С.В. Чебанов

НА ПУТИ К СЕМИОТИЧЕСКИ ОСОЗНАВАЕМОЙ БИОЛОГИИ: БИОСЕМИОТИКА ЗАМЕЩАЕТ СИНТЕТИЧЕСКУЮ ТЕОРИЮ ЭВОЛЮЦИИ

Вводные замечания
1. Семиотически осознаваемая биология
2. Пути семиотического осознания биологии
2.1. Реинтерпретация СТЭ в категориях теории информации
2.2. Разработка биосемиотики на основе классических семиотик Ч.С. Пирса и Ф. де Соссюра
2.3. Разработка представления о биологическом смысле: биогерменевтика
3. Биосемиотика и семантика в естествознании
4. Семиотические биотехнологии
5. Биосемиотика и НБИК-конвергенция
6. Биогерменевтика, биофилология, биолингвистика, биосемиотика и биопрагмалингвистика как варианты семиотически осознанной биологии
7. Система семиотически осознаваемой биологии

Вводные замечания

Как представляется, говоря о будущем биосемиотики, имеет смысл *не настаивать на том, что какие-то конкретные события должны произойти* через какое-то время или в каком-то временном интервале в будущем (ср.: «…не ваше дело знать времена и сроки» [Деян., 1,7]), а скорее оценивать, что *может произойти* в принципе и что *желательно чтобы произошло* в обозримом будущем, без указания каких-либо конкретных сроков. В таком случае целесообразно зафиксировать возможные точки бифуркации развития биосемиотики.

1. Семиотически осознаваемая биология

Биологии предстоит освоить идею Г. Патти о семиотически осознаваемой биологии (СОБ), сформулированную 50 лет назад [Pattee, 1968], т.е. создать биологию, в которой биосемиотика (в том или ином виде, но как область, принимающая наличие знаковости, а значит и смысла, в живых организмах) займет такое же место, какое занимает синтетическая теория эволюции (СТЭ) в современной биологии. В данном случае «занимать такое же место» не означает, что СОБ должна заменить СТЭ в ее содержательных связях с другими разделами биологии, притом что содержательность этих связей определяется СТЭ. Речь идет о том, что СОБ должна стать столь же универсальной концепцией биологии, какой является СТЭ в современной биологии. При этом сама СОБ должна сформулировать основные концептуальные узлы биологии и установить содержательно адекватные связи между ними, основываясь на отношениях, важных с точки зрения биосемиотики.

2. Пути семиотического осознания биологии

Можно говорить о трех вариантах такого осознания.

2.1. Реинтерпретация СТЭ в категориях теории информации

Такая реинтерпретация приближается к семиотике и осуществлялась в 1960–1970-е годы (ср. [Battail, 2013]). Ограниченная ценность таких видов деятельности обусловлена невозможностью реальных расчетов количества информации в живых организмах и отсутствием оценок качества информации. При этом все попытки количественных расчетов информации строятся на оценках количества информации, передаваемой по тому или иному каналу связи (данному в эмпирии или постулируемому в теории), притом что это может быть передача бессмысленного сообщения или неопределенного качества повторов одного и того же сообщения [Седов, 1976; Седов, 1982]. Проблема качества информации, ясно сформулированная, например, в работе Ю.А. Шрейдера и А.А. Шарова [Шрейдер, Шаров, 1982], обнаруживает зависимость оценки качества информации от богатства тезауруса реципиента, невозможность конструктивной (в математическом смысле) оценки которого обесценивает практическое значение предлагаемой идеи.

Тем не менее ныне сложилась самостоятельная научная область – биоинформатика, которая существует параллельно с биосемиотикой и порой вступает с ней в жесткие конкурентные отношения [Hogeweg, 2011]. При этом необходимо очень четко различать биоинформатику (понимае-

мую в любом смысле и в любой интерпретации) и биосемиотику (см. табл. 1).

