

ИЗУЧЕНИЕ АССОЦИАЦИИ КАРТОГРАФИРОВАННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ЗДОРОВЬЯ С ТЕМПАМИ ВОЗРАСТНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ СКЕЛЕТА У ВЗРОСЛОГО СЕЛЬСКОГО НАСЕЛЕНИЯ РОССИИ

Цель работы. Выделение из обширного комплекса экологических характеристик, представленных в работе тех, которые в наибольшей степени связаны с темпами онтогенеза, маркируемыми возрастными изменениями скелета человека в сельских популяциях.

Материал и методы. Были изучены 4483 рентгеновских снимка левой кисти человека в сельских популяциях, сгруппированных в 15 групп в соответствии с проживанием в 15 административно-территориальных образованиях на территории России, для которых картографировались экологические показатели. В каждой из этих групп определены индивидуальные биологические признаки старения скелета и по методу ОССЕО и получены популяционные обобщающие онтогенетические характеристики. Из карт, представленных в атласе, «Окружающая среда и здоровье населения России» (1995) были выбраны 24, описывающие изменчивость традиционно учитываемых в экологии человека характеристик демографии, экологии и параметров окружающей среды. Для выявления связей между биологическими признаками старения скелета и демографическими, климатогеографическими, экологическими и медицинскими показателями использованы множественный регрессионный анализ и метод главных компонент.

Результаты. Блок выбранных демографических показателей не дал значимых корреляций ни с одним из биологических признаков старения скелета. Для блока климатогеографических характеристик найдена множественная детерминация темпа старения скелета кисти комплексом географических факторов, как у мужчин, так и у женщин. В блоке экологических показателей, описывающих антропогенное воздействие на среду обитания, выявлены высокие значения множественной корреляции со всеми популяционными характеристиками возрастных изменений скелета, за исключением возраста начала старения (у обоих полов). С новыми вычисленными признаками из блока медицинских показателей также получены высокие значения множественных корреляций, но их количество меньше, чем в блоке экологических показателей. Это два признака у мужчин (темпа старения и возраст 100% проявления признаков старения скелета в популяции) и один (темпа старения) у женщин.

Обсуждение. Полученные результаты дают основание утверждать, что экологические условия, особенно связанные с антропогенным изменением среды обитания, ассоциируются с темпами старения скелетной системы у человека. Проведенный анализ не только наличия, но и направлений (по знаку) связей биологических признаков старения скелета и главных компонент картированных признаков показывает, что они носят не случайный характер, а имеют биологический и экологический смысл. Таким образом, экологическую причину изменчивости принятых в рентгеноантропологии биологических признаков старения скелета можно считать еще раз подтвержденной.

Ключевые слова: экологическая антропология; рентгеноантропология; темпы онтогенеза; темпы старения в сельских популяциях России

Введение

Возрастные изменения в организме человека на этапах созревания и старения присущи всем тканям и органам, в том числе и костной системе. Продолжительность разных стадий онтогенеза, маркируемых по возрастным изменениям в костной системе, и их соотношение по длительности, вероятно, изменялись на разных этапах эволюции нашего вида. Относительно недавно было показано, что методы оценки скелетного (биологического) возраста, разработанные для современного человека, хронологически выглядят весьма стабильными и для ископаемых гоминид на этапе неандертальцев и более поздних стадий [Karasik et al., 1998]. Однако, как на уровне индивидуума, так и в масштабе популяции, реальные проявления возрастных биологических изменений в разнообразных современных экологических условиях оказываются различными по срокам развития. Причем эти различия, с одной стороны, подчиняются некоторым общим эндогенным закономерностям и влияниям, но в целом ряде случаев могут ассоциироваться со средой обитания данной популяции и действующими в ней факторами биосоциального (антропогенного) и ландшафтно-климатического характера [Павловский, 1987; Бацевич, Павловский, 2007; Белкин с соавт., 2012]. Это обстоятельство послужило основанием для включения биологических показателей старения скелета (БПСС) в комплекс антропоэкологических характеристик. Однако морфофизиологическое обследование любой реальной популяции редко сопровождается соответствующей доступной информацией о локальных факторах среды и состоянии здоровья в изучаемой группе. Поэтому публикация Атласа «Окружающая среда и здоровье населения России» [Атлас..., 1995], содержащего ранжированные сведения по демографии, природным характеристикам, степени антропогенной деформации среды по отдельным регионам, представляет исследователям возможность провести сопоставление биологических показателей старения скелета с разнообразными средовыми характеристиками.

Таким образом, основная задача работы заключается в выделении из всего комплекса экологических характеристик такие, которые в наибольшей степени определяют темпы биологического созревания и старения скелета человека в сельских популяциях.

Подобное по замыслу исследование уже было выполнено ранее с привлечением меньшего количества групп и с использованием данных, полученных до внесения изменений в методику ОССЕО (см. ниже) [Бацевич, Дерябин, Павловский, 1999].

