

УДК 124.2; 800
DOI 10.25205/2307-1737-2021-1-57-77

Семиопоззис: становление значения в молекулярной генетике и биосемиотике

С. Т. Золян

*Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта
Калининград, Россия*

*Институт научной информации по общественным наукам РАН
Москва, Россия*

*Институт философии, социологии и права НАН Армении
Ереван, Армения*

Аннотация

Развивается утверждение Ю. С. Степанова (1971) о том, что значение не является исключительным свойством используемых человеком знаковых систем и наличествует в биосистемах. Оно может рассматриваться как особая форма проявления аутопоззиса, а именно – установления связей между двумя различными системами, одна из которых является для другой либо планом выражения, либо планом содержания. Такая спецификация применительно к генетическому коду была названа *кодпоэзисом* (M. Barbieri, 2012). Мы предлагаем называть этот процесс “семиопоззисом”, поскольку он затрагивает соотношение не только между двумя кодами, но и между системами знаковых отношений в целом. С этой точки зрения эволюцию генетического кода можно рассматривать как процесс семиопоззиса – семиозиса в его становлении. Возрастающая сложность организации приводит к автономизации информационных и семиотических принципов. Семиопоззис, т. е. комплекс рекурсивных автореферентных операций семиотической системы, становится формой динамической организации биомира, когда в нём появляются и становятся определяющими категории значения и цели.

© С. Т. Золян, 2021

Ключевые слова

Ю. С. Степанов, значение, биосемиотика, генетический код, кодопоэзис, семиопозис

Благодарности

Исследование выполнено за счет гранта РФФИ № 17-18-01536 «Трансфер знаний и конвергенция методологических традиций: опыт междисциплинарной интеграции политических, биологических и лингвистических исследований» в ИНИОН РАН

Для цитирования

Золян С. Т. Семиопозис: становление значения в молекулярной генетике и биосемиотике // Критика и семиотика. 2021. № 1. С. 57–77. DOI 10.25205/2307-1737-2021-1-57-77

Semiopoesis: Formation of Meaning in Molecular Genetics and Biosemiotics

S. T. Zolyan

*Immanuel Kant Baltic Federal University
Kaliningrad, Russian Federation*

*Institute of Scientific Information on Social Sciences RAS
Moscow, Russian Federation*

*Institute of Philosophy, Sociology and Law NAS of the Republic of Armenia
Yerevan, Armenia*

Abstract

The article develops the idea of Yu. S. Stepanov (1971) that meaning is not an exclusive property of sign systems used by man, and it is present in biosystems. We consider it as one of the specific forms of manifestation of autopoiesis, namely, establishing interconnections between two systems, one of which is used for the other, either a plane of expression or a plane of content. This specification concerning the genetic code has already been named as codopoiesis (M. Barbieri, 2012). We introduce the new term, “semiopoesis”, since it relies upon sign systems in general. From this point of view, the genetic code’s evolution can be viewed as a process of semiopoesis – semiosis in its emerging. The increasing complexity of the organization leads to the autonomy of information and semiotic principles. Semiopoesis, a complex of recursive self-referential operations of a semiotic system, becomes a form of the bio-world’s dynamic organization when categories of meaning and purpose appear and become defining in it.

Keywords

Yu. S. Stepanov, meaning, biosemiotics, genetic code, codopoesis, semiopoesis

Acknowledgements

This research is supported by the grant from the Russian Science Foundation (RSF), project no. 17-18-01536 “Knowledge transfer and convergence of methodological practices: Cases of interdisciplinary integration of political, biological, and linguistic research” at the Institute of Scientific Information on Social Sciences of the Russian Academy of Sciences

For citation

Zolyan S. T. Semiopoesis: Formation of Meaning in Molecular Genetics and Biosemiotics. *Critique and Semiotics*, 2021, no. 1, p. 57–77. (in Russ.) DOI 10.25205/2307-1737-2021-1-57-77

**Введение:
есть ли значение вне знаковых систем?**

Юрий Сергеевич Степанов с его обостренным чувством нового и перспективного стоит у истоков многих направлений, интенсивно развивающихся в настоящее время. Одно из них – биосемиотика. Сам термин в отечественной науке был введен в [Степанов, 1971], независимо от его первого употребления, но применительно к психологии в [Rothschild, 1962], о чем стало известно только позднее¹. Небольшая глава в этой книге излагала возможности этого направления в семиотике. Хотя сам Ю. С. Степанов далее к этим исследованиям не обращался, поставленные им проблемы оказались на переднем крае семиотики. Одна из них – проблема значения в молекулярной биологии – станет предметом рассмотрения в данной статье. Мы попытаемся показать, что возникновение генетического кода в эволюционной перспективе может быть рассмотрено как совпадающее с процессом формирования значения как семиотического отношения между планом выражения и планом содержания.

Как и предвидел Ю. С. Степанов, оформление биосемиотики как науки ставит ряд новых принципиальных вопросов, в частности: каким образом возможны знаки, знаковые системы и знаковые отношения там, где отсутствует сознание? И если применительно к животным или насекомым

¹ Если учесть, что Ротшильд использовал этот термин в ином значении, то приоритет, видимо, принадлежит Степанову. Ср.: “Florin (1974), Stepanov and Rothschild – a molecular biologist, a text semiotician, and a psychologist, respectively – each independently coined the term “biosemiotic” to describe where they wanted their investigations to be heading” [Favareau, 2007, p. 55]. См. также: [Barbieri, 2009, p. 226].

можно говорить об определенных формах коммуникации, осуществляемой посредством сигналов, то применительно к молекулярной генетике знаковые отношения не только наличествуют, но и определяют терминологический аппарат этой науки. Генетические процессы описываются в терминах лингвистических операций – начиная с понятий «генетический код», «генетическое чтение», «генетическая трансляция», «эдитинг» и т. п. Однако речь идет не только о терминологии, но и о характере самой организации генетической информации, что позволяет описывать ее как знаковую систему, порождающую тексты. По мнению Вяч. Вс. Иванова, открытию генетического кода предшествовала идея о возможности его дешифровки по аналогии с языковым текстом:

В середине XX века дешифровка генетического кода оказалась возможной, помимо всех других подготовивших ее открытий, еще и потому, что еще до окончательного успеха в описании Двойной спирали Криком и Уотсоном была предложена в отчетливом виде Гамовым модель, построенная по аналогии с дешифровкой языкового текста [Иванов, 2010, с. 31–52].