Биоинформатика имеет дело с сигналами, управлением, управляющими сигналами, порогами, триггерами, коммуникацией, связью, информацией и т.д., присущими живым организмам. В конечном счете биоинформатика имеет дело с длинными биополимерами, рассматривая нуклеотидные и аминокислотные последовательности в качестве специфических сигналов (геномика [Тищенко, 2004] и протеомика [Уилсон, Уолкер, 2015]). Подобные явления и процессы в других областях являются предметом изучения теории информации, теории управления, кибернетики и т.д.

Таблица 1

Соотношение биоинформатики и биосемиотики

(Биоинформатика)	**(Биосемиотика)**
сигналы, управление, управляющие сигналы, пороги, триггеры, коммуникация, связь, информация	знаки, смысл, значение
один план существования	план выражения и план содержания
имманентная связь явлений	взаимно трансцендентные отношения между двумя планами
возможные явления	правильные осмысленные семиотические конструкции (СК) правильные бессмысленные СК неправильные осмысленные СК неправильные бессмысленные СК
пороги параметров	категоризация
реконструкция	интерпретация
семиотика Пирса	семиотика Соссюра

2.2. Разработка биосемиотики на основе классических семиотик Ч.С. Пирса и Ф. де Соссюра

Такая разработка опирается на синтактику и прагматику (биосемиотика *sensu stricto*) и требует знания кода для понимания семантики. Семиотика выступает в этой трактовке как некоторое расширение лингвистики и логики, позволяющее оперировать со смыслом как с тем, что обеспечивает очевидную координацию деятельности некоторых агентов и интуитивно понятно. При этом не требуются как экспликация того, что такое смысл, так и предъявление процедуры его обнаружения в конкретной ситуации. Подобный подход применительно к биосемиотике выдвигает на первый план прагматику, которая, в свою очередь, акцентирует индексальный аспект биологических знаков (см. о позиции А.А. Шарова в п. 6).

Семиотика в целом и биосемиотика в частности начинаются тогда, когда можно различить два плана – план выражения (*plan l'expression*) и план содержания (*plan contenu*) (обозначения, восходящие к «Курсу общей лингвистики» Ф. де Соссюра). При этом важно, чтобы эти два плана суще-

ствовали во взаимно трансцендентных отношениях, т.е. имела бы место ситуация, когда отношения, существующие в одном плане, никак не определяются отношениями, существующими в другом плане. Но это не означает, что между этими двумя планами отсутствуют какие-либо связи. Так, звучащее слово обладает иными свойствами, чем обозначаемый им предмет. Однако есть определенная связь между этими свойствами, изучаемая фоносемантикой (см., напр.: [Воронин, 2006, первое изд. – 1982]). Такой тип отношений называется асимметричной связью плана выражения и плана содержания.

2.3. Разработка представления о биологическом смысле: Биогерменевтика

Разработка представления о биологическом смысле / значении (семантике), концептуализация биологического текста и развитие СОБ как биогерменевтики. Нужно подчеркнуть, что оба термина – *meaning* и *sense* – не очень подходят для описания биологической семантики, и существует мнение, что для этого подходит именно термин *смысл* в его понимании в русском языке [Gorokhovskaya, 2012].

При этом приходится отвечать на вопрос о том, что такое семантика (смысл) живых организмов на разных уровнях их структурной организации, уметь обнаруживать присутствие этой семантики без претензии на то, чтобы понимать ее (если код неизвестен – ср. позицию по этому вопросу У. Эко: [Eco, 1984]), иметь возможность конструктивно (в пределе – операционально) выявлять эту семантику. Такая семантика принципиально не антропоморфна и связана с радикально негомоноидными тезаурусами.

