

ФИЛОСОФСКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ КОНЦЕПТУАЛИЗАЦИИ ПОНЯТИЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ*

А.А. Кочергин

Московский государственный
технический университет
гражданской авиации,
Москва, Россия

albert@voxnet.ru

В статье рассматриваются перспективы дальнейшего развития концептуализации понятия наследственности в широком спектре биологических и социогуманитарных аспектов в рамках их синтеза. Таким способом осуществляется переход от одного этапа познания к другому, более глубокому. В процессе познания отображенные в понятиях новые стороны реальности фиксируются в терминах. Понятие наследственности является основополагающим понятием генетики. Оно в единстве с понятиями изменчивости и отбора обозначает феномен передачи потомству материальных факторов, определяющих развитие признаков организма в конкретных условиях среды. Анализ исторически развивающихся представлений о наследственности является важной философско-методологической проблемой генетики. Научный язык есть открытая система понятий, постоянно расширяющаяся за счет включения знаний о новых сторонах исследуемой реальности и углубляющаяся за счет обнаружения новых свойств, структурных элементов и т. д. Поэтому научный язык является своего рода базовым информационным кодом науки. Это значит, что история науки может быть представлена как история развития ее понятий. Уяснение исторического пути развития концептуального аппарата науки, характера и степени ее влияния на решение практических задач, ее вклада в развитие познания и культуры в целом позволяет адекватнее оценивать современное ее состояние, выявлять ее трудности и точки роста, способствовать определению перспектив ее развития. В статье представлена программа исследований перспектив концептуализации понятия наследственности, составленная на основании представлений крупнейших генетиков современности.

Ключевые слова: наследственность, концептуализация, развитие, ген, эволюция, постнеклассическая наука, этика, право, философия, гуманизм, человек.

DOI: 10.17212/2075-0862-2017-1.1-38-45

Развитие представлений о наследственности предполагает, в частности, решение проблем совершенствования системы по-

нятий науки о наследственности – генетики. Согласно А. Рейвину [13], к таким проблемам относятся следующие.

* Статья является продолжением работ автора, опубликованных в журнале «Научный вестник»: Кочергин А.А. Идеалистические и метафизические представления о наследственности // Научный вестник МГТУ ГА. – 2009. – № 142. – С. 68–75; Менделевский этап развития понятия наследственности: представление о независимости признаков как необходимое методологическое упрощение // Научный вестник МГТУ ГА. – 2010. – № 155 (Б). – С. 29–36; Классический этап развития понятия наследственности: хромосомная теория и «материализация» гена // Научный вестник МГТУ ГА. – 2011. – № 166. – С. 64–70; Постклассический этап развития понятия наследственности // Научный вестник МГТУ ГА. – 2012. – № 182. – С. 58–63.

После утверждения представлений о гене как о реальном физическом объекте, выявления роли ДНК в хранении наследственной информации и уяснения молекулярной основы механизма наследования остались открытыми следующие вопросы: каковы механизмы генетического контроля формирования признаков организма, «включения» определенных генов в одной группе клеток и «выключения» в другой, что происходит с генами и генотипом в ходе эволюции и т. п. – все эти вопросы требуют предельно точных и четких ответов.

Особенную важность представляют проблемы генетики поведения и организации нервной системы животных и человека, биохимические механизмы согласованной работы нейронов и генетической детерминации этих механизмов.

В четком представлении нуждается проблема размещения генов как в нуклеоидах прокариот, так и в хромосомах эукариот, фиксации границы между генами (особенно у эукариот с их генами мозаичной структуры), механизма дифференцированного синтеза нуклеиновых кислот и его связи с развитием, а также механизмов организации хромосом, рекомбинационных процессов (как хромосомных, так и внутригенных) и их роли в развитии организма.

Исключительно важно установление физико-химических механизмов мутаций – как генных (точковых, касающихся одной нуклеотидной пары, и многосайтовых, затрагивающих не один участок гена), так и хромосомных, и их роли в эволюции. Мутации имеют не только генотипические, но и фенотипические «последствия» и являются «сырьем» для эволюции – генные мутации отражаются на характере экспрессии генов и их функций, а пере-

стройки хромосом (делеции, дупликации, транслокации) приводят соответственно к утрате специфических функций, усложнению генетического аппарата и реорганизации расположения генов в хромосомах (что отражается на характере взаимодействия генов и их мутабельности). Важным фактором эволюции, очевидно, являются активность мобильных генетических элементов и горизонтальный перенос генов (как внутри-, так и межвидовой), в результате которых может осуществляться существенная перестройка геномов (как у прокариот, так и эукариот).