Действительно, Георгий Гамов применяет термин *translation*, понимаемый именно в семиотическом смысле – как преобразование чисел («a long number written in a four-digital system» – «Длинное число, записанное в четырехзначной системе») в «слова» («long “words” based on a 20-letter alphabet» – «длинное слово на основе алфавита из 20 букв»). «Возникает, – пишет Гамов, – вопрос: каким образом эти числа из четырех знаков могут быть переведены в подобные “слова”»² [Gamow, 1954, p. 318].

Термин *translation* оказывается весьма удачным, поскольку совмещает оба значения – как перемещения, так и преобразования, и именно он выбирается для обозначения важнейшего из механизмов наследственности, когда записанная в ДНК последовательность нуклеотидов преобразуется посредством РНК в последовательность аминокислот и белков (ср.: [Magais, Kull, 2016]). Но при этом для первооткрывателей генетического кода лингвистические ассоциации еще не были заслонены биохимическими процессами. Так, у Крика генетическая трансляция представлена именно как межъязыковой перевод:

Обнаружение генетического кода действительно является великим достижением. Это, в определенном смысле, ключ к молекулярной биологии,

² Здесь и далее, если не указано иное, перевод наш. – С. З.

потому что он показывает, как связаны друг с другом два великих полимерных языка: язык нуклеотидов и язык белков [Crick, 1966, p. 9];

Одно из важнейших биологических открытий шестидесятых годов заключалось в обнаружении генетического кода, малого словаря (в принципе похожего на азбуку Морзе), который переводит язык генетического материала, состоящий из четырех букв, на язык белка, исполнительный язык, состоящий из двадцати букв... Генетический код – это небольшой словарь, который устанавливает связь между языком нуклеиновых кислот из четырех букв и языком белков из двадцати букв [Crick, 1981, p. 46; 171]³.

Начиная с Романа Якобсона [Jakobson, 1970], были предприняты многочисленные попытки описать генетический код как некоторый язык, одно их упоминание увело бы нас от основной темы (частично этот обзор дан в: [Золян, 2016; 2018; Золян, Жданов, 2016; 2018; Zolyan, Zdanov, 2018; Zolyan, 2020]). Аналогичные попытки были предприняты и выдающимися генетиками, заложившими сами основы этой науки: Г. Гамовым, Ф. Криком, Э. Моно, Ф. Жакобом. В Советском Союзе ряд интересных наблюдений был сделан основоположником биоинформатики Вадимом Ратнером [1993а; 1993б], пришедшим к крайне важному выводу о двойственной природе генетического кода:

Гены представляют собой не зачатки биологических структур, а напоминают линейные тексты (участки ДНК), записанные при помощи некоторых правил и несущие генетическую информацию о молекулярных структурах и функциях... При этом во всех случаях и гены, и некодирующие участки – сегменты молекул ДНК, т. е. построены из того же алфавита четырех нуклеотидов. Поэтому различия между такими текстами не в их физической природе, а исключительно – в последовательностях символов-мономеров. В этом ключ информационно-лингвистического подхода. Значит, гены –

³ В русском возникает «раздвоение» английского «translation» и «translated». Переводчик Ф. Крика предпочел использовать разнокоренную пару: «Процесс синтеза белка с использованием фрагмента информационной РНК в качестве инструкций, который называется *трансляцией*, обязательно сложнее, так как инструкции написаны на языке РНК, состоящем из четырех букв, а их *следует перевести* с помощью химического механизма на язык белка из двадцати букв (курсив наш. – С. З.)» [Крик, 2002, с. 76]. Принятый в русском термин «трансляция» акцентирует процесс переноса носителей генетической информации из одного участка РНК в другой, но при этом теряется сохраняющееся в английском обозначение процесса преобразования единиц одного языка в единицы другого.

не физические, а информационные единицы наследственности [Ратнер, 2000, с. 23].

Тем самым наличие генетического кода позволяет прийти к однозначному ответу: существуют знаковые системы вне социальных отношений и не предполагающие сознания (интеллекта). Но при этом аналогии между языком и генетическим кодом, как правило, касались внутренней организации, синтактики. Вопросы семантики и, тем более, прагматики, не ставились, хотя, казалось бы, уже само понятие перевода предполагает наличие некоторого значения, того, что подлежит воспроизведению и сохранению в новой знаковой системе. Интерпретация знака, или установление связи между означаемым и означающим есть неперемное условие возникновения и функционирования знаковости, и оно в качестве интерпретатора предполагает человека или по крайней мере наделенное разумом существо. Возможно, это было связано также и с тем, что понятие «значение» предполагает некоторую если и не сознательную, то телеономическую деятельность, а это со стороны академического сообщества не только отрицалось, но и подвергалось достаточно строгой цензуре. Это отношение довелось испытать на себе и Роману Якобсону, когда он попытался углубить свое видение аналогии между языком и генетическим кодом⁴. Эти аналогии представители академического мейнстрима попытались ограничить исключительно сферой метафорического терминообразования, чтобы исключить какие-либо ассоциации с такими метафизическими понятиями, как «сознание», «цель», «разум» и т. п. Возникновение генетического кода объяснялось посредством другой метафоры – *застывшей случайности* (*a frozen accident*), введенной всё тем же Криком.

Между тем, как прозорливо было отмечено Чарльзом Пирсом, семиотические отношения могут не предполагать обладающего интеллектом агента, они могут осуществляться неким «квазиразумом», «квазиинтеллектом», «квазисознанием» (*quasi-mind*), сопряженным с операциями над знаками и присущим знаку и знаковой системе самим по себе:

⁴ Ср.: “This hypothesis led to Jakobson’s censorship, because his approach emphasized the teleological properties of genetic code. The Harvard professor was denied publication of an article submitted in 1973 to The New York Review of Books on the grounds that he was advocating a teleological approach that challenged the prevailing neo-Darwinian interpretation” [Katz, 2008, p. 66].