Материал и методы

С использованием градаций картированных данных из [Атласа..., 1995] оказалось потенциально возможным изучить ассоциации экологических параметров внешней среды с биологическими показателями старения скелета для 24 популяций в 15 административно – территориальных подразделениях на территории России. Оценки биологических показателей старения скелета были получены в группах русского сельского населения Ярославской, Воронежской, Липецкой, Архангельской, Курской областей и Республики Коми; у русских и бурят с территории Республики Бурятия; у коренного чувашского и башкирского населения с территориями Чувашии и Башкирии; у ненцев Тюменской области; у чукчей и эскимосов Чукотки; у коряков, ительменов и эвенов Камчатки; у саамов Кольского полуострова; у карел Республики Карелия; у коренных жителей 4 районов Республики Тува; у алтайского и казахского населения Республики Алтай. Всего с целью получения возрастных характеристик были изучены рентгенограммы 4483 чел. обоюбого пола в возрасте от 18 до 90 лет [Бацевич с соавт., 2009]. Описание рентгенограмм выполнены двумя сотрудниками лаборатории, систематически проводивших коннексию получаемых результатов.

Данные для атласа [Атлас..., 1995] собирались до 1992 г. включительно. С учетом продолжительности формирования и динамики экологических особенностей территорий, а так же дат сбора рентгенографических материалов (1970–1980 годы), имеющиеся комплексы характеристик вполне сопоставимы во временном аспекте.

Сбор антропоэкологических данных проходил в экспедиционных выездах. Индивидуальные результаты определения признаков старения кости во всех изучаемых группах были получены в лаборатории антропоэкологии НИИ и Музея антропологии МГУ имени М.В. Ломоносова.

Для определения биологических показателей старения скелета использовалась оригинальная методика ОССЕО, разработанная О.М. Павловским [Павловский, 1987]. Она основана на количественном суммарном учете наличия признаков возрастной перестройки костей, таких, как экзостозы, суставные деформации, апиостозы, проявления остеопороза на рентгенографических снимках кисти.

По мере расширения применения метода ОССЕО для населения разных регионов, в него вносились отдельные дополнения и изменения, согласованные с автором метода. В частности, для оценки темпов накопления элементов старения

костей кисти, вместо метода скользящей средней был использован другой, более адекватный биометрический прием – линейный регрессионный анализ. В данной работе регрессионный анализ между хронологическим возрастом и баллом старения во всех группах проводился, начиная с возраста, в котором в данной популяции впервые встречаются индивидуумы с признаками возрастной перестройки кости. Индивидуумы с нулевым баллом старения, которые не достигли этого возраста, не включались в анализ. Также из списка учитываемых признаков были исключены эностозы, участки кости с повышенной плотностью, частота встречаемости которых в группах не имела возрастной зависимости [Бацевич, Ясина, 2000; Бацевич с соавт., 2009]. Имеющиеся в лаборатории антропозологии рентгенографические материалы для всех обследованных групп были пересмотрены в 1999 году и пересчитаны в едином ключе.

В работе были использованы следующие групповые характеристики биологических показателей старения скелета: начало старения, точка А – эмпирический возраст, в котором в данной популяции впервые встречаются индивидуумы с признаками возрастной перестройки кости; точка Б – эмпирический возраст, после которого все 100% индивидуумов в данной популяции имеют хотя бы один признак возрастной изменчивости на скелете кисти; АБ – продолжительность возрастного интервала, от точки А до точки Б, в течение которого в популяции происходит накопление возрастных изменений; коэффициент b из уравнения линейной регрессии $y = a + bx$, определяющий угол наклона линии регрессии к оси X , обозначен как темп старения (ТС) в изучаемой группе.

При благоприятном протекании онтогенеза в популяции точки А и Б сдвигаются на более поздние сроки, а возрастной интервал АБ расширяется. Темп старения (ТС) является наиболее информативным и интегральным показателем темпов онтогенеза в обследованных популяциях. Адаптированные популяции, находящиеся в гомеостатическом равновесии со средой обитания, характеризуются низкими значениями темпами старения. Каждый групповой показатель при обсуждении дополнительно маркируется буквами М (мужчины) и Ж (женщины) в зависимости от пола (например, ТСм и ТСж). Используемые признаки проиллюстрированы графически и представлены в нескольких методических работах [Павловский, 1987; Бацевич с соавт., 2009; Batsevich, Yasina, Kobylansky, 2013].

Биологические показатели старения скелета в рамках этой работы представлены для отдельных популяций, если это было одианное исследование в области или республике. Если на учитываемой

административной территории исследования проводились в нескольких популяциях (отдельных населенных пунктах и т.п.), то данные объединялись внутри каждого административно–территориального подразделения. Например, был получен общий набор биологических показателей старения скелета для 4 популяций в Туве и для 8 популяций в Бурятии. В подобных случаях объединялись индивидуальные данные, полученные в разных популяциях. Все анализы материалов проводились отдельно для мужчин и женщин.