При этом возникает парадоксальная ситуация, связанная с предъявлением разных стандартов суждения о семантике, с одной стороны, в лингвистике и антропосемиотике в целом, а с другой – в биосемиотике. Так, лингвисты и антропосемиотики считают достаточным для установления факта наличия семантики заявления об этом со стороны коммуникантов (авторов, слушателей, читателей) или выявления эффекта координации деятельности за счет языка или иных семиотических средств. В случае же биосемиотических ситуаций дополнительно предъявляются требования демонстрации невынужденности воздействия средства, претендующего на рассмотрение в качестве семиотического, вариативности («свободы») его интерпретации и непредсказуемости (свободы) реакции на него (что приходит в прямое противоречие с теорией речевых актов Дж. Остина и Дж. Сёрля [Остин, 1999; Серль, 1986] и конверсационными максимами П.Г. Грайса [Грайс, 1985]) и наличия непредопределенности способов выражения такой реакции на такое средство, если оно действительно обладает несомненной семиотической природой. При этом демонстрация молекулярных, клеточных, внутриорганизменных физиологических механизмов,

обеспечивающих такую вариативность, трактуется антропосемиотиками не как механизм реализации семиотической свободы[1], а как свидетельство внесемантического детерминизма, указывающего на несемиотическую природу рассматриваемых феноменов. На этом фоне обсуждение нейропсихологических механизмов обеспечения языковой и антропосемиотической деятельности (которая в значительной степени клиширована, что является центральным сюжетом когнитивной лингвистики [Скребцова, 2011]) вообще не осуществляется, что делает антропосемиотику и биосемиотику несопоставимыми по характеру предъявляемых к ним требований. В первую очередь это относится к требованиям строгости обоснования наличия семантики.

С учетом сказанного в качестве семантики определенного отрезка ДНК, соотносимого со структурной единицей генома (геном, интроном, экзоном), выступает организация определенного звена (звеньев) метаболизма, регулируемого пептидом, синтезируемым этим отрезком. При этом к плану выражения такого семиотического средства следует отнести рассматриваемый отрезок ДНК, синтезируемую на нем матричную (информационную) м-РНК и т-РНК, соответствующие этой м-РНК (рис. 1–2) [Спирин, 1998].

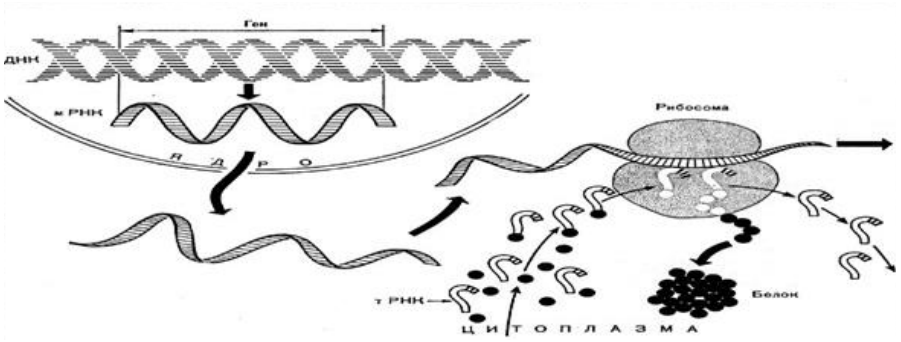

Рис. 1.
Схема биосинтеза белка
Режим доступа: https://lektsia.com/1x75a.html (Дата обращения: 20.04.2019.)

[1] Семиотическую свободу следовало бы обсуждать в контексте представления о чуде как фундаментальном свойстве жизни [см. подробнее: Чебанов, 2004; Чебанов 2005 а; Chebanov, 1993]. При этом чудо характеризуется тем, что в теории вероятности выступает как неопределенные процессы [Тутубалин, 1972], обозначаемые иногда как гиперслучайность [Горбань, 2016], определенный класс которых описывается *H*-распределениями [Чебанов, 2002], что в итоге приводит к заключению, что «вероятность – это понятие сакральное» [Теологический подход, 2014, с. 248]. Так или иначе, эта проблема связи природы жизни, семиозиса и индетерминизма требует отдельного обсуждения.