Now as every thinking requires a mind, so every sign even if external to all minds must be a determination of a quasi-mind. The quasi-mind is itself a sign, a determinable sign [Peirce, Welby, 1977, p. 195].

Такой подход позволяет отказаться от приписывания когнитивных способностей клеткам и рибосомам и предоставляет методологическую возможность исследования генетической информации как семиотического явления, сосредоточившись на процессе семиозиса и возникающих при этом отношениях⁵. Пирс наметил также возможность выхода в коммуникацию, поскольку в структуре знака он видел сплавленные воедино два (как минимум) квазиинтеллекта – говорящего и интерпретатора:

Thought is not necessarily connected with a brain... Admitting that connected Signs must have a Quasi-mind, it may further be declared that there can be no isolated sign. Moreover, signs require at least two Quasi-minds; a Quasi-utterer and a Quasi-interpreter; and although these two are at one (i.e. are one mind) in the sign itself, they must nevertheless be distinct. In the Sign they are, so to say, welded [Peirce, 1931–1958, vol. 4, p. 551].

Тем самым кроме семантики намечаются и квазидialogические отношения⁶, которые в дальнейшем могут стать основой генетической прагматики.

Уже в конце XX в. Юрий Лотман (независимо от Пирса, но как бы в диалоге с ним) перенес это свойство с системы на текст: текст выступает

⁵ Ср.: «Его семиотика выходит за пределы менталистской концепции знака, так как Пирс наряду со знаками, производящими ментальную интерпретацию, определяет как знаки и такие триадические феномены, которые не связаны с человеческим сознанием. Вместо “сознания” Пирс говорит в таких случаях о “квазисознании” [quasi-mind], но и “квазисознание” он считает способным иметь мысли. “Мышление [thought] не обязательно должно быть связано с мозгом. Оно проявляется в работе пчёл, в кристаллах и повсюду в чисто физическом мире”. Поэтому, согласно Пирсу, знаки обнаруживаются не только в мыслительных, но также в биологических, химических и даже физических процессах» [Нёт, 2001, с. 11].

⁶ В качестве одной из возможных версий можно указать концепцию *биогерменевтики* Сергея Чебанова, в основу которой положено несколько иное понимание «квазидialogа»: “The enlogue can be interpreted as quasi-dialogue taking place in quasipersonal situations when the participants have no such rational means of communication as, for instance, natural language: take the interaction between a living being (LB) and a sensible being (SB, i.e., biologist) – the interaction is not verbal, though obviously generates some information in the SB” [Chebanov, 1999, p. 215]. См. развитие этой идеи в [Чебанов, 2019].

как интеллектуальное устройство, наделенное способностью не только передавать информацию, но и хранить ее и порождать новую⁷. При таком подходе не столько литературный текст, сколько «живой гипертекст», геном оказывается прототипическим образцом текста, понимаемого как «самовозрастающий логос». То, что применительно к вербальному тексту воспринимается если и не как метафора, то как требующее пояснений и оговорок («память», «смыслопорождение» и т. п.), в случае генома предстает именно как наглядно проявляемое свойство.

Вместе с тем очевидно, что понятия «квазисознание», «квазидialog» и им подобные должны получить экспликацию посредством указания на внутрисистемные характеристики и операции, и здесь может оказаться полезной концепция аутопоэзиса, способность системы к самоорганизации в ее приложении к семиотическим аспектам упорядоченности генетической информации. В этом контексте понятие «значение» в семиотическом понимании, т. е. как связь означаемого с означающим, может быть рассмотрено и применительно к системам передачи генетической информации.

Это изменяет перспективу рассмотрения аналогий между языком и генетическим кодом, как и биосемиотики в целом. Примечательно, что именно в этом ключе предлагал рассматривать биосемиотику Ю. Степанов, из скромности передав честь первооткрывателя в то время далеко не столь известному эстляндскому барону Якобу Иксключю:

Этот ход мыслей привел Я. Иксключю к общей формулировке: биологическая связь между организмом и внешней средой, включая и связь между одним организмом и другими, основанная на соответствии «структурного плана» организма и его «внешнего мира», и есть значение в органической природе. Эта мысль высказана Я. Иксключюлем в работе с характерным названием «Учение о значении» («Bedeutungslehre»). В этом понимании значения Я. Иксключюль прозорливо предвосхитил как одну из главных идей современной кибернетики, науки о связях и управлении в организме, при-

⁷ «...Текст типа T₂ (текст, ориентированный на порождение смысла. – С. З.) обнаруживает черты интеллектуального устройства: он обладает памятью, в которой он может концентрировать свои предшествующие значения, и одновременно он проявляет способность, включаясь в коммуникативную цепь, создавать новые нетривиальные сообщения. Если принять определение разумной души, которое дал Гераклит Эфесский: “Психее присущ самовозрастающий логос”, то T₂ может рассматриваться как один из объектов, обладающих этим свойством» [Лотман, 1981, с. 13–14].

роде и обществе, так и одну из главных идей современной семиотики: само явление «значения» не является каким-либо исключительным свойством человеческого языка или человеческой психики, в иной форме оно присутствует всюду в органической природе [Степанов, 1971, с. 38–39].

Однако каким образом может возникнуть значение, т. е. отношение между означаемым и означающим, *вне языка или человеческой психики*?

Можно предложить, что это одна из специфических форм проявления аутопозиса, а именно установления межсистемных связей между двумя различными системами, одна из которых является для другой либо планом выражения, либо планом содержания. Такая спецификация применительно к генетическому коду была названа кодопозисом [Barbieri, 2012]. На наш взгляд, точнее будет этот процесс назвать «семиопозис», поскольку он затрагивает соотношение не только между двумя кодами, но и между системами знаковых отношений в целом⁸.

