитам в коллекции Л.А. Загоскина принадлежат два предмета: мешочек из травы и деревянная маска.

13. Образец искусства тлинкитов с острова Ситка. Мешочек плетеный из болотной травы желтоватого цвета, трапецевидной формы (илл. 22). Орнаментирован вплетением стеблей травы коричневого и темно-желтого цветов, образующим четкий геометрический рисунок, разный с обеих сторон. Размеры: высота – 20 см; ширина сверху – 27 см; ширина внизу – 22.

14. Маска деревянная резная – женское лицо, со вставкой («колюжкой») в нижней губе (илл. 23). Предположительно портретная, снятая с лица одной торговки. На лбу глазной орнамент, нанесенный красной и зеленой красками. Татуировка на щеках и подбородке выполнена черной, красной и зеленой красками. Смотровая щель сделана в ноздрях. Размеры: высота – 30 см; ширина – 23 см.

В таком виде была выделена в 1955 году коллекция от Л.А. Загоскина Н.А. Смирновой. Однако анализ даров путешественника на Всероссийскую Этнографическую выставку 1867 года позволил нам установить, что, несмотря на некоторую расплывчатость описания, по крайней мере, один предмет, отнесенный ранее к коллекции последнего директора Российско-Американской компании Д.Н. Максудова, должен быть также отнесен к этой коллекции. Это «Деревянная с костяными украшениями трубка, изображающая пароход, который впервые увидели жители в 1840 году» [Этнографическая выставка..., 1878, с. 60]. С одной стороны, это настолько яркий и образный предмет, что его описание трудно спутать с чем-либо еще. С другой стороны, известно, что Л.А. Загоскин передал свои вещи в Распорядительный комитет Этнографической выставки в январе 1866 года, в то время как по данным «Отчета Румянцевского Музея за 1867–1869 годы» [Отчет..., 1871] коллекции от Д.Н. Максудова поступили только в 1868 году. Этот предмет принадлежит тлинкитам.

15. Трубка курительная деревянная, светлого натурального цвета, резная, украшенная костяными пластинками с резным орнаментом (илл. 24). Местами раскрашена голубовато-зеленой и черной красками. Изображает пароход, увиденный впервые индейцами в 1840 году. Сверху фигура животного с высунутым языком, подпирающим трубу и двумя сидящими на нем человечками. Сзади каюта с окнами из стекла и человечком внутри. Верх трубы из латунной пластинки. Размеры: длина 32 см; высота – 10 см.

В статье рассмотрена коллекция предметов из Русской Америки, состоящая из 21 артефакта, однако согласно описанию экспозиции Этнографической выставки, [Этнографическая выставка..., 1878], количество переданных Л.А. Загоскиным предметов значительно больше – около 50. С другой стороны, этнографический фонд Музея антропологии располагает вещами, ведущими свое происхождение из Русской Америки, однако

пока еще не отнесенными к какой-либо коллекции. Среди них есть предметы, упомянутые в описании экспозиции, как подарки Л.А. Загоскина. Однако атрибутировать их не представляется возможным, так отсутствует необходимая документация. Хочется надеяться, что в будущем будут сделаны находки, которые позволят расширить состав коллекции от Л.А. Загоскина.

## Библиография

- Загоскин Л.А.* Пешеходная опись части русских владений в Америке, произведенная лейтенантом Л. Загоскиным в 1842, 1843 и 1844 годах: С меркатор. карт., грав. на меди : [В 2-х ч.]. СПб., 1847–1848.
- Липшиц Б.А.* Л.А. Загоскин как исследователь этнографии Аляски // Путешествия и исследования лейтенанта Лаврентия Загоскина в Русской Америке в 1842–1844 гг. М., 1956. С. 385–398.
- Научный архив Научно-исследовательского института и Музея антропологии Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова. Акт № 192 от 11.07.39 г.
- Отчет Московского Публичного и Румянцевского Музеев за 1867–1869 гг. М., 1871. С. 203.
- Путешествия и исследования лейтенанта Лаврентия Загоскина в Русской Америке в 1842–1844 гг. / Общ. ред., примеч. и коммент. М.Б. Черненко и др.; Вступ. статья М.Б. Черненко, с. 5–40. М.: Географиз, 1956. 456 с., 9 л. ил., 1 отд. л. карт; 22 см. Библиогр.: с. 399–401.
- Федорова Т.С.* Лаврентий Алексеевич Загоскин и его путешествие по Аляске // «О Камчатке и странах, которые в соседстве с нею находятся...»: Материалы XXVIII Крашенинниковских чтений. Петропавловск-Камчатский, 2011. С. 209–214.
- Этнографическая выставка 1867 года Императорского Общества любителей естествознания, антропологии и этнографии, состоящего при Московском университете // Известия ИОЛЕАЭ. М., 1878. Т. XXIX.
- Hrdlichka A.* Anthropological survey in Alaska. US Government printing office. Washington. 1930.

Контактная информация:

*Балахонова Екатерина Исаевна:* e-mail: balakhonova@gmail.com.

## **MATERIALS FROM ZAGOSKIN'S EXPEDITION (1842–1844) IN THE COLLECTIONS OF THE MOSCOW STATE UNIVERSITY ANTHROPOLOGICAL MUSEUM**

E.I. Balakhonova

*Lomonosov Moscow State University, Institute and Museum of Anthropology, Moscow*

*The article is aimed at describing ethnographical collection of artifacts from the coastal and inner regions of Alaska, housed in the ethnographic department of the Lomonosov MSU, Research Institute and Museum of Anthropology. The collection is dated to the first half of the 19<sup>th</sup> century, when the territory was a part of Russia as Russian America. The artifacts composing the collection represent materials collected by L.A. Zagoskin (1808–1890) during 1842–1844 scientific expedition. New biographical facts of the researcher, history of the expedition, the first anthropological depiction of the native populations along the Yukon River are presented. The collection was transferred by L.A. Zagoskin to the first Ethnographical Exhibition (1867) organized by the Natural history, Anthropology and Ethnography Society of amateurs. The composition of collection is considered and detailed description of the artifacts with illustrations is provided.*

*Keywords: Lomonosov Moscow State University, anthropology, museum, ethnography, collections, history of science, Russian America*

# ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭВОЛЮЦИОННОЙ АНТРОПОЛОГИИ В ТВОРЧЕСТВЕ В.П. ЯКИМОВА

В.М. Харитонов

*МГУ имени М.В.Ломоносова, НИИ и Музей антропологии, Москва*

*В эволюционной антропологии с именем В.П. Якимова связаны, в первую очередь, исследования двух фундаментальных научных проблем – таксономической позиции австралопитековых и роли известных в то время находок европейских неандертальцев в биологической истории сапиентации. Не все эволюционные воззрения В.П. Якимова, как и других советских антропологов, разделяются в настоящее время. Новые находки, подходы и методы существенно расширили источниковедческую базу специалистов. Тем не менее, творчество В.П.Якимова представляет интерес для истории науки и дает возможность с современных позиций оценить его вклад в антропологию.*

Ключевые слова: антропогенез, В.П. Якимов, австралопитеки, гоминиды, гоминины, неандертальцы Европы

## Введение

Всеволод Петрович Якимов – выпускник биологического факультета МГУ по кафедре зоологии позвоночных животных. Сразу по окончании университета в 1937 году он поступает на работу в Сухумский питомник, где в течение двух лет изучает анатомию и биологию низших приматов. Затем он переезжает в Ленинград. Поступает на работу в Биологический институт имени П.Ф. Лесгафта. Несколько лет совершенствует свои навыки в сравнительной анатомии человека и приматов. В результате получает оригинальные данные, которые успешно защищает в виде кандидатской диссертации на совете этого учреждения. С наступлением второй мировой войны В.П. Якимов уходит добровольцем на фронт и принимает участие в боях Ленинградского фронта. После войны он продолжает трудиться в Биологическом институте и как зрелый исследователь ведет педагогическую деятельность, читая спецкурсы на кафедре нормальной анатомии Военно-медицинской академии. В 1947 году В.П. Якимов публикует сокращенный вариант своей диссертации в Зоологическом журнале. В этом же году он окончательно выбирает научный путь антрополога, и переходит на работу в отдел антропологии Ленинградского филиала Института этнографии АН СССР (ныне Музей антропологии имени Петра Великого (Кунсткамера) РАН). На протяжении многих лет в этом учреждении он активно занимается палеоантропологией, пока его не переводят в Москву на должность директора НИИ и Музея антропологии МГУ (1958 г.). За годы работы в Ленинграде из-под пера Всеволода Петровича вышли ключевые публикации, связанные с проблемой сапиентации в ходе эволю-

ции. Работая в Москве, он активно продолжает разрабатывать и отстаивать стадиальную теорию антропогенеза, опираясь на свои заключения и результаты работ других советских антропологов. В результате в 1967 году по совокупности печатных работ он получает степень доктора биологических наук по теме «Стадии и внутростадиальная дифференциация в эволюции человека».