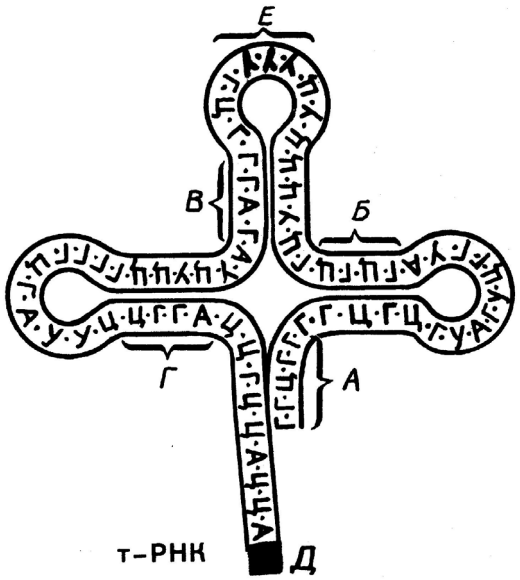

Рис. 2.
Схема строения т-РНК. Е – адаптер – антикодон, комплементарный триплету м-РНК, Д – акцептор
Режим доступа: https://kopilkaurokov.ru/biologiya/prochee/mietodichieskiie_riekomiendatsii_po_ podghotovkie_k_iege_trudnyie_zadaniia_chasti или http://sbio.info/materials/obbiology/obbkletka/obmenvesh/20 (Дата обращения: 20.04.2019.)

При этом практически все структурные компоненты т-РНК относятся к плану выражения. Исключением является акцептор, точнее, присоединяемая к нему аминокислота. Такая аминокислота является структурной единицей белка (полипептида – рис. 1), соотносимого с планом содержания. Таким образом, именно т-РНК являются компонентом биосинтеза, в котором соотносятся план выражения и план содержания генома. При этом наличие изоадаптерных и изоакцепторных т-РНК (как и возможность синтеза искусственных, но функционально полноценных т-РНК с произвольным сочетанием акцептора и адаптера) и является тем, чем обеспечивается наличие асимметричной связи плана выражения и плана содержания (см. конец п. 2.2) биологического знака (семиотического средства [Chebanov, 1993]).

Необходимо заметить, что приводимая трактовка плана выражения и плана содержания генетического знака (семиотического средства) радикально отличается от расхожей трактовки ДНК как плана выражения, а триплета РНК или соответствующей аминокислоты – как плана содержания генетического знака («генетического кода» – рис. 3), поскольку все

процессы ДНК-зависимого синтеза РНК являются процессами преобразования материала (а отчасти и формы) плана выражения, не затрагивающими план содержания (процессы управления биосинтезом синтезируемыми пептидами).

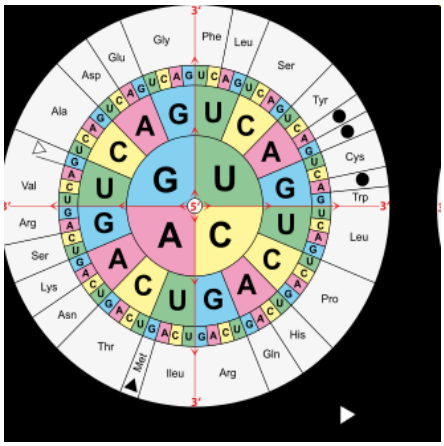

Рис. 3.
Генетический код. A, C, G и U – азотистые основания нуклеотидов аденин, цитозин, гуанин и урацил; Leu, Pro, His и т.д. – аминокислоты лейцин, пролин, гисцидин и т.д.; кружки и треугольники – нонсенс-кодоны, выполняющие роль знаков пунктуации
Режим доступа: http://polyguanidines.ru/a_arginin&geneticheskiy-kod&2.htm
https://www.freepng.ru/png-kajdj8/ (Дата обращения: 20.104.2019.)