Семиопозис: у истоков концепции

В 1968 г. французское телевидение организовало дискуссию (см. [Vivre et parler, 1968], перевод на русский опубликован в [Якобсон, 1996]) между Романом Якобсоном, Клодом Леви-Строссом и выдающимися биологами Франсуа Жакобом и Филиппом Леритьером (Франсуа Жакоб и не принимавший участие в дискуссии Жак Моно – лауреаты Нобелевской премии за открытие информационной РНК). Темой дискуссии было рассмотрение возможных аналогий между языком и генетическим кодом, ее продолжением стали статьи ее участников [Jakobson, 1970; Jacob, 1977⁹], ставшие определяющими для дальнейшего развития биосемиотики и биолингвистики. Однако, на наш взгляд, в тени оказалась идея, высказанная Клодом Леви-Строссом, – основная аналогия между языком и генетическим кодом лежит в области значения:

The analogy between genetics and linguistics occurs at the level of meaning, and we cannot avoid using this concept of meaning to properly define the analogy [Vivre et parler, 1968, p. 18] (цит. по: [Katz, 2008, p. 65]).

⁸ Термин *semiopoiesis* был использован в работе В. Фещенко и О. Ковалья – как английский вариант сочетания «сотворение знака» применительно к художественным знаковым системам [Фещенко, Коваль, 2014].

⁹ См. на русском: *Жакоб Ф.* Лингвистическая модель в биологии // Вопросы языкознания. 1992. № 2. С. 135–143.

Что касается куда более очевидной аналогии построения сложных структур из элементарных дискретных элементов, на что в первую очередь обращали внимание Якобсон и Жакоб, то, по мнению Леви-Стросса, она значима именно в силу того, что благодаря ей возникает смысл, сигнификация:

Жакоб. В обоих случаях речь идет о единицах, которые сами по себе абсолютно бессмысленны, но, будучи сгруппированными определенным способом, они обретают смысл. Это или смысл слов в языке, или смысл с биологической точки зрения, т. е. для выражения функций, которые записаны в химическом генетическом сообщении... Дело в том, что все звенья, все элементы, составляющие определенную единицу, объединены между собой, и сама единица, например клетка, представляет собой нечто куда большее, нежели сумма всех элементов... Совершенно очевидно, что если мы возьмем группу элементов для того, чтобы организовать их в структуру высшего порядка, то их нельзя будет просто сложить, как молекулы, в мешок и подчинить статистическим законам, управляющим просто сближенными элементами. Иначе говоря, необходимо, чтобы существовали системы коммуникации...

Леви-Стросс. Если позволите, вопрос не совсем в этом. Дело не просто в том, чтобы получать сложное из простого, как это происходит в таблице Менделеева, которую вы упоминали. Глубокая аналогия между тем, что вы находите в клеточной генетике, и языком состоит в том, что комбинация простых элементов, лишенных сигнификации, дает не только нечто более сложное, но нечто несущее в себе определенный смысл. Я думаю, что аналогия существует в плане сигнификации [Якобсон, 1996, с. 198–221].

Идея Леви-Стросса частично была конкретизирована в книге Жака Моно¹⁰ (не принимавшего участие в дискуссии соавтора Жакоба), обратившего внимание на необходимость связи между значением и самим возникновением жизни и указавшего на сделавшие ее возможными механизмы генетической трансляции. Значение, как и код, не может быть объяснено случайными процессами; они взаимно предполагают друг друга и появляются на заключительном, «телеономическом», этапе как результат рекурсивных операций: код «переводится» посредством продуктов, возникающих в процессе перевода. Где нет перевода, нет и значения – это хорошо известное положение в лингвистике и семиотике, и именно так мож-

¹⁰ Отметим, что отец Жака Моно был художником, близким другом Сергея Карцевского; во втором томе его работ («Из лингвистического наследия», М., 2004) помещен его портрет, выполненный Люсьеном Моно в 1912 г.

но понимать мысль Жака Моно, предложенную им как объяснительную гипотезу возникновения генетического кода:

The code is meaningless unless translated... The third step, according to our hypothesis, was the gradual emergence of teleonomic systems which, around replicative structures, were to construct an organism, a primitive cell. The code cannot be translated otherwise than by products of translation... [Monod, 1971, p. 143].

Строя гипотезы о происхождении жизни, Жак Моно, как и другие его современники, могли основываться только на интуиции и более или менее правдоподобных догадках. Уже после 1990-х гг. на основе развития синтетической биологии становится возможным экспериментальная проверка выдвигаемых гипотез. Возникают концепции, в общем виде называемые «мир РНК», о гипотетическом этапе возникновения жизни на Земле до появления ДНК, когда функция хранения и передачи генетической информации поэтапно формировалась внутри РНК. Выдвигаемые в этой сфере гипотезы позволяют увидеть, что возникновение жизни в то же время приводит к формированию семиотических отношений между планом выражения и планом содержания, т. е. к семиопозису.

Возникновение генетического кода как семиопозис

Каким образом из неорганической материи возникает органическая материя, т. е. жизнь? Это предполагает гигантский качественный скачок, для которого нет объяснений. Поэтому на первоначальном этапе о зарождении жизни говорят либо как о сверхъестественном чуде, либо как о сверхъестественной (практически невозможной) случайности. Генетики – верующие христиане зарождение жизни связывают с Божественным промыслом, и для них связь между генетическим кодом и языком очевидна. Генетический код и есть тот язык Бога, посредством которого возникает жизнь (ср.: [Collins, 2006; 2009]). Но, поскольку среди генетиков-первопроходцев были и принципиальные атеисты, возникали и другие, «материалистические», гипотезы. Так, Фрэнсис Крик выдвигает «реалистическую» концепцию: поскольку на самой Земле возникновение жизни из неорганической материи никак не представимо, то жизнь на Землю миллиарды лет тому назад занесли космические пришельцы. Теперь, когда представления о космических путешествиях стали менее оптимистичными, космическая гипотеза, тем не менее, продолжает существовать в ее «безличной» форме: жизнь на Землю была занесена посредством метеоритов (а как она возник-

ла там – это уже вопрос не к землянам). А в качестве «научной» была предложена концепция «замороженной случайности» (термин Крика): в результате невероятного стечения обстоятельств каким-то образом примерно 3,6 миллиарда лет назад сформировался генетический код, и с тех пор он не изменялся.

