

Букалов А.В.

ЭВОЛЮЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ МОЗГА И ПСИХИКИ ЧЕЛОВЕКА И СКОРОСТЬ МУТАЦИЙ В ГЕНОМЕ

Центр физических и космических исследований, Международный институт соционики, ул.Мельникова, 12, г.Киев-50, 04050, Украина. e-mail: bukalov.physics@socionic.info

Обнаруженное в генетических исследованиях уменьшение скорости мутаций у человека в 1,5 раза по сравнению с человекообразными обезьянами может быть связано с эволюционным увеличением объема мозга человека или эквивалентным увеличением степени развитости психики и сознания, уровня самосознания в процессе антропогенеза, что сопровождается пропорциональным увеличением количества операционных ячеек краткосрочной памяти и мышления. На основе экспериментальных данных показано, что увеличение уровня организации мозга, психики и сознания снижает скорость мутаций, т. е. рост информационной упорядоченности психики человека уменьшает энтропию мутационных процессов в его генетическом аппарате, что показывает качественное отличие психики и разума человека от психики животных.

Ключевые слова: антропогенез, скорость мутаций, сознание, генетика, приматы, психика, психические функции, соционика, операционные ячейки психики.

1. Введение

Скорость мутаций является величиной, позволяющей определить время расхождения биологических видов, происходящих от исходного предка. В настоящее время для ее определения используется секвенирование геномов отца, матери и ребенка. Далее вычисляется число мутаций у ребенка. Полученная скорость мутаций составляет $0,43 \times 10^{-9}$ на пару нуклеотидов в год. При этом считалось, что скорость мутаций у человекообразных обезьян такая же, как и у человека, поскольку человек рассматривался как ближайший биологический родственник приматов. Однако исследования скорости мутаций у человекообразных обезьян внезапно дали величину, в 1,5 раза большую, чем у человека. Для шимпанзе вычисленные прямым методом скорости мутаций на пару нуклеотидов в год составили $0,64 \times 10^{-9}$, для гориллы — $0,65 \times 10^{-9}$, и для орангутанга — $0,61 \times 10^{-9}$ [21].

Отсюда следует, что в эволюционной линии человеческого рода скорость мутаций значительно снизилась по сравнению с той, какой она была у общих предков человека и человекообразных обезьян. Генетики выдвинули предположение, что такое снижение произошло не так давно по сравнению с многими миллионами эволюции предков человека — около 400 тыс. лет назад. Но факторы, которые известны авторам, — такие как более позднее половое созревание и более длинное по сроку поколение, дают лишь незначительное различие в определяемой скорости мутаций. И объяснить большой разрыв в скорости мутаций у родственных видов, как заключают сами авторы, подобные факторы не могут. Таким образом причина такого значительного снижения мутаций в рамках только генетики, остается невыясненной. Поэтому для решения этой проблемы необходим более общий системный подход в рамках всего организма, в котором генетические механизмы являются только частью, подсистемой всех процессов жизнедеятельности и управления живым организмом, включая центральную нервную систему и психику.

2. Эволюционное развитие психики и уменьшение мутаций

Известно влияние ранений и сильных психосоматических стрессов на клеточный биохимический метаболизм, и как следствие, — на количество мутаций в живом организме. Исследованы также связи психологических травм родителей с различными воздействиями на ранний период развития их детей. Из этого следует, что работа генома может корректироваться под воздействием среды. При этом механизмы эпигенетики могут дать ключ к пониманию меха-

низмов воздействия внешних условий на работу генома. Например, при метилировании ДНК (т. е. присоединении метильной группы к некоторым цитозинам) возникает такая химическая модификация ДНК, которая реализуясь на первых этапах развития организма под действием различных факторов, может сохраняться не только в течение всей жизни организма, но даже передаваться от родителей детям. Это, в свою очередь, объясняет, почему в течение жизни проявляются отсроченные эффекты от детских психологических травм [18, 25, 28].