Очевидно, что такое понимание семантики радикально отличается от трактовки семантики в антропосемиотике. Тем не менее и такая биосемиотическая семантика, и традиционная антропосемиотическая семантика выступают как весьма разнообразные процессы, связанные с определенным планом выражения, которые оказываются вовлеченными в очень широкие круги процессов биосинтеза или работы сознания. Именно это дает основания, для того чтобы сближать их, трактуя эти процессы как два контрастно различных вида семантики (третьим будет трактовка семантики в семиотике техники – см., напр.: [Martynenko, Chebanov, 1999]; самым ярким вопросом является вопрос о компьютерах как семиотических машинах [Традиционная и современная…, 1998]).

Первые два варианта семиотического осознания биологии претендуют на возможность получения оперативных методов манипулирования живыми организмами и поэтому кажутся более привлекательными с технологической точки зрения, в основе третьего варианта лежит представление о фундаментальной изменчивости реализации биологической семан-

тики, что резко ограничивает воспроизводимость результатов использования биотехнологий, основанных на учете семиотической природы живых организмов.

3. Биосемиотика и семантика в естествознании

Осознание биологии как находящейся выше семиотического порога (но ниже семиотического порога в понимании У. Эко [Nöth, 2000]) вводит представление о семантике в круг естественно-научных дисциплин, радикально противопоставляемых физике и химии, и лишает семантику (как часть семиотики, так и за пределами семиотики) соотнесения только с человеком. Это важнейшее общекультурное следствие становления биосемиотики.

Указанное обстоятельство требует перестройки системы образования, поскольку биология снова попадает в ту же группу дисциплин, что и лингвистика, семиотика, антропология, культурология и т.д. Последнее обстоятельство не обесценивает существующую биологию (включая СТЭ), а переосмысливает ее (см.: [Emmeche, Kull, Stjernfelt, 2002]), представляя современную биологию в контексте биосемиотики как изучение тел биологических знаков (в то время как отсутствие изучения тел знаков является **пробелом в общей семиотике** [Чебанов, 2005 б]; ср.: [Deacon, 2018] – очень примечательная работа в этот аспекте).

При этом оказывается, что семиосфера [Лотман, 1984; Hoffmeyer, 1997] по объему совпадает с биосферой. Однако при рассмотрении первой из них обращается внимание на план содержания (поэтому неразвито представление о телах знаков), а при рассмотрении второй идет концентрация на телах знаков (как вещественной реализации плана выражения) при настороженном отношении к плану содержания, ввиду того что соответствующие неантропоморфные тезаурусы тем радикальнее отличаются от антропоморфных, чем дальше таксономическое положение соответствующих организмов от таксономического положения Homo sapiens. Поэтому, например, семиотичность поведения теплокровных четвероногих (не говоря уже о приматах), а отчасти насекомых, ракообразных (в частности, Decapoda) и головоногих моллюсков (Cephalopoda), не вызывает сомнений, в то время как семиотика поведения бескишечных турбеллярий (Acoela) или оболочников (Tunicata) кажется чем-то неправдоподобным. В результате оказывается, что изучение биосферы традиционными естественно-научными методами сводится к изучению только тела биосферы.

Последнее обстоятельство относится не только к биосфере, но и к биоценозам, синузиям, консорциям и даже отдельным организмам – де факто изучаются преимущественно или даже исключительно их тела

(включая физиологию этих тел), а не соответствующие организмы как целое. Это дает основание К.Д. Старынкевичу[1] [Старынкевич, 1931] вводить представление о меридах как телах разных функционально активных образований, делая его основой общего взгляда на строение жизни. В таком случае можно вводить независимые ряды категорий для изучения тела и организма, что позволяет акцентировать внимание на несводимости второго к первому. В числе мерид живых организмов на Земле высшей является геомерида – тело биосферы. В этом контексте геомерида обычно и упоминается как альтернатива идей В.И. Вернадского. Хотя представление о геомериде не получило широкого распространения, к нему обращаются биологи типологического направления – В.Н. Беклемишев, А.А. Любищев, С.В. Мейен, Ю.В. Чайковский – при обсуждении разнообразных вопросов морфологии. Оно оказалось востребованным и при обсуждение проблем общей ценологии (ценозологии) и техноценологии (техноценозологии [Чебанов, 2014]).