Многие современники отмечали весомый вклад Всеволода Петровича в развитие антропогенеза, сравнительной анатомии и палеоантропологии. Его работы актуальны до сих пор. Они отражают этап исключительной активной деятельности советских антропологов т.н. среднего поколения, которым довелось начать свою научную деятельность в сложные 1930-е годы, пережить тяготы войны и послевоенной разрухи, поверить в перестройку 1960-х, и оценить период социалистического застоя на закате своих научных карьер. Они научились цитировать труды К. Маркса и Ф. Энгельса, при этом не теряя научной значимости своих работ, и вполне достойно сравнивая свои собственные результаты с достижениями зарубежных исследователей. Работы последних были не так доступны, как сегодня, но существовала система оценки новых данных, и своевременная публикация научных новостей в журнале «Природа» и других тематических научных журналах. В этом «жанре» В.П. Якимов был одним из самых активных антропологов. Его работы вошли в советскую антропологическую классику и стали настольными для многих специалистов.

Труды В.П. Якимова условно можно разделить на несколько циклов, каждый из которых отражает разные этапы эволюционной истории человека.

### Австралопитековые как «модель» антропоидных предков человека

В 1950 году впервые для советской аудитории В.П. Якимов представил обобщенную характеристику морфотипа австралопитековых. Он провел тщательный анализ зарубежной литературы, где были описаны находки этих ископаемых форм. Провел самостоятельное научное исследование, представив свое оригинальное видение проблемы. По В.П. Якимову, ареал австралопитековых охватывал не только районы Африки, но и ряд областей Азии, что спорно не только сегодня, но и тогда.

По многим признакам мозгового и лицевого отделов черепа австралопитековые оказываются сходными с гоминидами. Автором выделяются признаки, связанные с выпрямленным положением головы, что указывает на способность к прямохождению. Важным результатом анализа В.П. Якимова было установление факта приспособления этих ископаемых приматов к преимущественно двуногой локомоции. Об этом свидетельствуют отдельные признаки на тазовых костях и стопе. Опытный анатом выделил в костях стопы известную подвижность костных элементов, что свидетельствует, по его мнению, о сохранении у ископаемых гоминид структуры хватательного органа, т.е. их локомоторный аппарат еще не получил эволюционную завершенность.

Кисть австралопитековых отличалась от кисти современных понгид в направлении большего ее развития как захватывающего и удерживающего органа. Присутствует довольно сильный, противопоставляющийся первый палец. В структуре кисти есть немало антропоидных особенностей.

Таким образом, основной вывод В.П. Якимова по южноафриканским материалам - это установление факта раннего появления в некоторых группах ископаемых высших приматов такой гоминидаидной особенности как двуногость. Автор пишет о последовательности морфологических изменений, которые начинаются с бипедии, провоцируя изменение свободной верхней конечности и развитие головного мозга. В своем заключении об увеличении общих размеров головного мозга и некоторых структурных особенностях мозга австралопитековых исследователь, разрабатывая этот вопрос, позднее опирается на работы В.И. Кочетковой, выполненные на эндокранах ископаемых форм.

В последующих трудах В.П. Якимов одним из первых поднял вопрос об адаптивности признаков прямохождения. Он указывает, что палеофауна и флора свидетельствуют о принадлежности австралопитековых к лесостепным или даже полупустынным сообществам, т.е. они были обита-



Всеволод Петрович Якимов  
(25.VIII.1912–21.I.1982)

телями открытых пространств типа саванн. Обитание в подобных условиях требовало от наземных австралопитековых, не имеющих каких-либо природных средств защиты (острых когтей и зубов), такой активной формы приспособления к среде, как двуногость. Существенную роль в развитии австралопитековых сыграло расширение их пищевого рациона за счет включения в него животной пищи.

Важнейшее предположение В.П. Якимова о развитии прогрессивных черт у австралопитековых – это активное и систематическое использование природных объектов в качестве орудий. Безусловно, такая деятельность компенсировала отсутствие острых когтей и зубов. Даже при несовершенстве мозга австралопитековых более полная реализация психических возможностей позволила им достигнуть уровня систематической «орудийной деятельности», что не фиксируется у высших приматов. Автор считал, что уровень развития «орудийной деятельности» не был одинаковым у разных представителей австралопитековых. У некоторых из них проявлялась тенденция к увеличению размеров тела и усилению массивности челюстей. Они были более растительноядными, и реже прибегали к «орудийному» использованию природных предметов.

По В.П. Якимову систематическое использование предметов в качестве орудий приводило к морфологическим изменениям, и представляло пример ароморфоза в эволюции. Другие антропологи не высказывали такой точки зрения. Для них ароморфозом были или бипедия, или прогресс мозга. В.П. Якимов считал, что необходимо выделить ведущий модус эволюции. Безусловно, он соглашался, что дальнейший прогресс австралопитеков был связан с преобразованием головного мозга на всех уровнях, что было связано, в частности, и с увеличением его размеров.

В.П. Якимов отмечает, что большое значение имела приспособленность гоминоидных предков человека к различным условиям среды, что было непосильно для других антропоидов. Важным условием прогрессивной эволюции австралопитеков было укрепление социальных связей в коллективе, устранявшее незащищенность отдельной особи. Последняя особенность, сохранившись в других линиях потомков, способствовала широкому расселению предковых форм человека.

Всеволод Петрович остановился на понимании эпиморфного направления эволюции гоминоид как высшей ступени ароморфоза. Прогресс, обусловленный не прямыми, а опосредствованными отношениями человека со средой, осуществлялся без значительных морфологических преобразований. Главное при эпиморфозе – совершенствование культуры – материальной и духовной посредством прогресса общества.

Как видим, В.П. Якимов интересовался такой известной антропологической и философской темой как проблема «границ между человеком и животным». Говоря об орудийной деятельности в контексте оценки грани «человек – животное», он был последователен: обсуждая элементы галечной культуры, он указывал на возможное отсутствие посредника в этой деятельности, поэтому подобные предметы не могут быть орудиями, а существо, которое им пользовалось – человеком.

В.П. Якимову кажется существенным решение вопроса о связи отдельных элементов морфологии гоминоидов с характеристиками орудий, найденных в том же слое или в хронологически близких отложениях. Часть антропологов считали, что переход от систематического орудийного использования предметов к искусственному изготовлению орудий не нашел отражения в изменении анатомии гоминоид (например, М.И. Урысон). Однако В.П. Якимов позиционировал, что такие изменения можно проследить. Он призывал к поиску зачатков нового в анатомии ископаемых форм, поясняя, что изготовление орудий с заданными стандартами представляет процесс сложного взаимодействия различных органов и систем организма. Именно морфологические и функциональные изменения

определенных систем организма могли способствовать успешности решения столь сложной манипуляционной задачи. Ключевые в этой задаче – мозг и руки, способность которых к выполнению определенных трудовых операций должна отражаться в соответствующей морфологии.

В.П. Якимов предполагал, что разграничительная линия между гоминоидными предками человека и древнейшими людьми, по-видимому, проходит в пределах класса 700–800 куб. см, с некоторыми вариациями. Даже противники «мозгового рубикона» до сих пор используют количественный признак оценки размера мозга в качестве классификационного.

В результате В.П. Якимов подчеркивает, что известные на тот момент находки австралопитековых и «президжантропа» *Homo habilis* – не могут быть отнесены к *Homo*, по особенностям морфологии мозга и руки. К тому же на тот момент первые находки олдовайской (олдованской) галечной культуры не давали четкого представления о ее происхождении и связи с определенными антропологическими находками. Связь этой культуры с «президжантропом» на тот момент не кажется В.П. Якимову убедительной.

