

УДК 572.781 + 577.7

НОВЫЙ ПОДХОД К ИССЛЕДОВАНИЮ СТАРЕНИЯ СКЕЛЕТА

© Д.В. Максинев

Maxinyov D.V. A new Approach to Researches into Skeleton Aging. A new method of researches into skeleton aging with an X-ray application, i.e. age differential osceography, is described. The analyses is based on 18 indications. For the first time every marker of age involution is studied as a separate index. Methods of osceogrammes application and computer analysis is described in detail. Sex dimorphism on age bone reconstruction criteria are revealed. Different meanings of separate markers in the process of skeleton senile involution are determined.

Всестороннее исследование процесса старения организма человека является одним из приоритетных направлений биологической науки, вследствие особенностей демографической ситуации в экономически развитых странах. Проблема старения также и социально обусловлена, так как общество заинтересовано в оптимальном участии лиц, находящихся на стадии постдефинитивного онтогенеза, в процессах прогрессивных преобразований социума.

Интерес к проблеме старения в антропологии находит выражение в интенсивном развитии особого направления науки о человеке - геронтоантропологии, рассматривающей в возрастном плане факторы общего биологического статуса взрослого человека.

Существенное значение для исследования указанной антропологической проблематики имеет поиск и анализ соответствующих маркеров старения организма. Общеизвестно, что возрастные изменения характерны для всех без исключения функциональных систем, однако среди морфологических показателей степени старения организма особое место занимает костная система вследствие своей консервативности и относительной легкости дефиниции отдельных признаков старческой инволюции с помощью рентгенографии. Наиболее часто с целью изучения старения скелета используется кисть, т.к. этот сегмент верхней конечности принадлежит к оптимальным объектам для подобных исследований.

Формирование рентгеноантропологии как отдельного направления науки связано с именем Д.Г. Рохлина, который доказал наличие специфических проявлений старения костно-суставного аппарата, рассматривавшихся до этого как патологические изменения [1].

Дальнейшее исследование старения скелета связано с именем Б.А. Никитюка, которым были изучены функциональные аспекты возрастной инволюции скелета, проанализирована связь старения различных отделов скелета,

взаимосвязь старения скелета и телосложения человека, предложена классификация признаков старения [2, 3].

Среди трудов иностранных ученых следует особо отметить монографию А. Познанского [4], а из последних работ - статью Е. Кобылянского, где предложена математическая модель, описывающая процесс старения скелета кисти [5].

На современном этапе указанная проблематика получила свое развитие в работах сотрудников НИИ антропологии МГУ (Т.И. Алексеева, М.С. Архангельская, О.М. Павловский, В.А. Бацевич и др.). Они анализировали возрастную изменчивость костно-суставного аппарата на внутри- и межпопуляционном уровнях. О.М. Павловским была предложена концепция "возрастного остеоморфного статуса" (ВОС), в рамках которой старение каждого индивида оценивается количеством "эквидистантных оссеографических баллов" - совокупности конкретных признаков инволюции скелета кисти без учета степени их развития и дифференцировки на отдельные типы [6]. В работах Павловского получили освещение также экологические аспекты старческих изменений скелета [7, 8].

Концепция ВОС была применена для анализа возрастной остеоморфной динамики в более чем 30 популяциях на территории СНГ и за его пределами. Подобный подход, несмотря на очевидные его достоинства в плане унификации межпопуляционных наблюдений, имел и определенные недостатки, а именно, не позволял выяснить, какие признаки являются изначально присущими старению, а какие носят случайный характер, какова последовательность появления признаков инволюции и т.п. Поэтому в качестве дальнейшего развития концепции возрастного остеоморфного статуса нами предлагается "возрастная дифференциальная оссеография", понимаемая как метод исследования старения скелета, в пределах которого каждый

из анализируемых критериев возрастной инволюции рассматривается в качестве самостоятельного показателя. Следует заметить, что наша методика была создана при анализе старения костей кисти, однако может применяться и для любых других участков скелета.

Целью нашей работы было исследование старения скелета дистального отдела верхней конечности по системе признаков дифференциальной оссеографии в следующих аспектах: возрастном, половом, отчасти этническом и территориальном.