С точки зрения эволюционной биологии большинство мутаций являются нейтральными. Однако в случае непредвиденного изменения условий жизнедеятельности организма, какая-то из ранее нейтральных мутаций может оказаться полезной для адаптации организма, и далее — биологического вида в целом. Таким образом нейтральные мутации представляют собой резервуар возможных адаптаций, расширяющих диапазон биологической адаптации организма при невозможности предвидеть неблагоприятные условия или избежать их. Однако наличие в организме развитой эффективной и быстрой подсистемы предвидения, управления организмом и избегания опасных, некомфортных, затрудняющих жизнедеятельность ситуаций, может сделать частично ненужной большое количество мутаций генома, то есть снизить их количество. И это было бы выгодно биологически, так как частота мутаций напрямую связана со здоровьем и продолжительностью жизни. Ведь не все мутации являются нейтральными, среди них возникают и опасные. Меньшее количество мутаций выгодно и энергетически, так как на адаптацию к любому мутационному отклонению в синтезе белков затрачиваются дополнительные ресурсы, в том числе и энергетические.

Этой подсистемой предвидения и управления организмом является центральная нервная система, представляющая собой по П.К. Анохину совокупность систем «опережающего отражения действительности», и управляющая организмом как единым целым, и связанные с ней психические процессы. Поэтому степень организации психических процессов, обеспечивающих эффективное выживание организма в окружающем мире, в конечном счете, в рамках единого организма, может быть связана с уменьшением количества текущих мутаций, их скорости. Иными словами, можно выдвинуть обоснованную гипотезу, что определенное увеличение степени разумности биологического вида уменьшает скорость мутаций, поскольку они уже не нужны в таком количестве.

И действительно, указанный генетиками срок — около 400 тыс. лет, с учетом неизбежных значительных погрешностей, — это начало образования нового вида — собственно человека разумного — *Homo Sapiens Sapiens*. Возраст самой древней т. н. «палеолитической Венеры из Тан-Тана», найденной в Марокко, около 300–500 тыс. лет [27]. Там же в Марокко найдены черепа, очень близкие к *Homo Sapiens Sapiens*, возрастом около 315 тыс. лет [24]. При этом формирование человека разумного — это переход к качественно иному мышлению, значительно более развитому, символическому и абстрактному. Его индикатором служат не утилитарные произведения рук человеческих: украшения, изображения, фигурки, и т. д. Это также и начало формирования человеческого языка. Изменяется и стиль каменных орудий, и технологии их создания. Появляются целые школы и мастерские по их массовому изготовлению. Человек, обладающий разумом, умеющий обустроить свое жилище, найти пищу, защититься от хищников, использующий огонь, предвидящий опасные ситуации, избегающий неблагоприятных условий жизнедеятельности, объективно уже не нуждается в высокой скорости мутаций в геноме. По мере дальнейшего «очеловечивания» скорость появления мутаций также падала. Вероятно, разум, культура и технологии эффективно вероятно снижают скорость мутагенеза. Это связано со снижением давления только естественного отбора, поскольку появляется культурная и социальная среда.

3. Объемы внимания, памяти и мышления

Иерархия мерностей психических функций, введенных К. Юнгом и А. Аугустиновиче [1, 12], задает иерархию объемов внимания, памяти и мышления. Для разных биологических видов эти объемы могут очень сильно различаться. Так для человека, как было показано нами, иерархия мерностей задает «магический ряд» Букалова для объемов памяти, внимания и мышления: 6(+1), 10(+1), 16(+1), 26(+1), в котором первое число соответствует «магическому числу» Миллера и объему оперативной памяти [12].

В отличие от человека, у животных объем рабочей памяти значительно меньше: большинство из них не может обдумывать более одной-двух идей одновременно. Антрополог Дуайт Рид (Dwight W. Read) исследовал способности ближайших «родственников» человека — шимпанзе и бонабо. Он выдвинул хорошо аргументированную гипотезу об эволюции объема кратковременной памяти у приматов [26]. Она состоит в следующем. У шимпанзе и бонабо $ST-WMC \leq 3$. По-видимому, таким же был этот объем у общего предка шимпанзе и человека, жившего около 6 млн. лет назад. Малый объем кратковременной памяти не позволяет обезьянам мыслить рекурсивно, а это и есть качественное отличие обезьяньего интеллекта от интеллекта человека. Рекурсивное мышление необходимо для изготовления орудий, определения степени родства и т. д. Поэтому в ходе антропогенеза происходило постепенное увеличение кратковременной памяти: от 2–3 до 6–7. Это нашло свое отражение как в росте прифронтальной коры головного мозга, связанной с рабочей памятью, так и в усложнении каменных орудий труда, технологий из изготовления.

Наблюдения показывают, что интеллектуальное развитие шимпанзе заканчивается к 4-м годам, а $ST-WMC \leq 3$. Люди же продолжают развиваться, достигая $ST-WMC = 7$ к 12 годам. Это соответствует выводам Ж. Пиаже о развитии детского интеллекта [22].