Выявленные особенности не позволили исследователю поместить австралопитеков в семейство *Hominidae*. По многим признакам австралопитековые и *Homo habilis* близки к специализированным современным понгидам. Наиболее существенным отличием австралопитековых от всех известных понгид является их двуногость, обладание которой они разделяют с человеком. По мнению В.П. Якимова, несмотря на то, что двуногость очень важный признак, это не представляется достаточным для включения австралопитековых в семейство гоминоид.

В.П. Якимов рассматривал австралопитековых как подсемейство в семействе понгид. Но наличие у австралопитековых двуногой локомоции, как и отличия в структуре черепа и зубной системы требуют их отделения от настоящих понгид. В результате В.П. Якимовым непосредственные предки человека определяются не как антропоидные, а как гоминоидные приматы.

### Палеоантропы и «неандертальская проблема»

Потомки архантропов – палеоантропы (древние люди) во всех отношениях представляют продолжение эволюционного развития гоминоид в пределах той же стадии т.н. «формировавшихся людей». Так считал В.П. Якимов как сторонник стадияльной модели антропогенеза.

Как сегодня позиционируется, так и в свое время В.П. Якимов считал, что морфологический прогресс человека на этом этапе эволюции проявляется главным образом в развитии головного мозга. Наиболее интенсивно продолжают развиваться области, функционально связанные с процессами познания свойств предметов, с манипуляционной активностью рук, т.е. с различными сторонами трудовой деятельности и когнитивности в целом. Он отмечал увеличение площади участков в нижней части лобной доли, проанализированной на эндокрахах палеоантропов. Это могло быть доказательством развития речи у палеоантропов. Заметная анатомическая перестройка отмечена, в частности, и на нижней челюсти – органе, заведомо участвующем в речевом процессе.

В.П. Якимов подчеркивал, что палеоантропы отличались большим, по сравнению с предшественниками, запасом сведений об окружающем мире и богатым опытом использования свойств различных предметов в трудовой деятельности. Высокий уровень развития производственной деятельности и социальной структуры палеоантропов способствовали их широкому расселению и обитанию в областях с различными природными условиями. Он отметил значительную вариабельность скелетной морфологии палеоантропов, отражающую адаптацию к факторам среды. Кроме того, исследователь предположил, что среди палеоантропов были варианты, представляющие разные уровни развития социальных отношений.

В связи с выявленным разнообразием, В.П. Якимов приходит к выводу, что название «неандертальцы» нельзя применить ко всем морфологически довольно разнообразным гоминидам конца ашельского и мустьерского времени. Этот термин может быть применен только к некоторым европейским находкам. Ряд краниологических признаков формирует определенную морфологическую характеристику и позволяет их объединить в один вид *Homo neanderthalensis*.

Во времена В.П. Якимова получил широкое распространение термин «палеоантропы». Им объединялись все синхронные группы, что не отражало их систематическую общность. Сегодня в эту группу включают представителей не только неандертальцев, но другого вида – гейдельбергского.

Будучи сторонником стадияльной эволюции человека, В.П. Якимов позиционировал, что человечество в своей эволюции закономерно прошло через неандертальскую фазу. Именно в недрах этого этапа следует искать истоки формирования *Homo sapiens* с особенной культурой и социумом. Важно отметить, что В.П. Якимов предполагал, что отдельные территориальные варианты палеоантропов либо совсем не принимали участия в сапиентизации, либо принимали участие за счет метисации.

По В.П.Якимову, антропологический тип палеоантропов различен даже внутри относительно узко локализованных групп. Примером такого явления являются европейские формы. Среди них можно выделить две группы. Одна, поздняя по времени (вюрмское ледниковье), довольно однородная, обладавшая признаками морфологической специализации (тип Шапелль, «классические» неандертальцы). Другая – более ранняя, менее однородная по морфологическому типу – обладала сапиентными признаками. Палеоантропы этой группы (вариант Эрингсдорф) сочетали в своем строении некоторые примитивные признаки и черты, сближающие их с древними *Homo sapiens*.

В.П. Якимов отмечает различия между рассматриваемыми группами палеоантропов. Палеоантропы типа Шапелль («классические» неандертальцы) характеризовались преимущественно количественным, но не качественным преобразованием мозга. В то же время у ранних палеоантропов группы Эрингсдорф увеличение массы мозга не было столь значительным, но сопровождалось очевидной морфологической перестройкой, повлекшей за собой и изменение черепа.

Исследователем было высказано предположение, что причина различия между указанными двумя группами палеоантропов коренится в специфике процесса эволюции. Суровый ледниковый период Европы, обилие крупных хищников, несовершенство охотничьих орудий при слабом развитии коллективной охоты весьма затрудняли существование древнего населения этой территории. Вследствие действия естественного отбора и половой конкуренции в группах первобытных людей преимущественное положение приобретали особи, обладавшие силой и выносливостью. Примером может служить тип поздних неандертальцев Западной Европы (типа Шапелль). В.П. Якимов выстраивает объяснение сформированной специализации этой группы. Трудные условия существования разделяли неандертальцев на малочисленные, обособленные группы. Низкий уровень потребностей, слабое разделение труда обуславливали весьма редкое общение этих групп, разбросанных на достаточно обширной территории Западной Европы. Изоляция популяций вела к накоплению признаков специализации, вызванных внутри- и межгрупповым отбором.

Важно отметить еще одно замечание В.П. Якимова: на примере краниологических особенностей неандертальцев уже в детском возрасте отражается проявление адаптированности к трудным условиям жизни в приледниковой зоне. Вероятно, вследствие необходимости приобретать раннюю самостоятельность, у неандертальцев была относительно короткая протяженность периода детства. Удлинение этого периода онтоге-

неза привело бы к замедлению взросления ребенка, что могло провоцировать большую детскую смертность и влиять на выживание группы. Удлинение периода детства было возможно в более благоприятных климатических условиях, ослаблявших отбор в направлении развития индивидуальной силы. Здесь преимущество получали группы, у которых отбор вел к накоплению и развитию признаков «разумного человека».

В.П. Якимов, как большинство современных исследователей, считал, что в позднплейстоценовое время оптимальными условиями для сапиентации характеризовалась территория Северной и Восточной Африки, Передней и Южной Азии. Ледниковый климат Европы в значительной степени задержал процесс «сапиентации», направив его по иному пути. Однако вряд ли можно рассматривать поздних неандертальцев Западной Европы (тип Шапелль) просто как «тупик» в эволюции гоминид. Они достигли немалых успехов в развитии культуры, структуры первобытного общества, они владели речью. Но их морфологическая специализация задерживала и усложняла процесс «сапиентации». Другие группы палеоантропов более успешно продвигались на обширных пространствах внеледниковой зоны, и, очевидно, обогнали «шапелльцев» в плане историко-эволюционного совершенствования, дав начало человеку современного вида.

Эта схема не противоречила основной идее зарубежных антропологов, полагавших, что «классические» неандертальцы представляли собой более поздний «реликт» ранее широко распространенных менее специализированных и более «сапиентных» палеоантропов, которые, развиваясь во внеледниковых областях, стали предками современного человека. Антропологические находки этой группы в основном рассматривают как вариант человека гейдельбергского.

Эти выводы позволяют предположить, что маловероятно нахождение за пределами приледниковой зоны Западной Европы палеоантропов, сходных с группой типа Шапелль. И, действительно, обнаруженные к настоящему времени на территории Средней и особенно Передней Азии палеоантропы (Табун, Шанидар, Вади эль-Амуд и Тешик-Таш), по многим признакам сходны с неандертальцами (тип Шапелль), но отличаются большей «сапиентностью» в структуре черепа и отсутствием многих черт специализации.

В.П. Якимов совсем не противоречит современному пониманию дифференциации палеоантропов. Представленный им факт своеобразного развития «классических» неандертальцев в специфических условиях среды и в то же время наличия возможности прогрессивного формирования человека современного вида вне пределов

приледниковой зоны, поднимает вопрос о существовании в конце ледникового периода двух видов ископаемых людей – современного или переходного к нему в восточных областях Европы и неандертальского в западной ее части.

Характерно, что В.П. Якимов аргументировано выступает против взгляда, согласно которому возможно было преобразование морфологически специализированных неандертальцев в человека современного вида. Неандертальцам свойственны многие черты специализации, проявляющиеся в самых различных системах. В.П. Якимов прав, утверждая, что проблема «неандертальской стадии» в антропогенезе еще далека от полного разрешения.