Материалом для исследования служили оссеограммы левой кисти 1300 человек обоего пола, принадлежащих к пяти близким этнотерриториальным группам - 3 выборки из Центральной России (Воронежская, Липецкая и Курская области), популяция русских в Азербайджане и для сравнения - коренное население этого региона. Все группы представлены сельским населением, так как именно в селах наблюдается наибольшая эпохальная устойчивость возрастной остеоморфной динамики [6]. Анализировались только фаланги пальцев II-V лучей.

Работа с оссеограммами проводилась на негатоскопе и сопровождалась заполнением специального бланка для каждого снимка. На оссеограмме визуально идентифицировались признаки возрастной перестройки кости и отмечались на специальной карте старения единым цифровым кодом.

При определении признаков старения мы руководствовались схемой Павловского [6]. Нами учитывались 18 маркеров инволютивных изменений кисти, разделенные на 4 группы. В группу остеофитов входят наблюдаемые преимущественно в области суставов краевые костные разрастания - так называемые "узлы". Некоторые из них носят имена ученых, впервые их описавших (узлы Эбердена, Бушара, Рохлина), а другие условно названы нами буквами латинского алфавита - А, В, С и т.д. Эти признаки старения имеют компенсаторно-приспособительный характер, так как они увеличивают суставную поверхность кости в условиях возрастной потери костного вещества и разрушения суставных хрящей. Сюда же относятся апиостозы на дистальных фалангах, являющиеся чрезмерно развитыми вариантами ногтевой бутриности, экзостозы на диафизах фаланг, возникновение которых связано с обызвествлением мест прикрепления сухожилий, и известковые конгломераты - точечные инкрустации извести, часто наблюдаемые у вершин остеофитов.

Ко второй группе критериев старения относятся проявления инволютивного остеопороза - разрушения костной ткани вследствие потери минеральных веществ с возрастом. Помимо пороза, учитываемого как отдельный признак, в эту группу входят участки атрофии кости - небольшие округлые полости с обязательным

сохранением кортикального слоя, лакуны - кистовидные образования без сохранения слоя компакты, и резорбция костного края - разволокнение компактного вещества кости.

Третью группу маркеров возрастных трансформаций кости образуют остеосклеротические изменения - уплотнение костного вещества в итоге чрезмерной деятельности остеобластов. Сюда были отнесены эностозы (более крупные одиночные очаги склероза) и склеротические ядра - скопления мелких компактных островков. В литературе высказывалось мнение, что эти элементы не связаны с возрастом, а являются следствием перенесенных индивидом заболеваний с высокой нагрузкой на организм [9, 10]. Чтобы проверить это положение, данная группа костных признаков вошла в программу исследования.

В последнюю, четвертую, группу элементов старения, определяемую как "нетравматические суставные деформации", входит только один признак - сужение суставной щели. С возрастом в суставах возникают дегенеративные изменения, которые приводят к разрушению суставного хряща, капсула сустава несколько сморщивается, что на оссеограмме диагностируется как снижение высоты суставной щели.

Отметим, что нами было описано 7 новых признаков старения, вошедших в предлагаемую классификацию [11]. Общий вид всех анализируемых критериев возрастных изменений кисти представлен на рис. 1.

Статистическая обработка материала проводилась на персональной ЭВМ типа IBM PC/AT и включала несколько этапов. Вначале для каждой группы рассчитывались следующие показатели: процентное распределение признаков дифференциальной оссеографии по структурным элементам скелета кисти (лучам и фалангам), средняя встречаемость всех маркеров старения в каждом десятилетнем возрастном интервале, возраст и последовательность появления признаков инволюции скелета кисти. В связи с крайней редкостью ряда элементов (узлы В и С, атрофия кости, резорбция костного края, склеротические ядра) в исследованных группах они были исключены из последующего анализа.

Очередной этап обработки потребовал применения стандартных статистических программ. Для многомерного анализа данных был использован метод главных компонент как оптимально соответствующий поставленной задаче [12, 13]. Рассчитывались первые три главные компоненты отдельно для признаков на дистальных, средних и проксимальных фалангах, после чего проводился отбор наиболее "ценных" маркеров с повторным их анализом.

Предварительный анализ позволил объединить все изучаемые группы в единый массив данных по признакам дифференциальной оссеографии, после чего полученная совокупность была разделена на 10 возрастных когорт

(первые две по 10 лет, последующие, начиная с 40 лет - по 5) с дальнейшей их обработкой методом главных компонент.