Для проведения статистических вычислений групповые характеристики из принятой программы исследований биологические показатели старения скелета предварительно были преобразованы в балловую систему.

Из более чем 300 карт Атласа [Атлас..., 1995] было выбрано 24, наиболее близких к традиционно учитываемым в экологии человека критериям демографии, экологии и параметрам природной среды [Прохоров, 1999; 2001]. Привлечены данные об особенностях питания и общей оценке уровня жизни, включены общие параметры медицинской статистики (младенческая смертность, прогнозируемая продолжительность жизни в разные периоды, смертность от некоторых «главных» болезней: ишемической болезни сердца, злокачественных новообразований и заболеваний органов дыхания). Ниже приводится список карт и градации признаков.

I. Блок демографических показателей

1. Карта 1.4 – плотность сельского населения (балл 1 – менее 0,1 чел./км², балл 7 – 16-38 чел./км²).
2. Карта 1.10 – демографическая нагрузка на сельское население (балл 1 – менее 56,1 чел., балл 7 – свыше 70 чел.).
3. Карта 1.13 – соотношение полов, количество мужчин на 1000 женщин (балл 1 – менее 910, балл 7 – 1100-1152).
4. Карта 1.17 – естественный прирост населения (балл 1 – более +14, балл 7 – 3,5-7,6).

II. Блок климатогеографических показателей

1. Карта 2.1 – число дней в году с отрицательной температурой (балл 1 – менее 40, балл 7 – 260-300).
2. Карта 2.5 – интегральная оценка дискомфорта климата (балл 1 – комфортный, балл 7 – резко дискомфортный).
3. Карта 2.6 – годовое количество осадков (балл 1 – менее 150 мм, балл 7 – 1700-2500 мм).
4. карта 2.15 – содержание кальция в поверхностных породах (балл 1 – менее 1%, балл 7 – более 6%).
5. Карта 2.21 – доля лесопокрытой площади от общей площади земель (балл 1 – менее 6%, балл 7 – 67-81%).

6. Карта 2.31 – интегральная оценка устойчивости экосистем к антропогенному воздействию (балл 1 – минимальная устойчивость, балл 7 – максимальная устойчивость).

III. Блок экологических показателей

1. Карта 2.88 – качество поверхностных вод. Максимальные уровни превышения ПДК (балл 1 – менее чем в 2 раза, балл 7 – в 150–340 раз)
2. Карта 2.103 – интегральная оценка антропогенного воздействия на среду (балл 1 – минимальное воздействие, балл 7 – максимальное воздействие).
3. Карта 2.104 – интегральная оценка антропогенной трансформации природных экосистем (балл 1 – минимальная, балл 7 – максимальная)
4. Карта 2.111 – соотношение углеводов и животного белка в питании населения (балл 1 – менее 3, балл 7 – 7,5–8,6).
5. Карта 2.113 – загрязнение систем водоснабжения (балл 1 – менее 14%, балл 7 – 60–73%)
6. Карта 2.114 – загрязнение пищевых продуктов (балл 1 – менее 20%, балл 7 – 54–61%)
7. Карта 2.132 – интегральная оценка уровня жизни (балл 1 – высший уровень, балл 7 – минимальный уровень).

IV. Блок показателей уровня здоровья

1. Карта 3.11 – младенческая смертность до 1 года на 1000 чел. родившихся (балл 1 – менее 15, балл 6 – 30–32,3).
2. Карта 3.70 – продолжительность предстоящей жизни в 15 лет (балл 1 – более 58, балл 6 – 48,2–50,5).
3. Карта 3.71 – продолжительность предстоящей жизни в 45 лет (балл 1 – более 30,5, балл 6 – 24,2–25,8).
4. Карта 3.72 – продолжительность предстоящей жизни в 65 лет (балл 1 – более 15, балл 7 – 10,6–11,5).
5. Карта 3.83 – стандартизованный коэффициент смертности от ишемической болезни сердца на 100 тыс. чел. (балл 1 – менее 120, балл 7 – 480–552).
6. Карта 3.84 – стандартизованный коэффициент смертности от злокачественных новообразований на 100 тыс. чел. (балл 1 – менее 80, балл 7 – 116,5–124).
7. Карта 3.102 – сверхсмертность мужчин трудоспособного возраста от заболевания органов дыхания (балл 1 – менее 1,6, балл 7 – 4,5–5,5).

Статистическая обработка данных была направлена на выявление связей между биологическими показателями старения скелета и демографическими, климатогеографическими, экологическими и медицинскими показателями. Для этого использованы

методы одномерной и многомерной статистики – множественный регрессионный анализ и метод главных компонент [Дерябин, 1983].