Начиная с 1990-х гг. ситуация меняется: возникают пусть и недостаточно достоверные, но проверяемые гипотезы о происхождении жизни. Они сводятся к трем основным, не противоречащим друг другу и в определенном смысле взаимодополняющим гипотезам. Эти концепции были обобщены ведущими специалистами в данной области следующим образом:

Три основных понятия о происхождении и эволюции кода – это стереохимическая теория, согласно которой назначение кодонов продиктовано физико-химическим сродством между аминокислотами и родственными кодонами (антикодонами); теория коэволюции, которая утверждает, что структура кода эволюционировала совместно с путями биосинтеза аминокислот; и теория минимизации ошибок, согласно которой минимизация отрицательного влияния мутаций и ошибок трансляции были основным фактором эволюции кода [Koonin, Novozhilov, 2009, p. 99].

Однако в этой же статье выражался скептицизм, поскольку поставленный 50 лет до этого вопрос «как мог возникнуть генетический код», так и не получил ответа [Ibid.]. Еще более пессимистичен вывод тех же исследователей, сделанный в 2017 г.: все три теории исчерпали себя¹¹. К аналогичному выводу приходят и авторы одного и последних обзоров в этой области [Kun, Radvanyi, 2018, p. 221]. В обоих случаях звучит совет от умозрительных спекуляций перейти к экспериментальному моделированию.

Как видим, существующие теории возникновения генетического кода, обладая частичной объяснительной силой, за последние годы не смогли

¹¹ “This seems to be the extent of what we can confidently claim about the code’s evolution. The three main theories of code evolution seem to have largely exhausted their potential for constructive analysis, at least in their traditional form. The stereochemical theory, focusing on codons and anticodons, fails to provide clear solutions. The coevolution and error minimization theories each capture important aspects of the code evolution, but they do not seem to provide major insights beyond the solid conclusion about code expansion most likely involving duplication of proto-tRNAs” [Koonin, Novozhilov, 2017, p. 56–57].

продвинуться вперед. Можно предположить, что по мере усложнения систем, как это и предполагалось Жаком Моно, начинают действовать телеономические принципы организации, основанные на категориях цели и значения. Отразить возникновение этих новых форм организации была призвана концепция *кодпоэзиса*. Как явствует из этого термина, она исходит из общей концепции системной самоорганизации (аутопоэзиса). Она была предложена известным итальянским биологом, основателем кодобиологии (code biology) Марчелло Барбиери. Процесс возникновения кода связывается им с элиминацией многозначности, ситуации, когда одни и те же последовательности нуклеотидов могли быть ассоциированы с различными аминокислотами. Кодпоэзис регулирует создание новых органических кодов (генетический код – лишь один из них) и сохранение имеющихся:

The origin of the first cells was based on the ability of the ancestral systems to generate the rules of the genetic code, and the subsequent evolution of the cells was based on two complementary processes: one was the generation of new organic codes and the other was the conservation of the existing ones. Taken together, these two processes are the two sides of a biological phenomenon that can be referred to as “codepoiesis” [Barbieri, 2012, p. 298] (см. также: [Barbieri, 2018; 2019]).

Применительно к генетическому коду можно предположить, что семиотические отношения возникают из каузальных: отношение между причиной и следствием оформляется как отношение между означаемым и означающим. Подобно индексальному отношению между дымом и огнем, отношение между причиной и следствием (нуклеотиды как катализаторы синтеза аминокислот) застывает как семиотическое: определенная последовательность нуклеотидов (пара «кодон – антикодон») выступает как означающее и «кодирует» свое означаемое – определенную аминокислоту.

Эволюция генетического протокола может быть рассмотрена как воплощение (или материализация) семиозиса: причинная связь между сопутствующими друг другу явлениями (индексальный семиозис) превратилась в стереохимическое подобие (иконическое соответствие) и, наконец, было заморожено как произвольная (биохимически и стереохимически немотивированная) связь между кодонами (означающие) и аминокислотами (означаемые). Тем самым формируется аналог символического значения, а пространственные связи между нуклеотидами (позициями в кодонах /

антикодонах) начинают функционировать аналогично грамматическим категориям.

Если взять за основу уже не оспариваемое положение о произвольности генетического кода¹², то поиск его биохимических основ может быть результативным только до определенного предела: а именно до возникновения генетического кода. Понятие кода представляется слишком узким для описания телеономических процессов. Помимо списка соответствий между двумя алфавитами или словарями (собственно кодов), требуются также понятия значения (цель) и грамматики (правила генерации новых структур из исходных символов). Учитывая регуляторные функции генома, требуется также и прагматика (механизмы, запускающие или останавливающие те или иные информационные генетические процессы).

Рассматривая возможные пути происхождения и эволюции генетического кода, мы предложили рассмотреть возможность описать его как процесс семиозиса, т. е. как возникновение знаковых отношений, регуляций и операций. Первоначальная стерео- и биохимически мотивированная ассоциация нуклеотидов и аминокислот была замещена произвольной связью «означающее – означаемое». В дальнейшем именно в силу этой немотивированности эти соответствия уже не могли быть изменены в рамках данного кода. Генетический код возник как система формальных ограничений, накладываемых на биохимическую материю. Существующие гипотезы эволюции генетического кода демонстрируют, каким образом поэтапно наращивались языковые и семиотические принципы его организации (подробнее об этом см: [Zolyan, 2020]). Несмотря на значительные отличия между этими гипотезами, их, тем не менее, можно интерпретировать как описание возможных модусов перехода от биохимической детерминированности к кодированию, основанному на принципах передачи информации (оптимизация кода, минимизация ошибок, устранение неоднозначности, линейаризация, текстуализация, контекстуализация). Гетерогенность современного стандартного генетического кода отражает разнообразие его происхождения. Основные характеристики генезиса и эволюции

¹² Ср.: “It has been shown that there is no deterministic link between codons and amino acids because any codon can be associated with any amino acid. This means that the rules of the genetic code do not descend from chemical necessity and in this sense they are arbitrary. Today, in other words, we have the experimental evidence that the genetic code is a real code, a code that is compatible with the laws of physics and chemistry but is not dictated by them” [Barbieri, 2018, p. 2].