В результате проведенного исследования были получены основные характеристики признаков старения скелета кисти, приводимые ниже. Показатели получены путем усреднения данных по 5 группам.

Апиостозы появляются у мужчин в 29,4 лет, у женщин в 32,6. Локализуются у обоих полов преимущественно на IV луче со следующей частотой в % (здесь и далее: минимальная частота - средняя частота - максимальная частота встречаемости): мужчины 13,95 - 32,36 - 51,67; женщины 14,41 - 27,49 - 43,19.

Узлы А наблюдаются у мужчин с 31 года, у женщин с 36 лет. Локализуются обычно на V луче со следующей частотой: мужчины 2,08 - 4,65 - 22,54; женщины 0,98 - 3,15 - 16,09.

Узлы Эбердена диагностируются у мужчин с 27,2 лет, у женщин с 32. Располагаются у мужчин главным образом на V луче с частотой 18,33 - 33,68 - 53,59; у женщин на II луче кисти с частотой 22,47 - 35,24 - 52,31.

Узлы Рохлина отмечаются у мужчин с 32,2 лет, у женщин с 34,8. Находятся преимущественно на II луче у обоих полов с частотой 16,0 - 40,73 - 82,35 у мужчин и 12,38 - 34,51 - 60,0 у женщин.

Узлы Бушара обнаруживаются у мужчин с 29,2 лет, у женщин с 35,4. Локализуются у обоих полов главным образом на V луче с частотой 17,65 - 35,65 - 58,44 у мужчин и 7,14 - 29,26 - 75,24 у женщин.

Узлы D появляются у мужчин с 41,4 лет, у женщин с 44,4. Находятся главным образом на V луче со следующей частотой: мужчины 0,81 - 8,97 - 50,0; женщины 1,45 - 11,64 - 41,4.

Узлы E встречаются с 30 лет у мужчин и с 30,8 у женщин. Локализуются обычно на III луче с частотой 6,67 - 21,25 - 39,60 у мужчин и 2,13 - 16,54 - 43,33 у женщин.

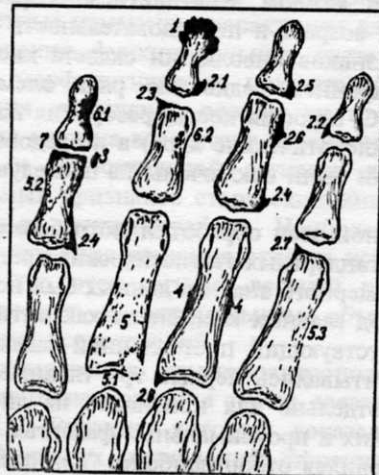


Рис. 1. Синтетическая схема элементов старения скелета кисти. I. Остеофиты: 1 - апиостоз, 2.1 - узел А, 2.2 - узел Эбердена, 2.3 - узел Рохлина, 2.4 - узел Бушара, 2.5 - узел В, 2.6 - узел С, 2.7 - узел D, 2.8 - узел E, 3 - известковые конгломераты, 4 - экзостоз. II. Пороз: 5 - остеопороз, 5.1 - очаг атрофии, 5.2 - лакуна, 5.3 - резорбция костного края. III. Склероз: 6.1 - энностоз, 6.2 - склеротические ядра. IV. Нетравматические суставные деформации: 7 - сужение суставной щели.

Известковые конгломераты диагностируются у мужчин с 48,4 лет, у женщин с 46,8. Располагаются преимущественно на II луче около средних фаланг с частотой 0,25 - 3,75 - 7,69 у мужчин и 0,44 - 4,93 - 13,04 у женщин.

Экзостозы отмечаются с 30,2 лет у мужчин и с 34,2 у женщин. Находятся главным образом на IV луче и на проксимальных фалангах. Частота встречаемости: мужчины 0,21 - 34,22 - 93,33; женщины 0,54 - 31,91 - 78,95.

Пороз начинается у мужчин с 49,6 лет, у женщин с 43,2. Наблюдается чаще всего на V луче и на средних фалангах. Частота встречаемости: мужчины 0,81 - 6,99 - 30,16; женщины 3,33 - 18,42 - 34,61.

Лакуны диагностируются у мужчин с 48,2 лет, у женщин с 46,4. Отмечаются наиболее часто на III луче и на средних фалангах. Частота встречаемости у мужчин 0,46 - 3,63 - 6,67; у женщин 0,19 - 1,71 - 5,26.