К эволюционно-генетической проблематике тесно примыкают исследования генетических процессов в популяциях. Известно, что популяции одного вида могут различаться в генетической структуре, демонстрируя явление межпопуляционного полиморфизма, а средовые изменения, происходящие в той или иной экологической нише, неизбежно отражаются на генетическом составе популяции. Это может иметь эволюционные последствия (не зря синтетическая теория эволюции утверждает, что элементарное эволюционное явление – это изменения частот генов и генотипов в популяции, которые в отдаленном будущем ведут к дивергенции, трансформации видов и образованию новых). Исследование тонкой структуры нуклеиновых кислот и белков у организмов разных видов могут пролить свет на связь между изменением структуры макромолекул и эволюционным процессом. Предстоит также выяснить, изменяется ли в эволюции генетический код или остается неизменным во все геологические эпохи.

В плане совершенствования понятийного аппарата генетики необходимо осмысление предложенного Б.Ф. Чадовым

уточнения представления о гене. Б.Ф. Чадов предлагает «ДНК и участки ДНК... считать прогенами, а генами – информационные продукты, образующиеся на ДНК: это РНК-гены, белковые гены и ДНК-гены (мобильные элементы)» [17, с. 1261–1275].

Перспективным направлением биологии является эпигенетика, изучающая взаимодействие генотипа со средой при формировании фенотипа и явления передачи по наследству приобретенных в онтогенезе признаков, не связанных с изменением последовательности нуклеотидов в ДНК. Эпигенетические явления, как оказалось, широко представлены в природе.

В повестку дня современных исследований внесены также проблемы связи генетической организации на молекулярном уровне с явлениями клеточного, организменного и популяционного уровней. Выявление связи гена с хромосомой, клеточной структурой, формообразованием, популяцией – основные проблемы генетики, ждущие своего разрешения. К числу этих проблем Л.Е. Гайсинович добавил такую, как заполнение разрыва между синтезом белков и формообразованием в онтогенезе [5]. Кроме того, возникают проблемы раскрытия механизмов эпигенетических явлений [6, 7].

Из актуальных задач и проблем науки о наследственности целесообразно выделить следующие [7]: изучение генетического контроля межвидовых взаимодействий (симбиоза) [14, с. 437–451]; разработка теории функционирования и эволюции согласованных ансамблей генов [8, с. 573–590]; реконструкция филогенетического древа эволюции как процесса реализации непрерывно изменяющихся и усложняющихся наследственных программ [22, с. 157–164]; выявление

механизма возникновения в ходе эволюции полов и полового размножения [21, р. S3–S12]; предотвращение накопления генетического груза (вредных мутаций) у человека [1, с. 340–367]; раскрытие наследственной предрасположенности («генетической архитектуры») к ряду «простых» (не являющихся наследственными в привычном понимании) хронических заболеваний человека и роли эволюционных процессов в ее формировании [12, с. 1573–1585]; выявление механизмов эпигенетических явлений и процессов наследования, их роли в нарушении процессов внутриутробного развития и в формировании наследственных патологий [3]; коррекция наследственных нарушений генно-инженерными методами [19]; поиск предполагаемого синтеза белковых макромолекул без участия нуклеиновых кислот (т. е. наследования по типу прионовых белков) [24]; развитие математических методов и компьютерного анализа в изучении наследственности на всех ее уровнях [20, р. 363–364]; подробнее об актуальных проблемах наследственности см [7].

Особый пласт проблем, обусловленных наследственными факторами, связан с явлением старения и сопутствующими ему болезнями (сердечно-сосудистые заболевания, рак и аутоиммунные нарушения, катаракта, глаукома и др.) [7]. Данный процесс связан с прогрессирующей с возрастом супрессией генома [16]. В значительной степени он вызван увеличивающимся с годами (во всяком случае, начиная с определенного возраста) выделением органеллами (в первую очередь митохондриями) свободных радикалов, повреждающих клетки [23, р. 1029–1037]. Решение соответствующей биолого-медицинской задачи (пре-

одоление старости и связанных с ней болезней, продление жизни) предполагает не только поиск лекарственных средств, нейтрализующих свободные радикалы, но и расшифровку генетической программы, по которой «запускается» процесс старения. На наш взгляд, с решением задачи борьбы со старостью и увеличения продолжительности жизни должна быть сопряжена задача адекватного продления ранних стадий жизни (детства и отрочества) и «отсрочивания» начала репродуктивного периода (это представляется целесообразным во избежание того, чтобы основной процент населения составляли люди пожилого возраста) [7].