Набор рассматриваемых групп населения не может рассматриваться как некая случайная выборка из всех возможных таких групп, расселенных на территориях с определенными комплексами значений демографических, экологических и медицинских показателей. Это делает невозможным применение точных критериев проверки статистических гипотез и делает суждение о достоверности связей ориентировочными. Принималось во внимание количество повышенных значений связей между биологическими показателями старения скелета и главными компонентами в каждом блоке картографированных показателей.

При проведении биометрической обработки данных соблюдался ряд условий и применена следующая последовательность действий.

В наших материалах количество рассматриваемых признаков (24) значительно превышает число групп населения (15). Вместе с тем применение методов корреляции требует обратного соотношения – превышение числа объектов (групп) над признаками. Это затруднение частично преодолевалось путем разбиения всего набора картированных показателей на 4 блока (см. выше).

Для каждого блока показателей предварительно проводился компонентный анализ, который выявлял новые интегративные признаки – главные компоненты, которые не коррелируют между собой. Благодаря этому, уменьшается число новых, вычисленных признаков, так как количество значимых главных компонент заметно меньше числа исходных показателей. В результате множественная регрессия каждого из биологических показателей старения скелета находится не по 4–7 исходным признакам, а по 2–3 значимым главным компонентам, так что проблема малого числа объектов (групп) становится менее острой.

При проведении множественного регрессионного анализа могла возникнуть проблема так называемой мультиколлинеарности, суть которой заключается в следующем: если независимые переменные, комплексное влияние которых на изучаемый признак оценивается, связаны высокими взаимными корреляциями, то результаты могут оказаться ненадежными, и доверять им будет рискованно [Айвазян с соавт., 1985; Вучков с соавт., 1987].

Для устранения проблемы мультиколлинеарности множественная регрессия каждого из биологических показателей старения скелета рассчитывалась не по исходным признакам, а по главным компонентам, найденным для них.

Благодаря последовательному применению методов компонентного анализа и множественной регрессии указанные проблемы были, в основном, решены.

Результаты

На первом этапе исследования был проведен компонентный анализ в каждом из четырех блоков картографированных показателей. Получены новые интегративные признаки, уменьшилось их количество для выполнения следующего этапа.

Блок демографических показателей

Получены высокие нагрузки на два фактора, которые совместно описывают около 96% суммарной вариации. Первый фактор имеет значимые нагрузки и в области больших своих величин описывает комбинацию высоких баллов плотности сельского населения, демографической нагрузки на него и низких баллов соотношения полов. Малые величины этого главного фактора соответствуют комбинации малых баллов плотности сельского населения, демографической нагрузки на него и высоких баллов соотношения полов. Вторая главная компонента зависит только от балла естественного прироста населения (табл. 1).

Блок климатогеографических показателей

Первые три главные компоненты имеют высокие нагрузки на факторы и совместно описывают примерно 97% суммарной вариации. Первая главная компонента в области больших значений описывает комбинацию низких баллов числа дней в году с отрицательными температурами и интегральной оценки комфортности климата, а также высоких баллов интегральной оценки устойчивости экосистем. Малые величины этого главного фактора соответствуют комбинации высоких баллов числа дней в году с отрицательными температурами, интегральной оценки комфортности климата и низких баллов интегральной оценки устойчивости экосистем. Вторая главная компонента в области больших значений описывает комбинацию низких баллов содержания кальция в поверхностных породах и высоких баллов доли лесопокрытой площади от общей площади земель. Третья главная компонента зависит, главным образом, от годового количества осадков (табл. 2).

Таблица 1. Результаты применения метода главных компонент при статистической обработке географических карт, содержащих демографические данные

Table 1. Principal components analysis of mapped demographic data

Карты	Нагрузки на главные компоненты	
	1	2
К. 1.4	0,760 *	0,612
К. 1.10	0,949 *	-0,192
К. 1.13	-0,987 *	0,014
К. 1.17	-0,135	0,975 *
% суммарной вариации	61,79	34,06

Примечания. * – $p < 0,05$.

Notes. * – $p < 0,05$.

Таблица 2. Результаты применения метода главных компонент при статистической обработке географических карт, содержащих климатогеографические данные

Table 2. Principal components analysis of mapped climate data

Карты	Нагрузки на главные компоненты		
	1	2	3
К.2.1	-0,967*	-0,019	-0,150
К.2.5	-0,900*	0,254	-0,318
К.2.6	0,262	-0,164	0,950*
К.2.15	0,371	-0,901*	0,115
К.2.21	0,244	0,907*	-0,185
К.2.31	0,788*	0,593	0,116
% суммарной вариации	43,9	34,69	18,14

Примечания. * – $p < 0,05$.

Notes. * – $p < 0,05$.