Энностозы появляются у обоих полов практически одновременно: у мужчин в 27,2 лет, у женщин в 27,6. Наиболее обычны энностозы на дистальных фалангах, а также на III луче у мужчин и на II и IV лучах у женщин. Признак встречается с частотой у мужчин 0,48 - 2,98 - 12,28; у женщин 0,32 - 3,10 - 7,94.

Сужение суставной щели диагностируется у мужчин с 36,2 лет, у женщин с 37,6. Этот маркер инволюции особенно характерен для дистальных межфаланговых суставов, а также для V луча кисти. Частота встречаемости: мужчины 0,44 - 12,94 - 27,65; женщины 0,33 - 13,84 - 25,74.

Таким образом, возрастные изменения скелета кисти начинают появляться достаточно рано - в среднем в 27 лет (минимальный возраст 21 год у русских мужчин в Азербайджане). В трех группах (русские Азербайджана, Курской и Липецкой областей) более раннее начало возрастной инволюции скелета отмечено у мужчин. Первые признаки старения наблюдаются на дистальных фалангах кисти, которые и созревают (синостазируют) в процессе онтогенеза быстрее других фаланг. Преобладающее количество изучаемых маркеров старения появляется в третьем и четвертом десятилетиях жизни. Кумулятивный период, т.е. интервал между временем появления первого и последнего элементов, в европейских группах был короче у мужчин на 12 лет, тогда как в Закавказье данный возрастной диапазон значительно меньше у женщин. Были выявлены половые различия по локализации проявлений старения: у мужчин они отмечались наиболее часто на V и III лучах кисти, а у женщин на V и IV. Наиболее интенсивно стареющими фалангами кисти у мужчин являются дистальные и средние, а у женщин отмечено более равномерное распределение (в основном за счет остеопоротических изменений), с небольшим преобладанием средних и проксимальных фаланг. Максимальное разнообразие признаков старения кисти отмечалось после 50 лет. В итоге компонентного анализа были получены значения

нагрузок первых трех главных компонент для каждого показателя старения отдельно по трем группам фаланг, а затем для отобранных "ценных" признаков по всем фалангам. Полученные главные компоненты интерпретированы нами следующим образом. Первая главная компонента есть интегративный показатель старения, учитывающий вклад каждого исследуемого признака в процесс возрастной трансформации скелета. Другими словами, чем больший коэффициент у первой компоненты имеет данный признак, тем большее участие в старении скелета он принимает. Вторая компонента определена как интегративный показатель остеопороза - одного из фундаментальных проявлений старения. Эта компонента описывает согласованность процессов поротических изменений с другими маркерами инволюции кости. Третья компонента характеризует наиболее важные по значимости (после остеопороза) взаимосвязи признаков старения. Три компоненты в совокупности описывают около 45 % изменчивости показателей, что на первый взгляд кажется недостаточным. Однако, если учесть специфику признаков, которые имеют описательный характер и определяются с известной долей субъективизма, а также общее возможное количество компонент (не менее 20), то для целей исследования учитываемый уровень изменчивости вполне репрезентативен.

В качестве иллюстрации в табл. 1 приведены нагрузки главных компонент для признаков старения дистальных фаланг кисти у мужчин Воронежской области. Из таблицы следует, что наибольший вклад в старение дистальных фаланг принадлежит узлам Эбердена, апиостозам и сужениям суставной щели. Отрицательную связь с возрастом показывают эностозы. Проявления остеопороза, высокая значимость которого для старения подтверждена следующей компонентой, сочетается со слабым развитием сужений щели дистальных межфаланговых суставов, что согласуется с положением об альтернативном характере этих двух возрастных элементов. С другой стороны, связка "апиостозы - эностозы" свидетельствует, что развитие склеротических изменений концевых фаланг связано с наличием апиостозов. Подобные описания получены для всего массива наблюдений.