Много лет назад, на основании имеющихся материалов был сделан закономерный вывод, что процесс эволюции человека на этапе «формировавшихся людей» не может быть рассмотрен в виде схематических прямолинейных рядов предков – палеоантропов и возникающих из них потомков – *Homo sapiens*. Процесс был гораздо сложнее и противоречивее, но, прерываясь и порой характеризуюсь явлениями задержки и изменения траектории в развитии, он в целом шел в направлении к формированию человека современного вида.

### Основные научные труды В.П. Якимова

- Якимов В.П.* Онтогенетическое формирование пропорций передних конечностей у человека и млекопитающих // Зоологический журнал, 1946. Т. XXV. № 2. С. 167–170.
- Якимов В.П.* Развитие скелета передних конечностей человека и некоторых млекопитающих // Зоологический журнал, 1947. Т. XXVI. № 4. С. 351–356.
- Якимов В.П.* О двух морфологических типах европейских неандертальцев // Природа, 1949. № 10. С. 27–42.
- Якимов В.П.* О противопоставлении большого пальца руки // Журнал общей биологии, 1949. Т. X. № 3. С. 232–245.
- Якимов В.П.* Европейские неандертальцы и проблема формирования *Homo sapiens* // Краткие сообщения Института этнографии, 1950. Вып. IX. С. 21–23.
- Якимов В.П.* Ранние стадии антропогенеза // Труды Института этнографии, 1951. Т. XVI. Происхождение человека и древнее расселение человечества. С. 7–88.
- Якимов В.П.* Дополнительные расодиагностические признаки на черепе // Краткие сообщения Института этнографии, 1953. Вып. XVIII. С. 76–80.
- Якимов В.П.* Антропологическая характеристика скелетов из могильника на Большом Оленьем острове (Баренцево море) // Сборник Музея антропологии и этнографии, 1953. Т. XV. С. 448–485.
- Якимов В.П.* Проблема соотношения ископаемых людей современного и неандертальского типа // Советская этнография, 1954. № 3. С. 57–62.
- Якимов В.П.* Начальные этапы заселения Восточной Прибалтики // Труды Института этнографии, 1956. Т. XXXII. Балтийский этнографический сборник.

- Якимов В.П. Позднепалеолитический ребенок из погребений на Городцовской стоянке в Костенках // Сборник Музея антропологии и этнографии, 1957. Т. XVII. С. 500–529.
- Якимов В.П. Неандертальская проблема в трудах советских антропологов // Советская антропология, 1957. № 2. С. 147–157.
- Якимов В.П. О древней «монголоидности» в Европе // Краткие сообщения Института этнографии, 1957. Вып. XXVIII. С. 86–91.
- Якимов В.П. Антропологические материалы из неолитического могильника на Южном Оленьем острове (Онежское озеро) // Сборник Музея антропологии и этнографии, 1960. Т. XIX. С. 221–359.
- Якимов В.П. Горизонтальная профилированность лицевого отдела черепа у современных и древних людей // Вопросы антропологии, 1960. Вып. 4. С. 62–69.
- Якимов В.П. Население европейской части СССР в позднем палеолите и мезолите // Вопросы антропологии, 1961. Вып. 7. С. 23–28.
- Якимов В.П. Население Европейской части СССР в позднем палеолите и мезолите // Антропологические доклады на VI Международном конгрессе антропологических и этнологических наук, Париж, 1960. М., 1960.
- Якимов В.П. Глава 9. От обезьяны к человеку, от животного стада к обществу // Очерк диалектики живой природы. М., 1963. С. 319–368.
- Якимов В.П. Непосредственные предшественники человека // У истоков человечества. М., 1964. С. 52–82.
- Якимов В.П. Основные направления адаптивной радиации высших обезьян в конце третичного и начале четвертичного периодов // Труды МОИП, 1964. № 14. Современная антропология. С. 179–189.
- Якимов В.П. Вступительное слово. / Труды VII Международного конгресса антропологических этнографических наук. М.: Наука, 1968. Т. 3 Симпозиум «Проблема грани между животным и человеком». С. 581–586.
- Якимов В.П. Австралопитековые (*Australopithecinae*) // Ископаемые гоминиды и происхождение человека. М.: Наука, 1966. С. 43–90.
- Якимов В.П. Стадии и внутростадиальная дифференциация в эволюции человека. М.: Изд-во МГУ, 1967. 55 с.
- Якимов В.П. Новые данные о скелетных остатках древних людей на территории Советского Союза // Вопросы антропологии, 1983. Вып. 71. С. 14–23.
- Якимов В.П. Черты прерывности в эволюции человека // IX Международный конгресс антропологических и этнографических наук: доклады советской делегации (Чикаго, 1973). М.: Наука, 1973.
- Якимов В.П. О некоторых факторах среды на начальном этапе антропогенеза // Вопросы антропологии, 1974. Вып. 48. С. 50–57.
- Якимов В.П. Новые данные о скелетных остатках древних людей на территории Советского Союза // Вопросы антропологии, 1983. Вып. 71. С. 14–23.
- Колосов Ю.Г., Харитонов В.М., Якимов В.П. Новые находки неандертальцев в Крыму // Природа, 1974. № 4. С. 115–116.
- Колосов Ю.Г., Харитонов В.М., Якимов В.П. Открытие скелетных остатков палеоантропа на стоянке Заскальная VI в Крыму // Вопросы антропологии, 1974, Вып. 46. С. 79–88.
- Якимов В.П., Харитонов В.М. Древние люди (палеоантропы) // Природа и древний человек. М., 1981. 223 с.
- Якимов В.П., Харитонов В.М. К проблеме крымских неандертальцев // Исследование палеолита в Крыму. Киев, 1979. С. 56–67.

Контактная информация:

Харитонов Виталий Михайлович: e-mail: h1946v@yandex.ru.

## FUNDAMENTAL PROBLEMS OF EVOLUTIONARY ANTHROPOLOGY IN THE WORKS OF V.P. YAKIMOV

V.M. Kharitonov

*Lomonosov Moscow State University, Research Institute and Museum of Anthropology, Moscow*

*The name of V.P. Yakimov is primarily concerned with the study of two fundamental scientific problems in evolutionary anthropology: 1) the taxonomic position of australopithecines and 2) the role of European Neanderthals, known at the time, in the biological history of sapientation. Not all views of V.P. Yakimov and other Soviet anthropologists on the evolutionary processes in anthropogenesis are divided at the present time. New findings, approaches and methods have significantly expanded the source of knowledge base of specialists. Nevertheless, the works of V.P. Yakimov are of interest for the history of science and gives an opportunity to assess his contribution to anthropology from the modern positions.*

Keywords: *anthropogenesis, V.P. Yakimov, Australopithecines, hominids, hominins, Neanderthals of Europe*

# ПЁТР НИКОЛАЕВИЧ БАШКИРОВ – УЧЕНЫЙ И УЧИТЕЛЬ

Гудкова Л.К.

*МГУ имени М.В. Ломоносова, НИИ и Музей антропологии, Москва*

*В этом году антропологи отмечали 120-летие со дня рождения П.Н. Башкирова – ученого и педагога. В сфере научной деятельности он в основном занимался проблемами морфологии человека: возрастной изменчивостью признаков, закономерностями роста, физическим развитием и функциональной конституцией. Он вел широкие исследования в области размерной типологии и антропологической стандартизации. Итогом его научной жизни стала монография «Учение о физическом развитии человека». Это фундаментальный труд, который содержит исчерпывающую информацию о столетнем развитии учения, о его теоретических и практических аспектах.*

*На кафедре антропологии биолого-почвенного факультета МГУ П.Н. Башкиров в течение многих лет читал лекции по «Морфологии человека», «Прикладной антропологии», «Биометрии»; вел практические занятия по анатомии человека, по большому практикуму, по антропометрии и антропологической фотографии; руководил дипломными и курсовыми работами, аспирантами, летней практикой студентов.*

*Ключевые слова: антропология, П.Н. Башкиров, морфология человека, антропометрия, физическое развитие человека*

В июне этого года антропологи отмечали важную для нашего сообщества дату: 120-летие со дня рождения замечательного ученого и педагога Петра Николаевича Башкирова. Прежде чем перейти к изложению темы статьи, хочу напомнить, что наша коллега Алла Николаевна Строкина, будучи уже тяжело больной, проделала для нас и для последующих поколений антропологов большую работу. Она собрала информацию о возникновении династии Башкировых, об их родословной и об их деятельности на благо России. Воспоминания Аллы Николаевны опубликованы [Строкина, 2013], и я желаю молодым антропологам прочитать ее очерк и задуматься над тем, что наши университетские наставники были не только учеными, а живыми людьми с непростыми судьбами, с исканиями и сомнениями, но бесконечно преданными науке.