Трудно преувеличить актуальность проблем, связанных с выявлением биохимических и биофизических механизмов высшей нервной деятельности (психических процессов) и их наследственной обусловленностью [4, с. 1157–1168]. Не приходится сомневаться, что нервно-психические аномалии (включая девиантно-криминальное поведение) обусловлены не только (а часто и не столько) социально-средовыми, но и наследственными «изъянами». Сложность решения данной проблемы носит не столько «инструментально-технический», сколько этический характер. Если для всех людей безусловна необходимость генодиагностики и генотерапии «телесных» наследственных заболеваний, то в отношении психических, психологических и моральных черт человека (что считать нормой, а что – патологией) могут возникнуть значительные разногласия [15, с. 9–15]. Особую сложность представляют также расшифровка генетической детерминации интеллектуально-творческих качеств человека и, в случае необходимости, выработка соответствующей

«доктрины» генетического оздоровления человека [2, с. 30–35; 7].

На основе гуманистических «первоположений» о человеке как высшей ценности и о необходимости его непрерывного всестороннего совершенствования возникла философия трансгуманизма, согласно которой современный человек не является последним звеном эволюции, а поэтому может (и должен) безгранично совершенствоваться (впервые понятие «трансгуманизм» применил в 1957 г. Дж. Хаксли) [18]. Очевидно, что это совершенствование невозможно без радикального оздоровления наследственности человека, без осуществления соответствующих мероприятий по сути евгенического характера. На наш взгляд, понятие «евгеника», ранее дискредитированное фашистами, «подлежит реабилитации» и должно далее употребляться в позитивном смысле, поскольку изначальная задача евгеники была прогрессивна и состояла в оздоровлении и облагораживании наследственного аппарата человека. Иное дело, что эта «доктрина» должна осуществляться не путем «гитлеровской селекции», а исключительно путем совершенствующихся генной инженерии и биотехнологии (т. е. «ренессанс евгеники» должен происходить «под знаменем гуманизма») (подробнее см. [7]).

Итак, для нынешнего состояния исследований феномена наследственности характерно расширение спектра проблем, для разрешения которых будет недостаточно использования только лишь собственно генетических методов, а потребуются и междисциплинарные, общенаучные подходы. Проблемы, связанные с вмешательством в наследственный аппарат, требуют обращения к философии, философии науки, медицине, этике и даже пра-

ву. Это означает, что дальнейшее развитие понятия наследственности оказывается в тесной связи с междисциплинарными, общенаучными, этическими, правовыми и философскими категориями, со сложной диалектикой взаимодействия между ними. Проблемы наследственности на нынешнем, постнеклассическом этапе науки оказываются погруженными не только в естественно-научный, но и социокультурный, гуманитарный контекст, а развитие генетики характеризуется вовлечением в исследования все более новых (не только генетических) методов. В настоящее время особенное значение приобретают адекватные культурно-мировоззренческие установки, соответствующие гуманистическим идеалам, отход от которых (в том числе в областях исследования феномена наследственности и использовании их результатов) может представлять серьезную опасность как для человека, так и для всей биосферы. Кроме того, современные исследования требуют подхода к исследуемым объектам и явлениям как к целостным развивающимся системам, находящимся в диалектической взаимосвязи с другими объектами и явлениями.

Учение о наследственности постнеклассического этапа его развития выходит за пределы естественно-научной его интерпретации, и дальнейшее его развитие нацелено на синтез знаний о неживом, живом и социальном. Существует реальная опасность использования научных достижений в неблагоприятных и антигуманных целях, поэтому в настоящее время резко актуализуются этические (и правовые) проблемы науки и возрастает ответственность ученых за результаты своей деятельности. Поэтому вмешательство в наследственность с целью усовершенствования

человеческой природы должно осуществляться только с гуманистической позиции «не навреди жизни». Это означает, что генетика призвана трансформироваться из науки естественной в науку также и гуманитарную, науку о человеке. На примере развития учения о наследственности начинается сбываться предвидение: «Впоследствии естествознание включит в себя науку о человеке в такой же мере, в какой наука о человеке включит в себя естествознание: это будет одна наука» [10].