генетического кода согласуются с его формальной семиотической моделью, основанной на различении грамматики (категории, позиции) и словаря (кодоны и нуклеотиды). Возрастающая сложность форм жизни привела к появлению новых аминокислот и новых принципов их структурирования. Дублетный код преобразуется в триплетный. Функциональное неравенство третьей позиции, которая является релевантной только в половине случаев (32 из 64), коррелирует с ее более поздним появлением, поскольку она возникает уже после того, как были сформированы функции первых двух позиций. Такие особенности, как нераспознаваемость третьей позиции при трансляции или же дифференциация только между пуринами и пиримидинами, также можно рассматривать как свидетельство незавершенности процесса триплетизации генетического кода. По мере усложнения субстанции биохимические закономерности дополняются (или даже уступают место) лингвистическим и семиотическим принципам. Биохимическая субстанция больше не определяет код, и возникают отношения, напоминающие характеристики не столько биологических систем, сколько семиотических систем (произвольность знака, контекстная зависимость, линейный порядок, семантические отношения, текстовые характеристики). Помимо канонического, существует еще 23 варианта (диалекта) генетического кода (см.: [Koonin, Novozhilov, 2017, p. 48]), а это говорит о том, что генетический код – это не нечто вечно и неизменно существующее («Язык Бога, язык жизни»), а продукт многоступенчатой эволюции, которая приводит к появлению его различных синхронных и диахронных вариантов. По мере усложнения механизмы его организации становились ближе к принципам организации естественного языка, почему и уместно вспомнить фундаментальную формулу Соссюра: «Язык есть форма, а не субстанция».

Эволюцию генетического кода можно рассматривать как процесс семиопозиса – семиозиса в его становлении. Генетический код возникает из материи точно так же, как органический мир вырос из неорганического путем введения новых принципов организации (аутопозиса). Таким образом, связи между материальными объектами (в данном случае нуклеотидами и аминокислотами) привели к возникновению семиотических связей. В результате стохастических процессов возникли механизмы хранения и передачи информации, обеспечивающие возможность стабильных форм жизни. Возрастающая сложность организации приводит к кристаллизации информационных и семиотических принципов. Семиопозис, комплекс рекурсивных автореферентных операций семиотической системы, становит-

ся формой динамической организации биомира, когда в нём появляются и становятся определяющими категории значения и цели.

Список литературы

Золян С. Т. Вновь о соотносительности языка и генетического кода // Вопросы языкознания. 2016. № 1. С. 114–132.

Золян С. Т. Генетический код: грамматика, семантика эволюция // Метод. Московский ежегодник трудов из обществоведческих дисциплин. М.: ИНИОН РАН, 2018. № 8. С. 130–184.

Золян С. Т., Жданов Р. И. Геном как (гипер)текст: от метафоры к теории // Критика и семиотика. 2016. № 1. С. 60–84.

Золян С. Т., Жданов Р. И. Геном как информационно-семиотический феномен // Философия науки и техники. 2018. Т. 23, № 1. С. 88–102

Иванов Вяч. Вс. «Границы семиотики»: вопросы к предварительному обсуждению // Современная семиотика и гуманитарные науки. М.: Языки славянских культур, 2010. С. 31–50.

Крик Ф. Жизнь как она есть: Ее зарождение и сущность / Пер. с англ. Е. В. Богатыревой. М.: Ин-т компьютерных исследований, 2002. 160 с.

Лотман Ю. М. Мозг – текст – культура – искусственный интеллект // Семиотика и информатика. М.: ВИНТИ, 1981. Вып. 17. С. 13–17.

Нёт В. Чарлз Сандерс Пирс // Критика и семиотика. 2001. № 3/4. С. 5–32.

Ратнер В. А. Генетический язык: Грамматика, предложения, эволюция // Генетика. 1993а. № 29. С. 709–719.

Ратнер В. А. Сравнительная иерархическая структура генетического языка // Генетика. 1993б. № 29. С. 720–739.

Ратнер В. А. Хроника великого открытия: Идеи и лица // Природа. 2000. № 6. С. 22–30.

Степанов Ю. С. Семиотика. М.: Наука, 1971. 168 с.

Фещенко В. В., Коваль О. В. Сотворение знака. Очерки о лингвоэстетике и семиотике искусства. М.: Языки славянских культур, 2014. 640 с.

Чебанов С. В. На пути к семиотически осознаваемой биологии: биосемиотика замещает синтетическую теорию эволюции // Метод. Московский ежегодник трудов из обществоведческих дисциплин. М.: ИНИОН РАН, 2019. № 9. С. 151–173.

Якобсон Р. Язык и бессознательное / Пер. с англ., фр., К. Голубович, Д. Епифанова, Д. Кротовой, К. Чухрукидзе, В. Шеворошкина; сост., вступ. ст. К. Голубович, К. Чухрукидзе; ред. пер. Ф. Успенский. М.: Гнозис, 1996. 248 с.