Началом научной деятельности П.Н. Башкирова можно считать 1923 год, когда в трудное после-революционное время в 26-летнем возрасте он поступил в 1-й Московский государственный университет на биологическое отделение физико-математического факультета по циклу соматической антропологии. Уже со студенческих лет он принимает самое активное участие в различных исследованиях, связанных с морфологией, прикладной антропологией, научной фотографией, с изучением близнецов и с физическим развитием рабочих

различных профессий. В 1926 и 1927 годах он участвует в комплексной экспедиции Института антропологии, работавшей в Горьковской области. Известно, что Петр Николаевич был прекрасным полевиком, собранные им материалы отличались методической корректностью и вошли в оборот многочисленных научных изысканий. Например, в рассматриваемой ниже монографии «Учение о физическом развитии человека» он, со свойственной ему скромностью, напишет: «...позволю себе остановиться на собственных наблюдениях во время работы зимой 1932/33 г. в составе Междуведомственной зубной экспедиции в качестве антрополога по изучению эндемического зоба в районе Южного Урала» [Башкиров, 1962, с. 16]. Всего ученый работал не менее чем в двадцати научных экспедициях в самых разных областях Советского Союза.

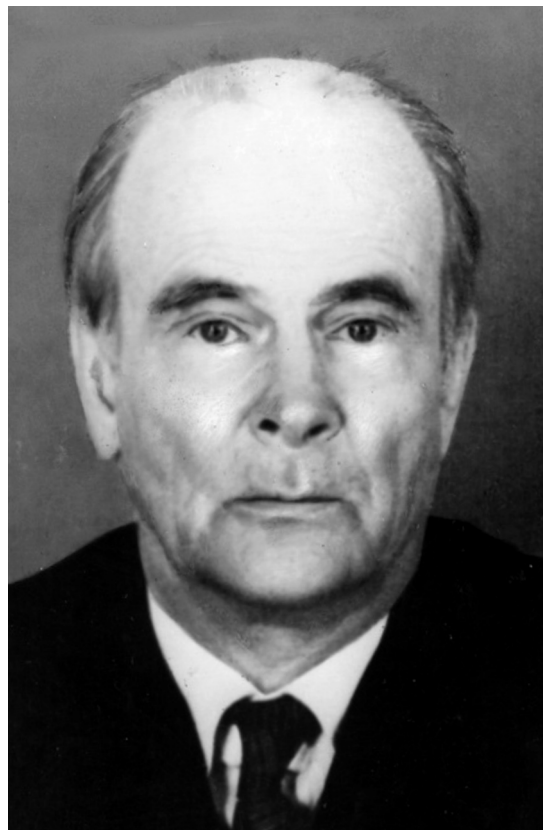
В 1930-е годы П.Н. Башкиров проводит широкие исследования в области размерной типологии и антропометрической стандартизации. Он по праву считается одним из основателей соответствующего раздела антропологии. Материалы исследований были внедрены в различных отраслях промышленности. Среди публикаций этого периода научной деятельности Петра Николаевича чрезвычайно актуальной была его работа «Пропорции тела у различных конституциональных типов» [Башкиров, 1937].

В 1938 году П.Н. Башкиров был приглашен на кафедру антропологии биолого-почвенного факультета МГУ, сотрудником которой он оставался до последних дней своей жизни. Одновременно с педагогической работой на кафедре, Пётр Николаевич занимался разнообразными научными исследованиями. Его интересовали проблемы морфологии человека (в частности возрастная изменчивость признаков), закономерности роста, физическое развитие и функциональная конституция. Его внимание особенно привлекал удельный вес как один из важнейших функциональных показателей физического развития.

В 1942 году П.Н. Башкиров защитил кандидатскую диссертацию на тему «Удельный вес тела взрослых мужчин и факторы, определяющие его изменчивость». Мне кажется, несправедливо относить диссертацию Петра Николаевича исключительно к разряду экспериментальных. Достаточно взглянуть на оглавление рукописи, чтобы понять и теоретическую ценность этой работы.

Материал для своей диссертации исследователь собирал в 1939–1940 годах. Объектом исследования П.Н. Башкирова послужили 180 мужчин в возрасте от 17 до 46 лет. Заметим, что при значительной трудоёмкости сбора материала, численность группы большая. Кроме неоднократного погружения в бак с водой, каждого испытуемого измеряли и описывали (30 измерительных признаков и 6 описательных). Помимо того, постоянно контролировались и поддерживались параметры, влияющие на стабильность внешней лабораторной среды и среды погружения. Надо сказать, что определение удельного веса из-за физиологических особенностей организма, пластичность которых даже в течение очень короткого времени могла заметно изменить объем тела, являлось делом большой сложности. И, конечно, имели место трудности, возникающие из-за различных технических моментов, присущих тому времени. К чести исследователя надо отметить его чрезвычайно ответственное отношение к методической стороне работы. К сожалению, такое качество свойственно не всем научным сотрудникам. Более того, даже от некоторых маститых ученых можно было услышать: «Нечего искать блох в методике – настоящий ученый должен уметь интерпретировать любые результаты». Увы, такой подход доставляет науке много неприятностей.

Отрабатывая методику, Пётр Николаевич неоднократно повторно погружал в воду 25 человек и, будучи невероятно скрупулезным исследователем, написал, что «идентичные результаты получены только в 4-х случаях, в остальных случаях мы имеем дело с известными расхождениями»



Пётр Николаевич Башкиров  
(23.06.1897–20.11.1973)

[Башкиров, 1942, с. 14]. Современному экспериментатору, наверное, будет очень смешно узнать, что «эти расхождения вносят ошибки в величины удельного веса тела в пределах от 0% до 1,2% его средней величины» [Башкиров, 1942, с. 15]. Я не буду излагать все приемы ученого по анализу влияния ошибок и на средние величины, и на дисперсию. Добавлю лишь, что полученный им коэффициент корреляции между данными первого и второго опыта составил 0,999. Вот так делается настоящая наука. А сейчас ряд соискателей даже не могут понять вопроса: «Какова ошибка вашего метода?».

В 1954 году П.Н. Башкиров опубликовал большую статью на тему своей диссертации [Башкиров, 1954]. Хорошо, что он не изменил название, так что его работа стала известна широкому кругу специалистов и заняла достойное место в ряду важнейших морфологических трудов.

Чтобы получить представление о широте научных интересов Петра Николаевича, достаточно просмотреть названия статей, опубликованных

им хотя бы в 1950-е годы. В этих статьях рассматриваются теоретические вопросы учения о конституции и о физическом развитии; удельный вес, форма тела, индексы; антропологическая фотография и т.д. [Башкиров, 1954; 1956; 1957; 1958а, б, в, г; 1959]. Всего П.Н. Башкировым было опубликовано около 40 печатных работ и написано 8 научных отчетов, которые являются «образцом глубины анализа фактических данных, исключительной объективности выводов и строгого методического подхода [Памяти... , 1974, с. 210].

Итогом всей научной жизни П.Н. Башкирова стала изданная в 1962 году монография «Учение о физическом развитии человека». За эту работу в 1968 году ему присудили ученую степень доктора биологических наук. С присущей ему скромностью автор в предисловии напишет, что «настоящая работа является попыткой систематизировать отдельные вопросы учения о физическом развитии человека с теоретической и практической точек зрения» [Башкиров, 1962, с. 3]. А на самом деле – это фундаментальный труд, который содержит исчерпывающую информацию о столетнем развитии одного из направлений антропологии, начиная со второй половины XIX века и заканчивая серединой XX века.