Традиционная и современная биология особенно показательна в этом отношении, потому что она содержит огромное количество совершенно разных представлений о структуре организмов и в высшей степени нестандартные знания об удивительно оригинальных механизмах их функционирования. Это дает основания для того, чтобы рассматривать тела живых организмов как очень специфические тела знаков, особенно гостеприимные для смысла – семантофоры [Чебанов, 2005 б, Chebanov, 1998, 2004]. В этом качестве ДНК, как средство переноса наследственных веществ, с одной стороны, обеспечивает этот перенос благодаря ковариантной репликации, а с другой – генерирует спонтанные точечные мутации вследствие таутомерии (лактам-лактимной, амин-иминной) азотистых оснований (рис. 4), обеспечивая наличие минимально гарантированного уровня неопределенной изменчивости (который может регулироваться ДНК-репаразами [Данилов, Квенцель, 1971]).

Переосмысление современной биологии как изучения семантофоров может дать толчок к **систематическому изучению тел знаков также и в общей семиотике** и к формированию в ней соответствующего самостоятельного раздела [Чебанов, 2005 б]. Это будет вызовом современной семиотике, которая настаивает (ввиду неразвитости прагматики) на том, что изучение свойств тел знаков (от существующих мгновение устных высказываний до многовековых египетских пирамид) не входит в область ее компетенции.

[1] Интереснейший материал о К.Д. Старынкевиче и представления о геомериде см.: [Чайковский, 2014].

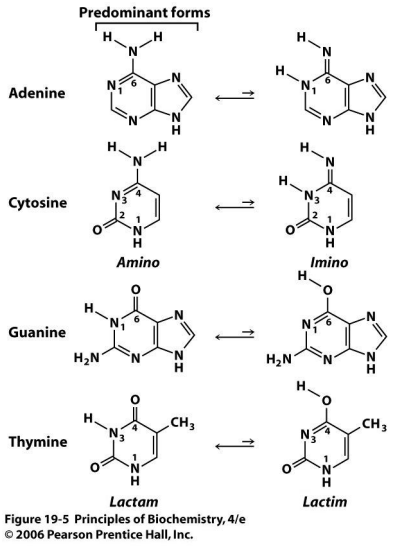

Рис. 4.
Таутомерия азотистых оснований ДНК, гарантирующая возможность существования точечных мутаций (если они не корректируются репаразами)

Одной из сторон указанного общекультурного поворота являются реинтерпретация и ревитализация донаучных, христианских, авраамитских и религиозных вообще представлений о языке животных и языке живого. Эти процессы предполагают переработку, переосмысление и переинтерпретацию огромных пластов культурного наследия.

Переинтерпретации подлежит и бытовая народная биология (фолк-биология [Любарский, 2016; Folk Biology, 1998]). Интерес этнографов, антропологов, лингвистов и т.д., а также некоторых лидеров «зеленого» движения к семиотическим представлениям о растениях и животных в разных культурах порождает огромный поток литературы, в котором трудно различить биосемиотику (биогерменевтику) и семиотику (герменевтику – см. п. 6) биологии [Chebanov, 1993; Chebanov, 1999]. Кроме того, интересно, что попытки определить эту область исследований как самостоятельную дисциплину – фолк-биологию – привели к открытию того, что она практически безгранична и перекрывает почти все формы человеческой деятельности. Вероятно, эта ситуация имеет очень простое объяснение: человек является биосемиотическим объектом, а все его черты являются предметом изучения семиотики / герменетики биологии и биосемиотики (биогерменевтики) [Chebanov, 1993; Verdoorn, 1944; Essays…, 1970].