- Barbieri M.* A Short History of Biosemiotics // *Biosemiotics*. 2009. No. 2. P. 221–245. DOI 10.1007/s12304-009-9042-8
- Barbieri M.* Codepoiesis – the deep logic of life // *Biosemiotics*. 2012. No. 5 (3). P. 297–299.
- Barbieri M.* What is code biology? // *BioSystems*. 2018. No. 164. P. 1–10.
- Barbieri M.* A general model on the origin of biological codes // *BioSystems*. 2019. No. 181. P. 11–19.
- Chebanov S. V.* “Biohermeneutics and hermeneutics of biology” // *Semiotica*. 1999. Vol. 127, no. 1/4. P. 215–226.
- Collins F. S.* The language of God. New York: Free Press, 2006.
- Collins F. S.* The language of life: DNA and the revolution in personalized medicine. New York: Harper-Collins, 2009.
- Crick F.* The genetic code: Yesterday, today, and tomorrow // *Cold Spring Symposium on Quantitative Biology*. 1966. No. 31. P. 3–9.
- Crick F.* Life Itself: Its Origin and Nature. London: Simon & Schuster, 1981. 192 p.
- Favareau D.* The evolutionary history of biosemiotics // *Barbieri M.* (ed.). Introduction to Biosemiotics. Dordrecht: Springer, 2007. P. 1–67.
- Gamow G.* Possible Relation between Deoxyribonucleic Acid and Protein Structures // *Nature*. 1954. Vol. 173, no. 4398. P. 318.
- Jacob F.* The linguistic model in biology // *Armstrong D., Schooneveld C. H. van.* (eds.). Roman Jakobson: Echoes of his scholarship, Lisse: de Ridder. 1977. P. 186–192.
- Jakobson R.* Linguistics. Relationship between the science of language and other sciences // *Unesco* (ed.). Main trends of research in the social and human sciences. Part one: Social sciences. Paris: The Hague: Mouton, 1970. P. 419–463.
- Katz G.* The Hypothesis of a Genetic Protolanguage: an Epistemological Investigation // *Biosemiotics*. 2008. No. 1. P. 57–73. DOI 10.1007/s12304-008-9005-5
- Koonin E. V., Novozhilov A. S.* Origin and evolution of the genetic code: the universal enigma // *IUBMB Life*. 2009. No. 61 (2). P. 99–111. DOI 10.1002/iub.146
- Koonin E. V., Novozhilov A. S.* Origin and Evolution of the Universal Genetic Code // *Annual Review of Genetics*. 2017. No. 51. P. 45–62.
- Kun A., Radvanyi A.* The evolution of the genetic code: impasses and challenges // *Biosystems*. 2018. Vol. 164. P. 217–225. DOI 10.1016/j.biosystems.2017.10.006

Marais K., Kull K. Biosemiotics and Translation Studies. In: Gambier Y., Doorslaer L. van. (eds.). *Border Crossing: Translation Studies and Other Disciplines*. Amsterdam: John Benjamins, 2016. P. 169–188.

Monod J. *Chance and Necessity: An Essay on the Natural Philosophy of Modern Biology*. Fontana, 1971.

Peirce Ch. S. *Collected Papers*. Eds. C. Hartshorne, P. Weiss, A. W. Burks. Cambridge, Mass.: Harvard Uni. Press, 1931–1966.

Peirce C. S., Welby-Gregory V. (Lady Welby). *Semiotic and Significs: The Correspondence between C. S. Peirce and Victoria Lady Welby*, edited by Charles S. Hardwick with the assistance of James Cook. Bloomington and Indianapolis, IN: Indiana University Press, 1977, 201 p.

Rothschild F. S. Laws of symbolic mediation in the dynamics of self and personality // *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1962. Vol. 96 (3). P. 774–784.

“Vivre et parler” : un débat entre François Jacob, Roman Jakobson, Claude Lévi-Strauss et Philippe L'Héritier, photocopié de *Les Lettres françaises*, no. 1221–1222, février 1968.

Zolyan S. From Matter to Form: the Evolution of the Genetic Code as Semio-Poiesis // *Linguistic Frontiers*. 2020. DOI 10.2478/lf-2020-0009

Zolyan S. T., Zhdanov R. I. Genome as (hyper)text: From metaphor to theory // *Semiotica*. 2018. Iss. 225. P. 1–18. DOI 10.1515/sem-2016-0214

References

Barbieri M. A Short History of Biosemiotics. *Biosemiotics*, 2009, no. 2, p. 221–245. DOI 10.1007/s12304-009-9042-8

Barbieri M. Codepoiesis – the deep logic of life. *Biosemiotics*, 2012, no. 5 (3), p. 297–299.

Barbieri M. What is code biology? *BioSystems*, 2018, no. 164, p. 1–10.

Barbieri M. A general model on the origin of biological codes. *BioSystems*, 2019, no. 181, p. 11–19.

Chebanov S. V. “Biohermeneutics and hermeneutics of biology”. *Semiotica*, 1999, vol. 127, no. 1/4, p. 215–226.

Chebanov S. V. Na puti k semioticheski osoznayemoy biologii: biosemiotika zameshchayet sinteticheskuyu teoriyu evolyutsii [On the way to a semiotically recognised biology: biosemiotics replaces the synthetic theory of evolution]. In: *Metod. Moskovskiy yezhegodnik trudov iz obshchestvovedcheskikh distsiplin*. Moscow, 2019, no. 9, p. 151–173. (in Russ.)

Collins F. S. *The language of God*. New York, Free Press, 2006.

Collins F. S. The language of life: DNA and the revolution in personalized medicine. New York, Harper-Collins, 2009.

Crick F. The genetic code: Yesterday, today, and tomorrow. *Cold Spring Symposium on Quantitative Biology*, 1966, no. 31, p. 3–9.

Crick F. Life Itself: Its Origin and Nature. London, Simon & Schuster, 1981, 192 p.

Crick F. Zhizn' kak ona yest': Yeye zarozhdeniye i sushchnost [Life as it is: Its origin and nature]. Transl. by Yu. V. Bogatyrev. Moscow, 2002, 160 p. (in Russ.)

Favareau D. The evolutionary history of biosemiotics. In: Barbieri M. (ed.). Introduction to Biosemiotics. Dordrecht, Springer, 2007, p. 1–67.

Feshchenko V. V., Koval O. V. Sotvoreniye znaka. Ocherki o lingvoestetike i semiotike iskusstva [Creation of a sign. Essays on linguo-aesthetics and semiotics of art]. Moscow, 2014, 640 p. (in Russ.)

Gamow G. Possible Relation between Deoxyribonucleic Acid and Protein Structures. *Nature*, 1954, vol. 173, no. 4398, p. 318.

Ivanov Vyach. Vs. "Granitsy semiotiki": voprosy k predvaritel'nomu obsuzhdeniyu ["Borders of semiotics": questions for preliminary discussion]. In: Sovremennaya semiotika i gumanitarnyye nauki. Moscow, 2010, p. 31–50. (in Russ.)