В первую очередь П.Н. Башкиров в полемической форме рассматривает теоретические аспекты учения о физическом развитии человека. Например, он не согласен с отождествлением понятий физического развития и здоровья, так как эти «понятия с биологической точки зрения неадекватные» [Башкиров, 1962, с. 20]. Автор совершенно справедливо считает, что уровень физического развития человека зависит от множества условий. Его состояние определяется не только биологическими факторами (наследственностью), но и в значительной мере влиянием внешних факторов (природных и социальных). Ученый констатирует, что нет тесной корреляции между степенью физического развития и качеством здоровья, поэтому отождествлять эти понятия нельзя: «... ни физическое развитие по отношению к состоянию здоровья, ни последнее по отношению к первому не являются факторами или симптомами» [Башкиров, 1962, с. 23–24] – это всего лишь «параллельные явления». Следуя концепции В.В. Бунака [Бунак, 1940], П.Н. Башкиров под физическим развитием человека понимает «тот комплекс морфофункциональных свойств организма, который в конечном итоге определяет запас его физических сил. При таком понимании оно становится мерилем физической дееспособности организма» [Башкиров, 1962, с. 22]. Однако, уточняет автор, для детей по биологическим причинам (нерав-

номерность процессов роста и формирования организма) такая концепция не вполне подходит. Далее он добавляет, что на детский организм особенно сильно воздействуют социальные факторы среды. Отмечая их влияние, П.Н. Башкиров затрагивает проблему недостаточной точности методов оценки физического развития, «что в первую очередь относится к установлению взаимосвязи между длиной тела, обхватом груди и весом» [Башкиров, 1962, с. 29]. Автор сожалеет, что далеко не всегда методы оценки теоретически обоснованы и практически применимы. Этой проблеме он посвящает отдельную главу, которая в соответствии с логикой изложения, принятой в монографии, будет рассмотрена позже (с. 147).

Поражает обилие информации, заключенной в разделе, посвященном истории учения о физическом развитии человека. Представленные автором многочисленные сведения читать чрезвычайно интересно и полезно. Так, можно узнать, что при наборе на военную службу измерение длины тела новобранцев было официально введено в 1869 г.; что ни один из признаков физического развития не вызвал столько дебатов, как обхват груди; что уже с середины XIX века остро стоял вопрос об унификации способов измерения и т.д. «Несогласованные способы измерения обесценивают антропометрические материалы», пишет Петр Николаевич [Башкиров, 1962, с. 59]. Многочисленные инструкции вносили путаницу и «нередко цифровые значения отдельных антропометрических признаков теряли всякий свой смысл» [Башкиров, 1962, с. 60]. Анализируя литературные источники, П.Н. Башкиров, например, обнаружил 20 способов измерения обхвата груди различными исследователями. Он даёт их описание, указывая на их достоинства и недостатки. Некоторым современным антропологам небезынтересно будет узнать, что в Москве в 1923 г. под председательством В.В. Бунака работала комиссия по унификации антропометрических исследований. Выработанные этой комиссией положения были опубликованы в специальных руководствах. Однако следует заметить, что до сего дня острота вопроса не исчезает.

Обсуждая историю становления антропометрии, П.Н. Башкиров отдает должное заслугам французского антрополога П. Брока, который признан основоположником научной антропометрии, и немецкого антрополога Р. Мартина, который модернизировал антропометрическую методику. И, конечно же, он отмечает важное значение В.В. Бунака, сделавшего работу Р. Мартина доступной для отечественных специалистов.

Антропометрия, считает П.Н. Башкиров, лежит в основе изучения физического развития всех групп населения, в связи с чем, в зависимости от обследуемой группы, можно выделить военную антропометрию, школьную, дошкольную, профессиональную и физкультурную. Читателю будет интересно узнать, что уже в дореволюционной России военной антропометрии уделялось много внимания. Что касается школьной и дошкольной антропометрии, автор обращает внимание на важность исследования детей малочисленных национальных групп. Он пишет о необходимости специального подхода к изучению физического развития новорожденных. В разделе, посвященном профессиональной антропометрии, можно прочесть о большом количестве обследований в дореволюционной России рабочих различных производств. П.Н. Башкиров приводит данные о физическом развитии рабочих ткацкого производства, табачного, шляпного, гончарно-кирпичного и многих других. Физкультурной антропометрией ученый называет направление морфологии, изучающей физическое развитие спортсменов. Надо сказать, что и сегодня многие вопросы, затронутые в этом разделе, не утратили своего значения и представляют для нас не только исторический интерес. Такова, например, тема конституциональных особенностей спортсменов или вопрос о возможности замены непосредственных измерений тела человека измерениями на фотографиях. Автор пишет (заметим, более полувека назад) о значении дисперсионного и факторного анализов, «которые позволят выявить такие особенности в морфологической структуре спортсменов, которые другими методами могут быть и не обнаружены» [Башкиров, 1962, с. 123].

Отдельная глава посвящена методам оценки индивидуального физического развития. П.Н. Башкиров анализирует многочисленные индексы, которые в течение столетия пользовались большой популярностью. В хронологическом порядке с указанием авторов он составил сводку, насчитывающую 54 индекса. Приведены их формулы и классификация по типам. Ученый отмечает как общие недостатки индексов, так и свойственные каждому индексу в отдельности. Основную причину несовершенства этих способов оценки физического развития П.Н. Башкиров видит в их зависимости от возраста, особенно у детей и подростков. Несостоятельность индексов все отчетливее выявлялась «по мере развития вариационной статистики и внедрения в практику антропологии метода корреляции...» [Башкиров, 1962, с. 145]. Со временем этот метод был заменен другими, из которых, пишет автор, наибольшую известность получили

«метод Мартина». Описывая дальнейшее развитие методических подходов к изучению физического развития, П.Н. Башкиров останавливается и на корреляционном анализе, шкалах регрессии; приводит нормативные таблицы и номограммы. Нельзя не упомянуть отношение автора и к понятию нормы, которое до сих пор является предметом дискуссий. Надо сказать, что позиция Петра Николаевича в этом вопросе актуальна и сегодня. «Единственно, что не вызывает сомнения, пишет он, это то, что “норма” не может быть канонизирована ни в направлении своей формы, ни в направлении своей величины; “норм” много, их столько, сколько можно выделить отдельных групп населения по возрастным, половым, территориальным, эпохальным и другим признакам. “Норма” – варьирующее понятие, но где предел её вариации – вопрос, который по существу остаётся нерешенным» [Башкиров, 1962, с. 182].

Широта взглядов автора, его эрудиция и научная интуиция ощущаются буквально на каждой странице его монографии. Это книга на все времена. Например, физическое развитие ученый рассматривает с точки зрения холистического подхода, который, кстати сказать, является сейчас одной из ведущих проблем теоретической биологии [Белоусов, 2001]. Именно в этом контексте звучит программное заявление Петра Николаевича: «Правильная оценка физического развития человека может иметь место только при условии увязки морфологических особенностей организма с функциональными его особенностями» [Башкиров, 1962, с. 201]. Раздел книги, посвященный этой теме, настолько содержателен, что в формате данной статьи трудно даже просто перечислить все затронутые вопросы. Тем не менее, отмечу, что в этой главе обсуждается конституциональная типология, а в отдельных подразделах – «Удельный вес тела человека» и «Форма, пропорции тела» – ученый приводит результаты своих исследований. Неплохо было бы прочитать современным антропологам рассуждение Петра Николаевича о некоторых физиологических показателях (частота сердцебиения, степень кровяного давления, жизненная емкость легких и т.д.), которые так любят некоторые научные сотрудники включать в программы своих исследований и так не любят трактовать получаемые результаты.

Заключая изложение моих впечатлений от монографии П.Н. Башкирова, еще раз подчеркну, что написанная прекрасным языком книга по широте и глубине содержания никогда не утратит своей актуальности. Читать ее интересно, нужно и очень важно. Помимо расширения общетеоретического кругозора, книга поможет специалистам

«правильно ориентироваться в ряде вопросов, возникающих в процессе их практической деятельности» [Башкиров, 1962, с. 29]. Короче говоря, всякий уважающий себя и свою науку антрополог обязан прочитать этот уникальный труд и более того сделать его своей настольной книгой. К сожалению, она уже стала библиографической редкостью. Хочется надеяться, что когда-нибудь ее переиздадут.