Литература

1. Алтухов Ю.П. Генетические процессы в популяциях. – М.: Академкнига, 2003. – 432 с.
2. Анохин К.В. Молекулярная генетика развития мозга и обучения: на пути к синтезу. Лингвистическая компаративистика в культурном и историческом аспектах // Вестник РАМН. – 2001. – № 4. – С. 30–35.
3. Аствацатурян М.З. Что такое эпигенетика, и нужно ли об этом знать [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.takzdorovo.ru/profilaktika/chto-takoe-epigenetika-i-nuzhno-li-ob-etom-znat/#print> (дата обращения: 03.02.2017).
4. Васильев В.А. Молекулярная психогенетика: исследования девиантного и агрессивного поведения человека // Генетика. – 2011. – Т. 47, № 9. – С. 1157–1168.
5. Гайсинович А.Е. Зарождение и развитие генетики. – М.: Наука, 1988. – 423 с.
6. Голубовский М.А. Век генетики: эволюция идей и понятий: научно-исторические очерки. – СПб.: Борей Арт, 2000. – 262 с.
7. Кочергин А.А. Перспективы концептуализации понятия наследственности // Научный Вестник МГТУ ГА. – 2015. – № 215. – С. 88–93.
8. Лащин С.А., Суслов В.В., Матушкин Ю.Г. Теории биологической эволюции с позиций современного развития системной биологии // Генетика. – 2012. – Т. 48, № 5. – С. 573–590.
9. Лепшин М.В., Саженова Е.А., Лебедев П.Н. Множественные эпимутации импринтированных генов в геноме человека и наследственная

- патология // Генетика. – 2012. – Т. 50, № 3. – С. 253–272.
10. Маркс К., Энгельс Ф. Из ранних произведений. – М.: Госполитиздат, 1956. – 690 с.
 11. Назаретян А.П. Нелинейное будущее: метаисторические, синергетические и культурно-психологические предпосылки глобального прогнозирования. – М.: Изда-во МБА, 2013. – 440 с.
 12. Пузырев В.П., Кучер А.Н. Эволюционно-генетические аспекты хронических болезней человека // Генетика, 2011. – Т. 47, № 12. – С. 1573–1585.
 13. Рейвин А. Эволюция генетики: пер. с англ. – М.: Мир, 1967. – 223 с.
 14. Тихомиров И.А., Проворов Н.А. Развитие подходов симбиогенетики для изучения изменчивости и наследственности надвидовых систем // Генетика. – 2012. – Т. 48, № 4. – С. 437–451.
 15. Тищенко П.А. Этика геномики // Человек. – 1999. – № 3. – С. 9–15.
 16. Проблема практического бессмертия человека / Б.М. Ханжин, Г.Д. Бердышев, И.В. Вишев, Т.Ф. Ханжина. – М.; Астрахань: Владимир: [б. и.], 2004. – 96 с.
 17. Чадов Б.Ф. Новый этап в развитии генетики и термин «эпигенетика» // Генетика. – 2006. – Т. 42, № 9. – С. 1261–1275.
 18. Что такое трансгуманизм? [Электронный ресурс]. – URL: http://alex2113853211.narod.ru/stateiki/transgumanizm_st/chto_takoe_transgumanizm.html (дата обращения: 03.02.2017).
 19. Benirschke K. Designing our descendants: the promises and perils of genetic modifications // Journal of Heredity. – 2004. – Vol. 95, iss. 3. – P. 272.
 20. Holsinger K.E. From genes to genomes: the next century of heredity in America // Journal of Heredity. – 2004. – Vol. 95, iss. 5. – P. 363–364.
 21. Meirmans S., Strand R. Are there so many theories for sex, and what do we do with them? // Journal of Heredity. – 2010. – Vol. 101, suppl. 1. – P. S3–S12.
 22. Nei M., Glazko G.V. The Wilhelmine E. Key 2001 Invitational Lecture. Estimation of divergence times for a few mammalian and several primate species // Journal of Heredity. – 2002. – Vol. 93, iss. 3. – P. 157–164.
 23. Mild uncoupling of respiration and phosphorylation as a mechanism providing nephro- and neuroprotective effects of penetrating cations of the SkQ family / E.Y. Plotnikov, D.N. Silachev, S.S. Jankauskas, T.I. Rokitskaya, A.A. Chupyrkina, I.B. Pevzner, L.D. Zorova, N.K. Isaev, Y.N. Antonenko, V.P. Skulachev, D.B. Zorov // Biochemistry (Moscow). – 2012. – Vol. 77, iss. 9. – P. 1029–1037.
 24. Stansfield W.D. Evolution in four dimensions // Journal of Heredity. – 2006. – Vol. 97, iss. 3. – P. 307–310.