Блок экологических показателей

Первые три главные компоненты имеют высокие нагрузки на факторы и совместно описывают около 98% суммарной вариации. Первая главная компонента в области больших значений описывает комбинацию высоких баллов качества поверхностных вод, интегральной оценки антропогенной трансформации природных экосистем, соотношения углеводов и животного белка в пище. Малые величины этого фактора соответствуют комбинации малых баллов этих трёх признаков. Вторая главная компонента в области больших значений описывает комбинацию высокого балла общей

Таблица 3. Результаты применения метода главных компонент при статистической обработке географических карт, содержащих экологические данные

Table 3. Principal components analysis of mapped environment data

Карты	Нагрузки на главные компоненты		
	1	2	3
К.2.88	0,971*	0,107	-0,197
К.2.103	-0,293	-0,953*	0,014
К.2.104	0,966*	0,173	0,133
К.2.111	0,905*	0,348	-0,200
К.2.113	-0,442	-0,267	0,840*
К.2.114	0,203	0,537	0,810*
К.2.132	0,128	0,988*	0,057
% суммарной вариации	43,44	34,4	20,9

Примечания. * – $p < 0,05$.

Notes. * – $p < 0,05$.

оценки уровня жизни и низкого балла общей оценки антропогенного воздействия на среду. Малые значения второй главной компоненты описывают комбинацию низкого балла общей оценки уровня жизни и высокого балла общей оценки антропогенного воздействия на среду. Третья главная компонента в области больших значений описывает комбинацию высоких баллов загрязнения систем водоснабжения и загрязнения пищевых продуктов (табл. 3).

Блок показателей состояния здоровья

Четыре главных компоненты имеют высокие нагрузки на показатели и совместно описывают приблизительно 97% суммарной вариации. Первая главная компонента в области больших значений описывает комбинацию высоких баллов оценки продолжительности предстоящей жизни в возрасте 15 лет, смертности от злокачественных новообразований и низких баллов смертности от болезней органов дыхания. Малые значения нагрузок первой главной компоненты соответствуют комбинации малых баллов оценки продолжительности предстоящей жизни в возрасте 15 лет, смертности от злокачественных новообразований, и высокого балла смертности от болезней органов дыхания. Вторая главная компонента описывает общий уровень смертности от ишемической болезни сердца. Третья главная компонента зависит, главным образом, от детской смертности. Четвёртый главный фактор в области больших

Таблица 4. Результаты применения метода главных компонент при статистической обработке географических карт с показателями состояния здоровья

Table 4. Principal components analysis of mapped health status data

Карты	Нагрузки на главные компоненты			
	1	2	3	4
К.3.11	0,129	-0,161	0,965*	-0,003
К.3.70	0,711*	0,004	0,318	0,580
К.3.71	0,271	0,154	0,170	0,927*
К.3.72	0,159	0,253	-0,212	0,907*
К.3.83	-0,017	0,921*	-0,215	0,312
К.3.84	0,887*	0,259	0,177	0,327
К.3.102	-0,843*	0,509	0,063	-0,048
% суммарной вариации	30,3	18,4	16,9	31,8

Примечания. * – $p < 0,05$.

Notes. * – $p < 0,05$.

значений описывает комбинацию высоких баллов оценок продолжительности предстоящей жизни в 45 и 65 лет (табл. 4).

Вычисление показателей множественной регрессии отдельных биологических показателей старения скелета с наборами других признаков, полученных из Атласа [Атлас..., 1995] и преобразованных методом главных компонент, дали следующие результаты.

Было найдено, что высокой множественной корреляции между отдельными биологическими показателями старения скелета и данными из блока демографических показателей у обоих полов не обнаружено.

При вычислении множественной регрессии между биологическими показателями старения скелета и преобразованными данными для блока климатогеографических характеристик найдено, что высокая теснота множественной связи обнаружена в этом блоке только для признаков темпа старения ТСм и ТСж. Исправленные оценки множественной детерминации соответственно равны -0,425 и -0,79. Наиболее выражены отрицательные по знаку связи со второй главной компонентой, описывающей содержания кальция в порожистых породах и долю лесопокрытой площади от общей площади земель. У женщин дополнительно выявлена положительная по знаку связь и с третьей главной компонентой, описывающей годовое количество осадков.

Вычисление множественной регрессии биологических показателей старения скелета (БПСС)

и набором преобразованных данных из блока экологических характеристик показало высокую тесноту связи с целым рядом показателей, за исключением возраста начала старения популяции (А). Найдены связи с такими признаками, как Бм, АБм, ТСм, Бж, АБж, ТСж. Исправленная оценка множественной детерминации этих признаков колебалась от 0,35 до 0,98. В высокой степени теснота связи БПСС характерна для разных признаков и разных полов и для всех трех главных компонент. Первая главная компонента в области больших значений описывает комбинацию высоких баллов качества поверхностных вод, интегральной оценки антропогенной трансформации природных экосистем, соотношения углеводов и животного белка в пище. Вторая главная компонента в области больших значений описывает комбинацию высокого балла общей оценки уровня жизни и низкого балла общей оценки антропогенного воздействия на среду. Третья главная компонента описывает оценку степени загрязнения систем водоснабжения и пищевых продуктов.