Таким образом, компонентный анализ позволил установить различную ценность изучаемых признаков для процесса старения костно-суставного аппарата кисти. К ведущим критериям старения относятся остеопороз (особенно у женщин), сужения щели дистальных межфаланговых суставов, узлы Эбердена и Бушара, апиостозы. В меньшей мере связаны со старением экзостозы и другие остеофиты. Отрицательную связь с возрастом обнаружили эностозы и лакунарные образования. Следовательно, подтверждена природа склеротических изменений скелета как не связанных с

возрастом и являющихся следствием перенесенных заболеваний. Итоги работы позволяют предположить, что лакуны есть конечный результат воспалительных процессов в кости и лишены возрастной нагрузки. Противоречивый характер связи с возрастом обнаружили известковые конгломераты и узлы А, которые по-разному ведут себя в исследованных популяциях. Узлы В у обоих полов и узлы С у мужчин обнаружили нейтральность по отношению к вектору возраста. Подобное распределение изучаемых признаков по их таксономическому значению для процессов возрастных преобразований скелета показывает, что старение организма в целом следует рассматривать как синтетический процесс, соединяющий в себе не только накопление результатов стрессов и болезней, но и существенные компенсаторные механизмы, позволяющие минимизировать нарастающие инволютивные изменения и поддерживать функционирование организма на необходимом для жизни уровне.

Компонентный анализ выявил наличие значительного полового диморфизма в протекании возрастных изменений кисти по системе признаков дифференциальной оссеографии, особенно выраженного на средних фалангах кисти как наиболее стабильных ее сегментах. Было установлено существование нескольких альтернативных типов старения кости (остеофиты, пороз, сужение суставной щели), а также

Таблица 1.
Нагрузки главных компонент для признаков старения на дистальных фалангах у мужчин Воронежской области

Признаки	1	2	3
DF5A	0.631	0.065	-0.308
DF5NA	0.313	0.251	0.102
DF5NH	0.743	-0.035	0.049
DF5POR	0.304	-0.893	-0.072
DF5EN	-0.080	0.088	-0.792
DF5NAS	0.623	0.115	0.186
DF4A	0.519	0.167	-0.409
DF4NH	0.670	0.133	0.073
DF4POR	0.316	-0.912	-0.052
DF4RI	-0.132	-0.012	0.054
DF4EN	-0.093	0.084	-0.715
DF4NAS	0.480	0.313	0.168
DF3A	0.582	0.155	-0.389
DF3NA	0.148	0.125	0.126
DF3NH	0.719	0.084	0.088
DF3POR	0.271	-0.797	-0.043
DF3EN	-0.135	0.079	-0.633
DF3NAS	0.491	0.329	0.233
DF2A	0.547	0.183	-0.378
DF2NH	0.804	-0.009	0.052
DF2POR	0.316	-0.912	-0.052
DF2EN	0.011	0.100	-0.717
DF2NAS	0.459	0.121	0.187

Обозначения к таблице: DF2 - дистальная фаланга II луча; DF3 - дистальная фаланга III луча; DF4 - дистальная фаланга IV луча; DF5 - дистальная фаланга V луча; A - апиостоз; CP - известковый конгломерат; EN - эностоз; NA - узел А; NAS - сужение суставной щели; NH - узел Эбердена; POR - остеопороз; RI - лакуна. Например: DF5A - апиостоз на дистальной фаланге V луча.

показано, что на уровне индивидуума старение скелета проявляется главным образом в виде одного типа.

Многомерный анализ признаков старения по возрастным когортам показал неодинаковый вклад каждого изученного элемента в процесс старческих трансформаций скелета на различных этапах онтогенеза, причем отмечены и половые отличия по указанным данным. Показано, что наибольшая согласованность в хронологии появления признаков старения у мужчин и женщин наблюдается на ранних стадиях зрелости - до 40 лет. Затем появляются различия: у мужчин узлы Рохлина и узлы Е имеют существенное значение для старения кисти в более ранние сроки, чем у женщин, у которых, в свою очередь, раньше отмечались среди наиболее значимых для старения признаков узлы Бушара, узлы D и известковые конгломераты. Наличие полового диморфизма в инволютивных преобразованиях скелета обусловлено, видимо, различными закономерностями развития и старения костно-суставного аппарата, возможно, под влиянием разных для каждого пола гормональных воздействий.

В результате проведенного исследования нами разработана новая методика изучения изменений скелета в процессе онтогенеза - возрастная дифференциальная оссеография. Впервые каждый отдельный признак старения анализируется как самостоятельный показатель. Впервые для анализа возрастной остеоморфной динамики применены методы многомерной статистики с целью установления наиболее существенных закономерностей взаимосвязей исследуемых элементов. В анализ введены 7 новых, описанных нами, признаков старения. Также впервые приводятся основные характеристики разнообразия каждого маркера возрастной инволюции.