Д. Рид также проанализировал развитие палеолитических технологий и увеличение размеров мозга и попытался по этим косвенным признакам выяснить, как менялся в ходе антропогенеза объем кратковременной памяти. Технологии изготовления орудий Рид разделил на 7 групп по уровню «концептуальной сложности»: от использования готовых палок (уровень 1) до верхнепалеолитической технологии последовательного отщепления множества призматических лезвий от одного и того же ядра (уровень 7). По мнению Рида, у *Homo habilis*, овладевшего технологией четвертого уровня (олдувайские галечные орудия с одним режущим краем), величина $ST-WMC$ составляла около 4. У *Homo erectus* с его обоюдоострыми рубилами (уровень 5) $ST-WMC$ достигла пяти. У неандертальцев и древнейших сапиенсов, овладевших технологиями шестого уровня, $ST-WMC$ была примерно равна шести. Наконец, первые признаки «подлинно человеческой» культуры, появившиеся 120–70 тысяч лет назад в Африке, маркируют распространение генетической мутации, увеличившей производительность «исполнительного компонента» рабочей памяти и поднявшей $ST-WMC$ до семи, что внезапно открыло перед сапиенсами все возможности полноценного рекурсивного мышления [21, 26].

4. Соотношения и формулы для эволюционных процессов

Эволюционное увеличение объема головного мозга у гоминид является хорошим показателем развития психики, сознания и разума. У шимпанзе объем мозга V_0 составляет около 400 см^3 , а у современного человека — $V = 1500 \div 1600 \text{ см}^3$. У кроманьонцев объем мозга был выше и достигал 2000 см^3 . Таким образом при четырехкратном - пятикратном увеличении объема мозга, т. е. в среднем равном 4,5, скорость мутаций упала в 1,5 раз.

Но это означает, что соотношение скоростей мутаций U_0 и U_i у приматов и человека обратно натуральному логарифму соотношения количества нейронов Z_i . или, что почти эквивалентно, объемов их головных мозгов V_i :

$$\frac{U_0}{U_i} = \ln \frac{V_i}{V_0} = \ln \frac{Z_i}{Z_0} \quad (1)$$

где U_0 — скорость мутаций у шимпанзе, горилл и орангутангов, Z_0 — количество нейронов у шимпанзе. Действительно, $\ln(4,5)=1,5$, в хорошем согласии с приведенными выше экспериментальными данными.

Отметим, что появление натурального логарифма естественно с точки зрения теории информации, в которой количество информации определяется по формуле $I = K \ln P$. Есть основания предполагать, что и степень развития сознания и самосознания живого организма пропорциональна, с некоторым коэффициентом k натуральному логарифму от числа нейронов или нейронных связей Z [5]:

$$\Psi = k \cdot \ln Z. \quad (2)$$

Тогда

$$\frac{U_0}{U_i} = \ln \frac{V_i}{V_0} = \ln \frac{Z_i}{Z_0} = \frac{1}{k} (\Psi_i - \Psi_0) = \frac{1}{k} \Psi \quad (3)$$

где Ψ_i и Ψ_0 – степени самосознания человека и приматов соответственно

От связи скорости мутаций с объемом мозга мы можем перейти к оценке эволюционного изменения мощности психики и сознания. Как было показано нами выше, в развитие работ антрополога Дуайта Рида [4, 26] и теории мерности психических функций информационного метаболизма в соционике [11, 15], количество операционных ячеек рабочей памяти и ведущей психической функции (выделенной и описанной еще К.Г. Юнгом в рамках его типологии), или первой в соционической информационной модели психики [2], возрастает приблизительно в следующей пропорции: 1 ячейка — на 55-59 см³, содержащих около 5×10⁹ нейронов [16, 17]. Поэтому у шимпанзе с объемом мозга около 400 см³ первая функция содержит $N_0 = 8 \div 9$ операционных ячеек, а у человека с объемом мозга 1500÷1600 см³ первая функция содержит до 27 операционных ячеек. Максимальный потенциальный информационный объем и мощность психических функций характеризуется приблизительно количеством комбинаций операционных ячеек — факториалом¹ от их числа. Значительное различие этих цифр и характеризует эволюционный разрыв между человеком и приматами. Соотношение количества ячеек, равное соотношению уровней самосознания составляет 27/9=3. Это удвоенная величина соотношения скорости мутаций у приматов и человека. Следовательно, коэффициент x равен 2. Тогда соотношение пропорционального количества операционных ячеек N :

$$\left(\frac{N_i}{N_0} \right) = k \frac{U_0}{U_i} = 2 \frac{U_0}{U_i} = 2 \ln \frac{V_i}{V_0} = 2 \ln \frac{Z_i}{Z_0},$$