CONCEPTUALIZATION OF THE NOTION OF HEREDITY: PHILOSOPHICAL AND METHODOLOGICAL ANALYSIS OF PROSPECTS

A.A. Kochergin
Moscow State Technical
Civil Aviation University,
Moscow, Russian Federation
albert@voxnet.ru

The article is devoted to the prospects of further development of the conceptualization of the notion of heredity in a wide range of biological and socio-humanitarian aspects in synthesis of them. The transition from one stage of knowledge to another, deeper one, is carried out in just such a way.

The new aspects of reality that are displayed in terms in the process of cognition are fixed in terms. The notion of inheritance is a fundamental notion of genetics. Therefore, the scientific language is a kind of science's basic information code. This notion is in unity with the notions of variation and selection, and indicates the phenomenon of transmission to offspring of the material factors that determine the development of the characteristics of the organism in specific environmental conditions. The analysis of historically developing ideas about heredity is an important philosophical and methodological problem of genetics. A scientific language is an open system of concepts, which is constantly growing due to the inclusion of new knowledge about aspects of reality and is deepening due to the detection of new properties, structural elements, etc. This means that the history of science can be presented as the history of the development of its notions. The clarification of the historical path of development of science and its conceptual apparatus, of extent of its impact to solve practical problems, of its contribution to the development of knowledge and culture in general makes possible adequately assess its current state, identify its problems and points of growth, and contribute to the definition of its development prospects. The article analyzes the prospects for conceptualizing the concept "inheritance" and proposes a program of studies of these prospects; the program is based on the concepts of the outstanding modern geneticists.

Keywords: genetics, conceptualization, development, gene evolution, post-nonclassical science, ethics, law, philosophy, human, humanism.

DOI: 10.17212/2075-0862-2017-1.1-38-45

References

1. Altukhov Yu.P. *Geneticheskie protsessy v populyatsiyakh* [Genetic processes in populations]. Moscow, Akademkniga Publ., 2003. 432 p.
2. Anokhin K.V. Molekulyarnaya genetika razvitiya mozga i obucheniya: na puti k sintezu. *Lingvisticheskaya komparativistika v kul'turnom i istoricheskom* [Molecular genetics of brain development and education: towards the synthesis. Comparative Linguistics in the cultural and historical aspects]. *Vestnik Rossijskoi akademii meditsinskikh nauk – Annals of the Russian academy of medical sciences*, 2001, no. 4, pp. 30–35.
3. Astvatsuryan M.Z. *Chto takoe epigenetika, i nuzhno li ob etom znat'* [What is Epigenetics, and Do you need to know about it?]. Available at: <http://www.takzdorovo.ru/profilaktika/chto-takoe-epigenetika-i-nuzhno-li-ob-etom-znat/#print> (accessed 03.02.2017)
4. Vasilyev V.A. Molekulyarnaya psikhogenetika: issledovaniya deviantnogo i agressivnogo povedeniya cheloveka [Molecular psychogenetics of deviant aggressive behavior in humans]. *Genetika – Russian Journal of Genetics*, 2011, vol. 47, no. 9, pp. 1157–1168. (In Russian)
5. Gaisinovich A.E. *Zarozhdenie i razvitie genetiki* [Origin and development of genetics]. Moscow, Nauka Publ., 1988. 423 p.
6. Golubovsky M.D. *Vek genetiki: evolyutsiya idei i ponyatii: nauchno-istoricheskie ocherki* [The century of genetics: evolution of ideas and concepts: scientific-historical essays]. St. Petersburg, Borei Art Publ., 2000. 262 p.
7. Kochergin A.A. Perspektivy kontseptualizatsii ponyatiya nasledstvennosti [Prospects for the conceptualization of the notion of heredity]. *Nauchnyi Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta grazhdanskoj aviatsii – Civil Aviation High TECHNOLOGIES*, 2015, no. 215, pp. 88–93.
8. Lashin S.A., Suslov V.V., Matushkin Yu.G. Teorii biologicheskoi evolyutsii s pozitsii sovremennogo razvitiya sistemnoi biologii [Theories of biological evolution from the viewpoint of the modern systemic biology]. *Genetika – Russian Journal of Genetics*, 2012, vol. 48, no. 5, pp. 573–590. (In Russian)
9. Lepshin M.V., Sazhenova E.A., Lebedev I.N. Mnozhestvennye epimutatsii imprintirovannykh genov v genome cheloveka i nasledstvennaya patologiya [Multiple epimutations in imprinted genes