При вычислении множественной регрессии для блока медицинских показателей у мужчин обнаружены высокие оценки множественной детерминации двух признаков старения: А (начало старения популяции) – 0,57 и АБ (продолжительность возрастного интервала старения популяции) – 0,623, а также темпа старения у женщин (0,702). У мужчин в наибольшей степени выражена связь со второй и третьей главными компонентами, описывающими общий уровень смертности от ишемической болезни сердца и величину детской смертности. У женщин темп старения в большей степени связан с вариацией первой главной компоненты, которая описывает в совокупности продолжительность предстоящей жизни в возрасте 15 лет, смертность от злокачественных новообразований и болезней органов дыхания.

Обсуждение результатов

Приступая к настоящей работе, мы априори не ожидали высокой согласованности сопоставляемых признаков. Основная причина заключается в ранге сравниваемых показателей, а именно: биологические показатели старения скелета получены на уровне отдельных популяций (от одной до 8 на каждый рассматриваемый регион), а рассматриваемые картографированные признаки – на уровне областей, республик и т.д. Это обстоятельство не позволяет учесть в полной мере весьма важ-

ную межпопуляционную изменчивость и внутреннюю региональную вариабельность экологических характеристик. Принимая во внимание это обстоятельство, можно было предполагать, что полученные результаты о связях биологических показателей старения скелета с представленными картографическими характеристиками, даже на уровне тенденций, будут информативными и полезными для понимания сути антропоэкологических связей.

Прежде всего, рассмотрим количественное наличие выявленных связей биологических показателей старения скелета с демографическими, экологическими и медицинскими показателями.

Блок выбранных демографических показателей не дал сколько-нибудь значимых корреляций ни с одним из биологических показателей старения скелета.

При анализе результатов множественной регрессии для блока климатогеографических характеристик, найдена множественная детерминация темпа старения на уровне 42% у мужчин и 79% – у женщин.

Блок экологических показателей, отражающий антропогенное воздействие на среду, дал наибольшее количество связей с биологическими показателями старения скелета. У мужчин и женщин это практически весь набор признаков, за исключением возраста начала старения (показатель А). Множественная детерминация имеет значения от 34% до 98%.

Блок медицинских показателей также дал значительное количество связей. У мужчин обнаруживается связь с показателями: А (возраст начала старения популяции), АБ (продолжительность возрастного интервала старения популяции) и ТС (темп старения), а у женщин только с темпом старения (ТС). Множественная детерминация имеет значения от 30% до 70%.

Заключение

Полученные результаты дают основание утверждать, что экологические условия, особенно связанные с антропогенным изменением среды обитания, ассоциируются с темпами старения популяции. Усиление антропогенного давления на среду вызывает экологический стресс и ускорение темпов онтогенеза в популяциях. Этот вывод согласуется с литературными данными, где предполагается, что неадекватные внешние условия являются основной причиной ускоренного старения всех организмов, и человека в том числе [Халлявкин, 1998].

Другой важный вывод можно сделать относительно экочувствительности различных биологических показателей старения скелета. Очевидно, что самым надежным в этом отношении можно считать темп старения. Он показывает согласованность возрастных процессов у взрослого населения с характеристиками природно-средового комплекса, уровня антропогенного воздействия на среду и медико-статистическими параметрами, как у мужчин, так и у женщин.

Из преобразованных картографических показателей в климатогеографическом блоке с темпом старения ассоциируется, в основном, изменчивость второй главной компоненты, описывающей комбинацию содержания кальция в поверхностных породах и долю лесопокрытой площади от общей площади земель.

В экологическом блоке найдена связь возрастных показателей рентгенографии со всеми тремя главными компонентами. Первая из них описывает качество поверхностных вод, интегральную оценку антропогенной трансформации природных систем и соотношение углеводов и животного белка в пище. Вторая включает оценку уровня жизни и антропогенного воздействия на среду. Третья описывает загрязнение систем водоснабжения и пищевых продуктов.

В блоке медицинских показателей у мужчин найдена статистическая зависимость темпов возрастных изменений скелета от второй главной компоненты, описывающей смертность от ишемической болезни сердца. У женщин в большей степени проявилась влияние первой главной компоненты, которая описывает в совокупности продолжительность предстоящей жизни в 15 лет, смертность от злокачественных новообразований и болезней органов дыхания.

В заключение, был проведен анализ не только наличия, но и направлений (по знаку) связей биологических показателей старения скелета и главных компонент картированных признаков. Он показывает, что эти связи носят не случайный характер, а имеют биологический и экологический смысл. В то же время можно отметить известную сложность в интерпретации полученных результатов в силу комплексного воздействия факторов среды на биологические показатели старения скелета в популяциях человека.