Таким образом скорость мутаций ожидаемо обратна количеству операционных ячеек, или степени самосознания живого организма. При этом натуральный логарифм от количества случайных мутаций — это энтропия S . А натуральный логарифм обратного количества этих мутаций отрицателен, то есть равен отрицательной энтропии (или негэнтропии по Л. Бриллюэну), т. е. информации $I = -S$, ввиду уменьшения скорости этих мутаций. При этом натуральный логарифм от количества информационно-психических операционных ячеек — это информация о степени упорядоченности организации психических процессов I . Тогда

$$\ln \left(\frac{kU_0}{U_i} \right) - \ln \left(\frac{N_i}{N_0} \right) = S + I = -I + I = 0 \quad (4)$$

5. Выводы

Наши результаты, которые следуют из прямых экспериментальных данных, показывают, что рост уровня психической, информационной организации психики и сознания, эквивалентный росту уровня самосознания, снижает энтропию случайных мутаций в геноме, частично подавляя или компенсируя их. Это означает прямое антиэнтропийное действие развитой психики и сознания на уровне организма, начиная с генома [6, 9, 10], рассмотренное рядом авторов ранее [20]. По всей видимости этим же объясняется известное упорядочивающее благотворное действие на организм ряда медитационных практик. Более того, рассмотренный эффект показывает явное качественное отличие психики человека, обладающего развитым сознанием, от других животных, даже обладающих неким более примитивным сознанием и даже самосознанием.

Наш вывод подтверждается и другими экспериментальными фактами. Например, обнаружено, что кальмары умеют редактировать свою матричную РНК как в ядрах своих нейронов), так и в других клетках. осьминоги, каракатицы и кальмары используют редактирование мРНК для модификации и диверсификации белков, которые производятся в нейронах [29].

Исследователи напрямую связывают уровень их интеллекта с этой способностью. В

¹ Факториал числа n — это произведение всех натуральных чисел от 1 до n включительно. Обозначается: $n!$.

этой связи представляется важным исследование скорости мутаций у других видов животных — китообразных, особенно дельфинов, птиц, например ворон — по сравнению с голубями, и т. д. Возможно такие исследования позволят построить эволюционную иерархию степени развитости сознаний живых организмов по их упорядочивающей способности уменьшать скорость случайных мутаций в геноме, то есть уменьшать энтропию генетических процессов.

Л и т е р а т у р а :