Деятельность П.Н. Башкирова не ограничивалась только научно-исследовательскими работами. Он начал преподавать с 1930-х годов. Еще до поступления на кафедру антропологии он читал лекции и вел практические занятия в учебных заведениях легкой промышленности по курсам «Основы морфологии человека» и «Вариационная статистика». В 1938 году П.Н. Башкиров был приглашен на кафедру, где и проработал до последних дней своей жизни. В течение многих лет Пётр Николаевич читал курсы «Морфология человека», «Прикладная антропология», «Биометрия». Следует особо подчеркнуть, что он стал создателем первого курса лекций по морфологии человека. Долгое время для психологов, антропологов, физиологов и других студентов он читал курс «Анатомия человека»; вел практические занятия по анатомии человека, по большому практикуму, по антропометрии и антропологической фотографии; руководил дипломными и курсовыми работами, аспирантами, летней практикой студентов. Им написаны «Методические указания к теоретическому курсу анатомии человека, читаемому для студентов заочных и вечерних отделений биологических факультетов университетов» [Строкина, 2013].

Далее мне бы хотелось вспомнить о П.Н. Башкирове как о нашем учителе. Сейчас мало осталось людей, которые знали его лично, были его студентами и нас всех объединяют самые теплые воспоминания о нем. Мы любили его, между собой ласково называли «Петруша». Нас же он называл исключительно «девушками» и «юношами». В общении с нами Пётр Николаевич всегда бывал предельно вежлив, корректен. Он был доброжелательным и в то же время требовательным преподавателем. На зачете или экзамене мог спросить: «Девушка, а откуда вы это знаете?» – «Так, вы же сами нам говорили». – «Да?...» И отвернется... сам довольный, глаза смеются. Пётр Николаевич был терпеливым слушателем. Однако если мы отвечали неверно, он очень переживал, но, к нашей радости, доброго отношения к нам не менял.

Лекции Пётр Николаевич читал увлеченно. Речь его была простой и очень понятной. Он учил

нас внимательному отношению к терминологии, обращал наше внимание на правильное употребление слов, на правильное их произношение. Например, он объяснял нам, почему надо произносить «антропометрия», а не «антропометрiя». Разъясняя нам некорректность такого ударения, он говорил: «Не говорим же мы «геометрiя» или «географiя».

У него была хорошая располагающая улыбка с этакой хитринкой в глазах. При всем нашем к нему уважению он казался нам иногда ровесником. Может быть, поэтому студенты стремились к нему на курсовые и дипломные работы. С нашего курса, например, из шести человек трое пошли к нему делать дипломную работу. Он был очень заботливым и ответственным руководителем. Пётр Николаевич опекал нас. С одной стороны, он приветствовал нашу самостоятельность, но, с другой стороны, он наблюдал буквально за каждым нашим шагом. Он консультировал нас не только на кафедре, но и у себя дома, где непременно поил чаем.

Я делала у него дипломную работу, которая называлась «Материалы к изучению площадей поверхностей отдельных частей тела человека». Только что Б. Шкерли предложил новый метод вычисления этих площадей, как Петр Николаевич со свойственным ему энтузиазмом взялся за новое дело. Надо сказать, что наше исследование было во всех отношениях репрезентативнее подобных работ (исключительно зарубежных), сделанных, как правило, на небольшом материале. Численность одной возрастно-половой группы в этих работах в среднем не превышала десяти человек. Я же собрала в экспедиции Татьяны Ивановны Алексеевой большой материал – 169 человек, который позволил получить интересные результаты, впервые построить номограммы и сделать важные выводы. «Девушка, неужели вы это сами написали?» – спрашивал руководитель всякий раз, когда я приходила с очередным фрагментом рукописи. «Не может быть», – с наигранным удивлением говорил Пётр Николаевич. Ну, что тут скажешь...

Диплом получил высокую оценку, и я написала статью. Пётр Николаевич был очень доволен, но с присущей ему скромностью категорически отказался от какого-либо выражения благодарности с моей стороны. Пользуюсь случаем выразить ему сейчас самую искреннюю благодарность. Мне иной раз кажется, что многими своими рабочими качествами (скрупулезностью, дотошностью, «поиском блох в методике»), я обязана моему первому руководителю – дорогому учителю Петру Николаевичу Башкирову.

## Библиография

- Башкиров П.Н.* Пропорции тела у различных конституциональных типов // Ученые записки МГУ. 1937. Вып. 10. С. 103–117.
- Башкиров П.Н.* Удельный вес тела взрослых мужчин и факторы, определяющие его изменчивость. Дисс. ... канд. биол. наук. М., 1942.
- Башкиров П.Н.* Удельный вес тела взрослых мужчин и факторы, определяющие его изменчивость // Ученые записки МГУ. 1954. Вып. 166.
- Башкиров П.Н.* Современное состояние вопроса об оценке индивидуального физического развития человека // Материалы конференции по морфологии человека. М.: Изд-во МГУ, 1956. С. 96–118.
- Башкиров П.Н.* Основные принципы антропологической фотографии и пути реализации их при применении малоформатных камер // Краткие сообщения Института этнографии АН СССР. 1957. Т. XXVII.
- Башкиров П.Н.* Жизненная емкость легких, экскурсия грудной клетки и сила отдельных мышечных групп как признаки физического развития // Советская антропология. 1958а. Т. II. № 1. С. 65–79.
- Башкиров П.Н.* Удельный вес тела человека в свете его практического значения для антропологии и медицины // Советская антропология. 1958б. Т. II. № 2. С. 95–103.
- Башкиров П.Н.* Некоторые теоретические вопросы учения о конституции человека // Советская антропология. 1958в. Т. II. № 3. С. 9–20.
- Башкиров П.Н.* Форма тела как показатель физической крепости тела человека // Советская антропология. 1958г. Т. II. № 4. С. 27–37.
- Башкиров П.Н.* Некоторые теоретические вопросы учения о физическом развитии человека // Советская антропология. 1959. Т. III. № 1. С. 21–35.
- Башкиров П.Н.* Учение о физическом развитии человека. М.: Изд-во МГУ, 1962.
- Белоусов Л.В.* Целостность в биологии – общая декларация или основа для конструктивной программы? // Новые идеи. М.: УРСС, 2001. С. 74–82.
- Бунак В.В.* Теоретические вопросы учения о физическом развитии и его типах у человека // Ученые записки МГУ. 1940. Вып. 34. С. 7–57.
- Памяти Петра Николаевича Башкирова // Вопросы антропологии. 1974. Вып. 48. С. 209–210.
- Строкина А.Н.* Петр Николаевич Башкиров // Вестник антропологии. 2013. №2 (24). С. 163–168.

Контактная информация:

*Гудкова Людмила Константиновна:* e-mail: lkgoodkova@bk.ru.

## PETR NIKOLAYEVICH BASHKIROV – SCIENTIST AND TEACHER

L.K. Goodkova

*Lomonosov Moscow State University, Institute and Museum of Anthropology, Moscow*

*This year, anthropologists celebrated the 120th anniversary of the birth of P.N. Bashkirov – a scientist and a teacher. Working in science, he mainly dealt with the problems of human morphology: age variability of features, growth patterns, physical development and functional constitution. He conducted extensive research in the field of dimensional typology and anthropological standardization. The result of these studies is the monograph «The teaching about the physical development of man». It is a fundamental work that contains comprehensive information on the centenary development of the teaching and also on its the theoretical and practical aspects.*

*For many years P.N. Bashkirov worked at the Department of Anthropology of the Biology and Soil Science Faculty of the Moscow State University. There he lectured on «Human Morphology», «Applied Anthropology», «Biometrics»; conducted practical classes on human anatomy, general practicum, anthropometry and anthropological photography; supervised graduate and course works, graduate students, students' summer practice.*

Keywords: *anthropology, P.N. Bashkirov, human morphology, anthropometry, physical development of man*

**М.А. Негашева «Основы антропометрии»: учебное пособие. М.: Экон-Информ, 2017. 2016 с. ISBN 978-5-9500466-5-0 (Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Биологический факультет)**

Основу антропологии всегда составляла морфология (в широком смысле), а основу антропологической морфологии представляет антропометрия – наука об измерении человеческого тела. Именно поэтому с самого начала существования антропологии как самостоятельной отрасли знания измерительной технике придавалось большое значение. При этом центральными проблемами всегда были поиск и обоснование информативности признаков и разработка методов измерений. Для последнего пункта крайне важной была унификация методов, т.к. иначе нельзя было построить картину изменчивости признаков на любой значительной территории. Несмотря на значительные усилия, потраченные антропологами в этом направлении, и на заметный прогресс, в среде антропологов частенько при обсуждении данных того или иного автора можно услышать «Кто мерил?». Надо признать, что существуют негласные «школы» и цепочки «учитель-ученик» как «правильно» мерить тот или иной размер. Даже в учебниках некоторые размеры описаны неясно и допускают разное толкование методики. Безусловно, таких «неясных» размеров мало, но они есть. При измерении тела живого человека, точки «плывут», как бы быстро мы не измеряли и сколь бы измеряемый человек не старался стоять неподвижно. Поэтому для измерителя мало знать от какой анатомической точки и до какой надо провести измерение. Он должен именно «уметь» измерить с наименьшим отклонением от действительного размера. В антропологии всегда ценились хорошие измерители. А для того, чтобы у всех это умение было одинаковым, и пишутся учебные пособия, подобные этому, написанному профессором кафедры антропологии биологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, доктором биологических наук Мариной Анатольевной Негашевой.