Во всяком случае, экологическую зависимость принятых в рентгеноантропологии биологических показателей старения скелета, полученных ранее [Бацевич, Дерябин, Павловский, 1999], можно считать еще раз подтвержденной.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 18-09-00417\18, «Новые антропологические исследования в Республике Тува. Мониторинг адаптивных процессов через 40 лет».

Библиография

- Айвазян С.А., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. Прикладная статистика. Исследование зависимостей. М.: Финансы и статистика, 1985. 487 с.
- Атлас «Окружающая среда и здоровье населения России». М.: ПАИМС, 1995, 448 с.
- Бацевич В.А., Дерябин В.Е., Павловский О.М. Опыт соотнесения показателей окружающей среды и здоровья с хронобиологическими характеристиками взрослого населения российских сёл // Экологическая антропология. Ежегодник. Материалы VII научно-практической конференции «Экология человека в пост-чернобыльский период» Минск, 1999, с. 43-45.
- Бацевич В.А., Павловский О.М. Изменение социальных условий и ритм онтогенеза в популяциях человека // Вопросы антропологии, 2007. Вып. 93. С. 3-17.
- Бацевич В.А., Павловский О.М., Мансуров Ф.Г., Ясина О.В. Региональные аспекты антропозкологии и динамика онтогенеза в популяциях человека // Расы и народы: современные этнические и расовые проблемы: ежегодник. М.: Наука, 2009. Вып. 34. С. 78-115.
- Бацевич В.А., Ясина О.В. Темпы онтогенеза у населения Монголии // Вопросы антропологии, 2000. Вып. 90. С. 87-103.
- Белкин В.Ш., Коростышевский М.А., Бацевич В.А., Павловский О.М., Кобылянский Е.Д. Корреляции морфологических характеристик популяций человека с климатогеографическими факторами // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология, 2012. № 1. С. 63-75.
- Вучков И., Бояджиева Л., Солаков Е. Прикладной линейный регрессионный анализ. М.: Финансы и статистика, 1987. 230 с.
- Дерябин В.Е. Многомерная статистика для антропологов. М.: Изд-во МГУ, 1983, 227 с.
- Павловский О.М. Биологический возраст человека. М.: Изд-во МГУ, 1987. 280 с.
- Прохоров Б.Б. Экология человека. Понятийно-терминологический словарь. М.: Изд-во МНЭПУ, 1999. 348 с.
- Прохоров Б.Б. Глава 9. Изучение здоровья в экологии человека // Экология человека. Учебное пособие. М.: Изд-во МНЭПУ, 2001. С. 210-232.
- Халевкин А.В. Взаимодействие «организм-среда» и причины старения // Успехи геронтологии, 1998. Вып. 2. С. 43-48.

Сведения об авторах

Бацевич Валерий Анатольевич, к.б.н.;
ORCID ID: 0000-0003-3833-1588; batsevich53@mail.ru.

Batsevich V.A.

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

ASSOCIATION OF ENVIRONMENTAL AND HEALTH MAPPED INDICATORS AND RATE OF SKELETON AGE-RELATED CHANGES IN AN ADULT RURAL POPULATION OF RUSSIA

Aim of the study is to select ecological characteristics most connected to ontogenesis rates. Ontogenesis rate is evaluated as age changes in the skeleton.

Materials and methods. 4483 left hand x-ray images of rural population from 15 administrative regions of Russia were studied. Individual skeletal age characteristics were determined according to OSSEO method and were used to construct generalized ontogenetic characteristics of the populations. 24 maps representing demographic, ecological and environmental characteristics traditionally used in human ecology were selected from "Environment and health of the population of Russia" (1995) atlas. Regression analysis and principal component analysis were used to detect connections between skeletal aging and demographic, environmental, health indicators.

Results. No significant correlations were found between skeletal age markers and demographic characteristics. Climate conditions according to our results influence the aging rate of hand skeleton in both men and women, and ecological markers describing the human impact on the environment are correlated with all population-level characteristics of age-related changes of the skeleton except aging onset. Two characteristics in men (the rate of aging and the age of 100% display of skeletal aging in the population) and one (the rate of aging) in women are significantly correlated with newly calculated characteristics of health.

Discussion. Ecological condition especially those associated with anthropogenic impact on the environment are related to aging rates of a human skeleton. Analysis of presence and direction of correlations between age-related changes of the skeleton and principal components of mapped characteristics shows that these correlations aren't random but have biological and ecological meaning. Thus, the existence of the ecological basis of biological signs of skeletal aging is once again confirmed.