1. *Аугустинавичюте А.* Комментарий к типологии Юнга и введение в информационный метаболизм // Соционика, ментология и психология личности. — 1995. — № 2. — С. 2–11.
2. *Аугустинавичюте А.* Модель информационного метаболизма // Соционика, ментология и психология личности, 1995, № 1, С. 4–8.
3. *Аугустинавичюте А.* Соционная природа человечества и асоционность общества // Соционика, ментология и психология личности. — 1995. — № 3. — С. 2–8.
4. *Букалов А.В.* Мерности психических подпространств: законы эволюционного развития, разум животных // Соционика, ментология и психология личности. — 2008. — № 6. — С. 7–11.
5. *Букалов А.В.* Об уровнях сознания и самосознания живых организмов // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2019. — № 3-4. — С. 45–50.
6. *Букалов А.В.* О природе сознания и психики // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2016. — № 3-4. — С. 5–41.
7. *Букалов А.В.* О размерности функций информационного метаболизма // Психология и соционика межличностных отношений. — 2003. — № 2. — С. 5–9.
8. *Букалов А.В.* Потенциал личности и загадки человеческих отношений. — М.: Черная белка, 2009. — 592 с.
9. *Букалов А.В.* Проблема сознания и квантовые модели психики // Психология и соционика межличностных отношений. — 2016. — № 11-12. — С. 66–78.
10. *Букалов А.В.* Проблема сознания и квантовые структуры психики // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2011. — № 4. — С. 5–17.
11. *Букалов А.В.* Структура и размерность функций информационного метаболизма // Соционика, ментология и психология личности. — 1995. — № 2. — С. 11–16.
12. *Букалов А.В.* Структурирование психоинформационного пространства и иерархия объемов человеческого внимания. // Психология и соционика межличностных отношений. — 2005. — № 2. — С. 7–11.
13. *Букалов А.В.* Теория психоинформационного пространства, его полей и структур. Общая концепция // Соционика, ментология и психология личности. — 1999. — № 5. — С. 3–6.
14. *Букалов А.В.* Феномен структурирования психоинформационного пространства: иерархия объемов человеческого внимания, памяти и мышления // Соционика, ментология и психология личности. — 1999. — № 2. — С. 3–7.
15. *Букалов А.В., Карпенко О.Б.* Психология и новейшее развитие соционики // Человек. Искусство. Вселенная. — Сочи, 2016. — С. 56–62.
16. *Букалов А.В., Карпенко О.Б.* Эволюционное формирование системы дифференцированных соционических типов информационного метаболизма (психологических типов Юнга-Аугустинавичюте), их интERTипных взаимодействий и отношений в процессе антропогенеза // Человек, искусство, Вселенная. — Сочи, 2018. — С. 58–65.
17. *Букалов А.В., Карпенко О.Б.* Эволюция человека: формирование структуры ФИМ и социона // Соционика, ментология и психология личности. — 2018. — № 6. — С. 5–17.
18. *Гербек Ю., Хантемирова С.* Метилирование ДНК и поведение // Природа. — 2014. — №12. — URL: https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/434499/Metilirovanie_DNK_i_povedenie
19. *Дробышевский С.В.* Об изменениях объема мозга гоминид. — URL: <http://antropogenez.ru/zveno-single/155/>
20. *Кобозев Н.И.* Исследование в области термодинамики процессов информации и мышления. — М., МГУ, 1971.
21. *Марков А.* Чтобы стать людьми, обезьянам не хватает рабочей памяти. — <http://elementy.ru/news/430954>.
22. *Пиаже Ж.* Избранные психологические труды. Психология интеллекта. Генезис числа у ребенка. Логика и психология. — М., «Просвещение», 1969. — 660 с.
23. *Besenbacher S., Hvilson C., Marques-Bonet T., Mailund T. and Heide Schierup M.* Direct estimation of mutations in great apes reconciles phylogenetic dating // Nature Ecology & Evolution. — 2019. — N. 3. — P. 286–292. — doi:10.1038/s41559-018-0778-x
24. *Callaway E.* Oldest Homo sapiens fossil claim rewrites our species' history // Nature. — 2019. — May. — doi:10.1038/nature.2017.22114.

25. *Dias B.G., Ressler K.J.* Parental olfactory experience influences behavior and neural structure in subsequent generations // *Nat. Neurosci.* — 2014. — V. 17. — P. 89–96.
26. *Read D.W.* Working Memory: A Cognitive Limit to Non-Human Primate Recursive Thinking Prior to Hominid Evolution (PDF, 370 K6) // *Evolutionary Psychology.* — 2008. — V. 6. — P. 676–714.
27. *Rincon P.* 'Oldest sculpture' found in Morocco. // *BBC Science.* — 2003. — 23 May. — URL: <http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/3047383.stm>.
28. *Skinner M.K., Anway M.D., Savenkova M.I. et al.* Transgenerational epigenetic programming of the brain transcriptome and anxiety behavior // *PLoS One.* — 2008. — V. 3. — e3745.
29. *Vallecillo-Viejo I.C. et al.* Spatially regulated editing of genetic information within a neuron // *Nucleic Acids Research.* — 2020. — V. 48, Iss. 8. — P. 3999–4012. — URL: <https://doi.org/10.1093/nar/gkaa172>.

Статья поступила в редакцию 15.12.2019 г.

Bukalov A.V.

Evolutionary development of the human brain and psyche and the rate of mutations in the genome

The decrease in the rate of mutations in humans by 1.5 times found in genetic studies compared to great apes may be associated with an evolutionary increase in the volume of the human brain or an equivalent increase in the degree of development of the psyche and consciousness, the level of self-awareness in the process of anthropogenesis, which is accompanied by a proportional increase in the number of operating cells short term memory and thinking. On the basis of experimental data, it has been shown that an increase in the level of organization of the brain, psyche and consciousness reduces the rate of mutations, that is, an increase in the informational ordering of the human psyche reduces the entropy of mutational processes in its genetic apparatus, which shows a qualitative difference between the human psyche and mind from the psyche of animals.

Key words: anthropogenesis, rate of mutations, consciousness, genetics, primates, psyche, mental functions, socionics, operating cells of the psyche.