Чтобы дать читателю примерное представление о содержании книги, позволю себе перечислить главы.

Глава 1. Основные этапы развития антропометрических методов исследования (краткий исторический обзор).

Глава 2. Подготовка и организация проведения антропометрических исследований.

Глава 3. Инструменты для измерения тела и головы человека (антропометрические инструменты).

Глава 4. Антропометрические точки на туловище и конечностях.

Глава 5. Антропометрические точки на голове.

Глава 6. Методика измерения тела.

Глава 7. Методика измерения головы и лица.

Глава 8. Использование 3D сканеров для антропометрических исследований.

Глава 9. Компонентный состав тела человека и основные методы его определения.

Глава 10. Описательные (соматоскопические) показатели телосложения.

Глава 11. Методы исследования осанки.

Глава 12. Оценки типа телосложения.

Глава 13. Измерение основных функциональных показателей разных систем организма.

Глава 14. Методы оценки физического развития и адаптационных резервов организма.

Библиографический указатель содержит свыше 70 работ и другие справочные материалы, в том числе и «Краткая информация об учебной антропометрической практике».

Хотелось бы сразу отметить, что текст написан ясным русским языком в очень хорошем шрифтовом выполнении. Автор использует полужирный шрифт и курсив для акцентирования важных моментов (названия признаков, специальные термины, методических комментариев и т.д.). Все измерения иллюстрированы фотографиями, чего практически ранее не было ни в одном учебнике.

Позволю себе привести цитату из текста по поводу измерения обхватов: «Начальный конец сантиметровой ленты (с цифрой 0) берется исследователем в левую руку и фиксируется раскрытыми большим и указательным пальцами спереди или сбоку (в поле зрения) на туловище или конечности респондента. Правой рукой исследователь обхватывает туловище измеряемого (грудь, талию, ягодицы), переносит ленту за его спиной, или сегмент конечности (плечо, предплечье, бедро, голень) так, чтобы другой конец ленты положить непосредственно над нулевым концом, и фиксирует (диктует помощнику) полученное зна-

чение признака. При всех измерениях лента должна прилегать плотно к телу, но без сдавливания (деформации) мягких тканей. При измерении подавляющего большинства обхватов (исключение составляют варианты обхвата груди) лента должна лежать на обследуемом респонденте строго в горизонтальной плоскости (параллельно полу)» (с. 27). За всем этим чувствуется профессионал-преподаватель высокого класса.

Несмотря на то, что пособие рассчитано в основном на студенческую аудиторию, оно будет полезно и практикующим антропологам, и другим специалистам смежных профессий. Рецензент, лично, по прочтении текста, понял, что теперь у него будет прекрасный справочник по различным антропометрическим методам, особенно по новым (формулы для определения компонентного состава тела, биоимпедансный анализ, схемы телосложения, построенные на измерительных признаках – В.П. Чтецова, Б.Хит и Дж. Картера, В.Е. Дерябина, справочные таблицы по измерениям и функциональным показателям и т.п.).

Рецензент полагает, что через пару-другую лет возникнет потребность во втором издании и, предвидя это, хотел бы сделать некоторые комментарии, которые несомненно носят субъективный характер.

1. Во «Введении» желательно упомянуть о существовании кранио- и остеометрии как естественных составных частей общей антропометрии.

2. Хорошо было бы, хотя бы кратко, остановиться на роли антропологической фотографии как источника получения объективной информации.

3. Хотелось бы, чтобы в книге было несколько страниц с расчетами основных статистических параметров.

4. Хотелось бы также иметь не только краткое описание допустимых погрешностей измерения (с. 32), но и описание технических приемов их уменьшения (например, проведение повторных измерений, практике пометок точек на теле с помощью дерматографа и т.п.).

5. Возможно, стоит привести некоторые основные описательные признаки головы и лица.

6. Очень хотелось бы прочитать мнение такого опытного исследователя как М.А. Негашева о психологических приемах контакта с исследуемым во время измерения, о внешнем виде исследователя и его личной гигиене. Немалая доля успеха исследования, в том числе и качестве собранных материалов, зависит от таких «нюансов».

Автор рецензии хорошо понимает, что нельзя объять необъятное. Уже в том виде, как книга существует, она самодостаточна.

Рецензент хотел бы привести некоторые комментарии по поводу отдельных измерений:

1. Говоря об измерительных лентах, автор не упоминает о швейцарских металлических антропометрических лентах. Обычные аргументы против них: металлические ленты «холодят» тело и врезаются в мягкие ткани, а также неплотно прилегают, что не очень убедительно. Но при этом не упоминается, что они имеют специальное покрытие, которое не «холодит», они не растягиваются, и поэтому не надо с собой иметь сразу несколько лент для замены растянувшихся, и не надо постоянно проверять их, а также они легко и качественно дезинфицируются.

2. В свое время, когда меня обучали измерениям на теле, Н.Ю. Лутовинова и М.И. Уткина обратили мое внимание на возможные различия в технике измерения ширины лодыжки у разных измерителей. Дело в том, что мышечки большой и малой берцовых костей, как правило, находятся на разной высоте от поверхности пола. Поэтому при измерении, как показано на рисунке 39 (с. 63), инструмент приходится наклонять, чтобы захватить наиболее выступающие точки мышечков. Второй способ – производить измерение сзади и захватывать эти точки инструментом, находящимся выше мышечков и наклоненным вперед. Если первый способ дает как бы косой размер, то второй дает проекционный размер, при этом он меньше первого. У В.В. Бунака в его учебнике «Антропометрия» метод измерения этого признака изложен так: «...наибольшее горизонтальное расстояние между мышечками большой и малой берцовых костей» (Бунак В.В. Антропометрия. М., 1941. с. 62). Тут ключевое слово «горизонтальное» и ему соответствует второй способ измерения.

3. Несколько комментариев к измерению лица. На практике все измерения в области глаз следует проводить с инструментом, расположенным практически параллельно плоскости лица. Этот способ безопаснее и менее «пугающий» измеряемого. Измерение высоты носа лучше проводить инструментом сбоку, ближе к плоскости лица, а не перпендикулярно ему, как показано на рисунке 83 (с. 94). При опущенном кончике носа подносовую точку трудно достать при фронтальном измерении. Под высотой верхней губы в российской школе антропометрии понимают ее кожную часть, не включая слизистую составляющую (рис. 85, с. 95). Но у В.В. Бунака изложен именно тот способ, который приведен автором пособия (Бунак В.В. Антропометрия. М., 1941. с. 90). В этом случае мы имеем дело с одной из модификаций размера, как и некоторых других, возникших в про-

цессе полевых исследований после выхода в свет книги В.В. Бунака «Антропометрия».

Эти особенности традиционной антропометрии стимулируют поиски так называемых «объективных» методов получения информации. Но, как правило, эти методы требуют дополнительных условий для их применения (электроэнергия, специальное помещение, определенное физиологическое состояние исследуемого и т.п.), что в настоящий момент, особенно при полевых исследованиях, трудноосуществимо на практике. Ре-

цензент полагает, что антрополог с небольшим набором швейцарского инструмента и с фотоаппаратом еще долго будет центральной фигурой в антропометрических исследованиях. Для подготовки таких профессионалов и пишутся книги, подобные рецензируемой.

В целом учебное пособие, написанное Мариной Анатольевной Негашевой, производит весьма благоприятное впечатление. Это своевременный и профессионально исполненный труд. Он будет полезен не только для антропологов, но и для специалистов смежных профессий.

*И.В. Перевозчиков*