Keywords: ecological anthropology; x-ray anthropology; ontogenesis rates; Russian rural population aging rate

References

- Ayvazyan S.A., Enyukov I.S., Meshalkin L.D. *Prikladnaya statistika. Issledovanie zavisimostey* [Applied statistics. Addiction studies]. Moscow, Finance and statistics Publ., 1985. 487 p. (In Russ.).
- Atlas «Okruzhayushchaya sreda i zdorov'e naseleniya Rossii» [Atlas «Environment and health of the population of Russia»]. Moscow, PAIMS Publ., 1995. 448 p. (In Russ.).
- Batsevich V.A., Deryabin V.E. Pavlovsky O.M. Opyt sootneseniya pokazateley okruzhayushchey sredy i zdorov'ya s chronobiologicheskimi karakteristikami vzroslogo naseleniya rossiyskikh syel [Experience of correlation of environmental and health indicators with chronobiological characteristics of the adult population of Russian villages]. In: *Ekologicheskaya antropologiya. Ezhegodnik* (Materialy VII nauchno-prakticheskoy konferenzii «Ekologiya cheloveka v postchernobyl'skiy period») [Environmental anthropology. Yearbook. Materials of the VII Scientific-practical Conference «Human Ecology in the post-Chernobyl period»] Minsk, 1999, pp. 43-45.
- Batsevich V.A., Pavlovsky O.M. Izmenenie sotsial'nyh uslovij i ritm ontogeneza v populyatsiyah cheloveka [Changes in social conditions and the rhythm of ontogenesis in human populations]. *Voprosy antropologii* [Problems of Anthropology], 2007, 93, pp. 3-17. (In Russ.).
- Batsevich V.A., Pavlovsky O.M., Mansurov F.G., Yasina O.V. Regional'nye aspekty antropoekologii i dinamika ontogeneza v populyatsiyah cheloveka [Regional aspects of anthropoecology and dynamics of ontogenesis in human populations]. In: *Rasy i narody: sovremennyye etnicheskije i rasovyye problemy: ezhegodnik* [Races and Peoples: Modern Ethnic and Racial Problems: Yearbook]. Moscow, Nauka Publ., 2009, 34, pp. 78-115. (In Russ.).
- Batsevich V.A., Yasina O.V. Tempy ontogeneza u naseleniya Mongolii [The pace of ontogenesis of the population of Mongolia] *Voprosy antropologii* [Problems of Anthropology], 2000, 90, pp. 87-103. (In Russ.).
- Belkin V.Sh., Korostishevsky M.A., Batsevich V.A., Pavlovsky O.M., Kobyljansky E. Korrelyazii morfologicheskikh karakteristik

- populyaziy cheloveka s klimatogeograficheskimi faktorami [Correlation between morphological features of human populations and climatic-geographical conditions]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 23. Antropologiya* [Moscow University Anthropology Bulletin], 2012, 1, pp. 63-75. (In Russ.).
- Vuchkov I., Boyadzhieva L., Solakov E. *Prikladnoy lineynyy regressionnyy analiz* [Applied linear regression analysis]. Moscow, Finansy i Statistika Publ., 1987. 230 p. (In Russ.).
- Deryabin V.E. *Mnogomernaya statistika dlya antropologov* [Multidimensional statistics for anthropologists]. Moscow, Izdatelstvo MGU Publ., 1983, 227 p. (In Russ.).
- Pavlovsky O.M. *Biologicheskij vozrast cheloveka* [Biological age in man]. Moscow, MSU Publ., 1987. 280 p. (In Russ.).
- Prokhorov B.B. *Ekologiya cheloveka. Ponyatiyno-terminologicheskii slovar'* [Ekologiya cheloveka. Conceptual and terminological dictionary.] Moscow, MNEPU Publ., 1999, 348 p. (In Russ.).
- Prokhorov B.B. Glava 9. Izuchenie zdorov'ya v ekologii cheloveka [Chapter 9. The study of health in human ecology]. In: *Ekologiya cheloveka. Uchebnoe posobie* [Human ecology. Textbook]. Moscow, MNEPU Publ., 2001, pp. 210-232. (In Russ.).
- Chalyavkin A.V. *Vzaimodeystvie «organizm-sreda» i prichiny stareniya* [The interaction of the «organism-environment» and the causes of aging]. *Uspechi Gerontologii* [Advances in gerontology], 1998, 2, pp. 43-48. (In Russ.).
- Batsevich V.A., Yasina O.V., Kobylansky E. Age-related skeletal changes in adult populations under various social and geographical conditions: An anthropo-ecological study. *Archaeology, Ethnology and Anthropology of Eurasia*, 2013, 41 (4), pp. 146-154. DOI: 10.1016/j.aeae.2014.07.016.
- Karasik D., Arensburg B., Tillier A-M., Pavlovsky O.M. Skeletal Age Assessment of Fossil Hominids. *Journal of Archaeological Science*, 25 (7), 1998, pp. 689-696.

Information about Authors

Batsevich Valery A., PhD; ORCID ID: 0000-0003-3833-1588; batsevich53@mail.ru.