Jacob F. The linguistic model in biology. In: Armstrong D., Schooneveld C. H. van. (eds.). Roman Jakobson: Echoes of his scholarship. Lisse, de Ridder, 1977, p. 186–192.

Jakobson R. Linguistics. Relationship between the science of language and other sciences. In: Unesco (ed.). Main trends of research in the social and human sciences. Part 1: Social sciences. Paris, The Hague: Mouton, 1970, p. 419–463.

Jakobson R. Yazyk i bessoznatel'noye [Language and the unconscious]. Transl. by K. Golubovich, D. Epifanova, D. Krotovoy, K. Chukhrukidze, V. Shevoroshkina; intr. by K. Golubovich, K. Chukhrukidze. Moscow, Gnozis, 1996, 248 p. (in Russ.)

Katz G. The Hypothesis of a Genetic Protolanguage: an Epistemological Investigation. *Biosemiotics*, 2008, no. 1, p. 57–73. DOI 10.1007/s12304-008-9005-5

Koonin E. V., Novozhilov A. S. Origin and evolution of the genetic code: the universal enigma. *IUBMB Life*, 2009, no. 61 (2), p. 99–111. DOI 10.1002/iub.146

Koonin E. V., Novozhilov A. S. Origin and Evolution of the Universal Genetic Code. *Annual Review of Genetics*, 2017, no. 51, p. 45–62.

Kun A., Radvanyi A. The evolution of the genetic code: impasses and challenges. *Biosystems*, 2018, vol. 164, p. 217–225. DOI 10.1016/j.biosystems.2017.10.006

Lotman Yu. M. Mozg – tekst – kul'tura – iskusstvennyy intellekt [Brain – text – culture – artificial intelligence]. In: *Semiotika i informatika*. Moscow, VINITI, 1981, iss. 17, p. 13–17. (in Russ.)

Marais K., Kull K. Biosemiotics and Translation Studies. In: Gambier Y., Doorslaer L. van. (eds.). *Border Crossing: Translation Studies and Other Disciplines*. Amsterdam, John Benjamins, 2016, p. 169–188.

Monod J. *Chance and Necessity: An Essay on the Natural Philosophy of Modern Biology*. Fontana, 1971.

Nöth W. Charles Sanders Peirce. *Critique & Semiotics*, 2001, iss. 3/4, p. 5–32. (in Russ.)

Peirce C. S. *Collected Papers*. Eds. C. Hartshorne, P. Weiss, A. W. Burks. Cambridge, Harvard Uni. Press, 1931–1966.

Peirce C. S., Welby-Gregory V. (Lady Welby). *Semiotic and Significs: The Correspondence between C. S. Peirce and Victoria Lady Welby*. Ed. by Charles S. Hardwick with the assistance of James Cook. Bloomington and Indianapolis, IN, Indiana University Press, 1977, 201 p.

Ratner V. A. Geneticheskiy yazyk: Grammatika, predlozheniya, evolyutsiya [Grammar, sentences, evolution]. *Genetika*, 1993, no. 29, p. 709–719. (in Russ.)

Ratner V. A. Sravnitel'naya iyerarkhicheskaya struktura geneticheskogo yazyka [Comparative hierarchical structure of genetic language]. *Genetika*, 1993, no. 29, p. 720–739. (in Russ.)

Ratner V. A. Khronika velikogo otkrytiya: Idei i litsa [The Chronicle of the great discovery: Ideas and faces]. *Priroda*, 2000, no. 6, p. 22–30. (in Russ.)

Rothschild F. S. Laws of symbolic mediation in the dynamics of self and personality. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1962, vol. 96 (3), p. 774–784.

Stepanov Yu. S. *Semiotika*. [Semiotics]. Moscow, Nauka, 1971, 168 p. (in Russ.)

“Vivre et parler” : un débat entre François Jacob, Roman Jakobson, Claude Lévi-Strauss et Philippe L'Héritier, photocopié de *Les Lettres françaises*, février 1968, no. 1221–1222.

Zolyan S. T. Vnov' o sootnesenosti yazyka i geneticheskogo koda [Again about the correlation of language and genetic code]. *Voprosy yazykoznaniiya*, 2016, no. 1, p. 114–132. (in Russ.)

Zolyan S. T. Geneticheskiy kod: grammatika, semantika evolyutsiya [Genetic code: grammar, semantics, evolution]. In: Metod. Moskovskiy yezhegodnik trudov iz obshchestvovedcheskikh distsiplin. Moscow, 2018, no. 8, p. 130–184. (in Russ.)

Zolyan S. From Matter to Form: the Evolution of the Genetic Code as Semio-Poiesis. *Linguistic Frontiers*, 2020. (in Russ.) DOI 10.2478/lf-2020-0009

Zolyan S. T., Zhdanov R. I. Genom kak informatsionno-semioticheskiy fenomen [The genome as an information-semiotic phenomenon]. *Filosofiya nauki i tekhniki*, 2018, vol. 23, no. 1, p. 88–102. (in Russ.)

Zolyan S. T., Zhdanov R. I. Genome as (hyper)text: From metaphor to theory. *Semiotica*, 2018, iss. 225, p 1–18. DOI 10.1515/sem-2016-0214

Сведения об авторе

Золян Сурен Тигранович, профессор Балтийского федерального университета имени Иммануила Канта (Калининград, Россия); исполнитель, Институт научной информации по общественным наукам РАН (Москва, Россия); ведущий научный сотрудник Института философии, социологии и права Национальной академии наук Республики Армения (Ереван, Армения)

surenzolyan@gmail.com

ORCID 0000-0003-4703-5262

Scopus AuthorID 56529704100

ResearcherID E-1710-2018

Information about the Author

Suren T. Zolyan, Professor, Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russian Federation); Institute of Scientific Information on Social Sciences RAS (Moscow, Russian Federation); Institute of Philosophy, Sociology and Law, National Academy of Sciences of the Republic of Armenia (Yerevan, Armenia)

surenzolyan@gmail.com

ORCID 0000-0003-4703-5262

Scopus AuthorID 56529704100

ResearcherID E-1710-2018