- in the human genome and congenital disorders]. *Genetika – Russian Journal of Genetics*, 2012, vol. 50, no. 3, pp. 253–272. (In Russian)
10. Marx K., Engels F. *Iz rannikh proizvedenii* [From first works]. Moscow, Gospolitizdat Publ., 1956. 690 p. (In Russian)
11. Nazaretyan A.P. *Nelineinoe budushchee: metais-toricheskie, sinergeticheskie i kulturno-psikhologicheskie predposylki global'nogo prognozirovaniya* [Nonlinear future: metahistorical, synergetical, cultural and psychological preconditions of global forecasting]. Moscow, MBA Publ., 2013. 440 p.
12. Puzyrev V.P., Kucher A.N. Evolyutsionno-geneticheskie aspekty khronicheskikh bolezni cheloveka [Evolutionary ontogenetic aspects of pathogenetics of chronic human diseases]. *Genetika – Russian Journal of Genetics*, 2011, vol. 47, no. 12, pp. 1573–1585. (In Russian)
13. Ravin A. *The evolution of genetic*. New York, London, Academic Press, 1965 (Russ. ed.: Reivin A. *Evolutsiya genetiki*. Translated from English. Moscow, Mir Publ., 1967. 223 p.).
14. Tikhonovich I.A., Provorov N.A. Razvitiie podkhodov simbiogenetiki dlya izucheniya izmenchivosti i nasledstvennosti nadvidovykh sistem [Development of symbiogenetic approaches for studying variation and heredity of superspecies systems]. *Genetika – Russian Journal of Genetics*, 2012, vol. 48, no. 4, pp. 437–451. (In Russian)
15. Tishhenko P.D. Etika genomiki [Ethics of genomics]. *Chelovek*, 1999, vol. 3, pp. 9–15.
16. Khanzhin B.M., Berdyshev G.D., Vishnev I.V., Khanzhina T.F. *Problema prakticheskogo bessmertiya cheloveka* [The problem of practical immortality of human]. Moscow, Astrakhan', Vladimir, 2004. 96 p.
17. Chadov B.F. Novyi etap v razvitiie genetiki i termin “epigenetika” [A new stage in the development of genetics and term “epigenetics”]. *Genetika – Russian Journal of Genetics*, 2006, vol. 42, no. 9, pp. 1261–1275. (In Russian)
18. *Chto takoe transgumanizm?* [What is transhumanism?]. Available at: http://alex2113853211.narod.ru/stateiki/transgumanizm_st/chto_takoe_transgumanizm.html (accessed 03.02.2017)
19. Benirschke K. Designing our descendants: the promises and perils of genetic modifications. *Journal of Heredity*, 2004, vol. 95, iss. 3, p. 272.
20. Holsinger K.E. From genes to genomes: the next century of heredity in America. *Journal of Heredity*, 2004, vol. 95, iss. 5, pp. 363–364.
21. Meirmans S., Strand R. Are there so many theories for sex, and what do we do with them? *Journal of Heredity*, 2010, vol. 101, suppl. 1, pp. S3–S12.
22. Nei M., Glazko G.V. The Wilhelmine E. Key 2001 Invitational lecture. Estimation of divergence times for a few mammalian and several primate species. *Journal of Heredity*, 2002, vol. 93, iss. 3, pp. 157–164.
23. Plotnikov E.Y., Silachev D.N., Jankauskas S.S., Rokitskaya T.I., Chupyrkina A.A., Pevzner I.B., Zorova L.D., Isaev N.K., Antonenko Y.N., Skulachev V.P., Zorov D.B. Mild uncoupling of respiration and phosphorylation as a mechanism providing nephro- and neuroprotective effects of penetrating cations of the SkQ family. *Biochemistry (Moscow)*, 2012, vol. 77, iss.9, pp. 1029–1037.
24. Stansfield W.D. Evolution in four dimensions. *Journal of Heredity*, 2006, vol. 97, iss. 3, pp. 307–310.