Комплексность предлагаемого нами подхода к исследованию возрастных изменений скелета по системе признаков дифференциальной оссеографии создает предпосылки для углубления современных представлений о старении опорно-двигательного аппарата. Предлагаемая методика может быть рекомендована для внедрения в практику региональных рентгеноантропологических исследований. Дифференциальная оссеография имеет и несомненные перспективы в практике врачебно-трудовых и судебно-медицинских экспертиз для диагностики биологического возраста индивида.

Возрастная дифференциальная оссеография имеет значительные перспективы развития. В рамках метода возможно проведение посемейных исследований для выделения наследственной компоненты, детерминирующей особенности протекания возрастной инволюции скелета. В случае продолжения подобных исследований могут быть разработаны соответствующие нормативы для различных человеческих популяций, которые позволят оценить влияние

экологических факторов на уровень их санитарного благополучия, что имеет немаловажное значение для экологии человека.

ВЫВОДЫ

1. Предложена новая методика исследования старения костно-суставного аппарата кисти.
2. Вновь было показано, что скелет кисти стареет неравномерно. Наиболее интенсивно стареют V и IV лучи, вероятно, вследствие их малой нагруженности в трудовой деятельности человека. Более ранние возрастные изменения появляются на тех фалангах, которые в процессе индивидуального развития организма созревают раньше.
3. Статистически подтверждено наличие нескольких альтернативных типов старения кости. Инволютивные преобразования скелета проявляются на уровне индивидуума главным образом в виде одного типа старения.
4. Для изученных показателей отмечен статистически достоверный половой диморфизм в сроках и порядке появления, локализации и возрастной динамике элементов старения, особенно выраженный в средних фалангах как наиболее стабильных структурах кисти.
5. Установлена различная ценность признаков старения для диагностики процесса инволюции скелета кисти в зависимости от пола и возраста. Отдельные элементы старения имеют неодинаковую ценность в динамике возрастных преобразований скелета на различных этапах онтогенеза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рохлин Д.Г. Рентгеноостеология и рентгеноантропология. Скелет кисти и дистального отдела предплечья. М.-Л.: Огиз-Биомедгиз, 1936. 335 с.
2. Никитюк Б.А. Автореф. ... дис. д-ра мед. наук. М., 1969. 36 с.
3. Nikitiuk B.A. Formen und Faktoren des Alterns des Skeletts // Anthropologie. Brno, 1972. V. 10. № 1. S. 37-62.
4. Poznansky A.K. The Hand in Radiologic Diagnosis. Philadelphia: Saunders, 1974. 588 p.
5. Kobylansky E., Livschits G., Pavlovsky O. Population Biology of Human Aging: Methods of Assessment and Sex Variation // Human Biology, 1995. V. 67. № 1. P. 87-109.
6. Павловский О.М. Биологический возраст человека. М.: Изд-во МГУ, 1987. 280 с.
7. Павловский О.М. Биологический возраст у человека. Экологические аспекты // Итоги науки и техники. Антропология. М.: ВИНТИ, 1985. Т.1. С. 5-53.
8. Павловский О.М. Экологические аспекты старения по данным оссеографии // Среда и продолжительность жизни. М.: Наука, 1990. С. 14-17.
9. Рубашева А.Е. Частная рентгенодиагностика заболеваний костей и суставов. Киев: Здоровья, 1967. 536 с.
10. Ревел А.П. Патология кости. М.: Медицина, 1993. С. 226-250.
11. Максиев Д.В. О новых элементах возрастной трансформации скелета кисти // Человек в современном мире. Тамбов, 1994. Вып. 1. С. 29-31.
12. Дубров А.М. Обработка статистических данных методом главных компонент. М.: Статистика, 1978. 245 с.
13. Дерябин В.Е. Многомерная биометрия для антропологов. М.: Изд-во МГУ, 1983. 168 с.

БЛАГОДАРНОСТИ: Автор выражает благодарность сотрудникам НИИ и Музея антропологии Московского Государственного Университета профессору О.М. Павловскому за неоднократные консультации по тематике работы и д.б.н. В.Е. Дерябину за помощь в освоении многомерного статистического анализа.

Поступила в редакцию 27 мая 1996 г.