Пожалуй, наивысшей точкой этого направления мысли является идея двух Заветов, двух Книг – Библии, выраженной словами, и Природы,

выраженной космическими телами, минералами, горными породами и живыми организмами. Эта идея, восходящая к Максиму Исповеднику (580–662), проходит через дальнейшую историю христианства [Фаст, Майстренко, 1994], время от времени становясь весьма популярной [Аверинцев, 2018]. Именно она является отправной точкой для формирования естественных наук в современном понимании [Петров, 1978]. Представлена она и в иудаистической традиции [Дворкин, 1995].

Во вновь складывающейся ситуации в результате появления СОБ меняется положение биологии в кругу научных областей, что предполагает и формирование принципиально иной структуры биологического образования.

С одной стороны, биология детально изучает тела биологических знаков. В связи с этим биология обладает огромным объемом знаний о живых организмах и знает о деталях их организации как тел знаков, как семиотика не знает тел ни одного другого класса знаков (за исключением, быть может, только звуков речи как объектов лингвистической семиотики). В этом контексте биология (тем более современная!) органически встроена в естествознание, и прежде всего в физику и химию, без подготовки в которых невозможно представить ни одного биолога.

С другой стороны, если речь идет о плане содержания тех же биологических знаков (живых организмов), то для обращения к ним биолог должен быть осведомлен о концептуальном аппарате как общей семантики, так и семантики как раздела семиотики или каких-то других дисциплин этого же ряда (герменевтики, филологии, лингвистики и т.д.), с тем чтобы при необходимости обращаться к ним. Однако в настоящее время ожидание такой осведомленности нереалистично не только по отношению к специалистам по всем биологическим дисциплинам, но даже по отношению к генетикам, этологам или зоопсихологам. Так, если Ф. Крик манипулировал подобными категориями, то Дж. Уотсон (личное сообщение) подчеркивает, что в изучении ДНК для него нет ничего, кроме рентгеноструктурного анализа.

4. Семиотические биотехнологии

СОБ предоставляют концептуальную базу для многих современных биотехнологий и биомедицинских манипуляций, таких как редактирование генома (для целей селекции и медицины [Precision editing…, 2012]), обучение животных, иммунные биотехнологии, психофармакология, эндокринология, использование феромонов для изгнания насекомых из жилища, половых феромонов в парфюмерии [Праздничная…, 2013] или записей голосов хищных птиц для рассеивания скоплений птиц возле аэродромов [Колесниченко, 2007], придание искусственного запаха и вкуса пище [Маталыгина, 2012; Чебанов, 2010] и т.д. В настоящее время СОБ как основа биотехнологии конкурируют с биоинформатикой (прежде все-

го в геномике), которая (как представляется автору) не имеет удовлетворительного концептуального базиса.

Потенциальное преимущество биосемиотики (и в особенности биогерменевтики) в этом соревновании заключается в том, что, в отличие от ситуации с биотехнологическими манипуляциями, ставящими организм или иные биологические препараты перед необходимостью однозначного реагирования на какое-то управляющее воздействие, в биосемиотике ожидается принципиально поливариантная реакция, соответствующая конкретному состоянию принципиально вариативного организма, характеру его постоянно изменяющегося тезауруса, каким-то другим внутренним характеристикам организма, не учитываемым в рамках доктрины «стимул – реакция».

Более того, можно проследить, как регламент биосемиотического взаимодействия влияет на эффективность биотехнологической активности. Так, хорошо известно, что прирост веса домашних животных, величина удоев, урожайность садовых и огородных растений зависят от отношения хозяина к животному или саду (огороду), наличия у него сочувствия и сопереживания живому существу (а не только от соблюдения правил содержания животных, включая подбор проигрываемой для них музыки, и нормативов агротехники; ср. в связи с этим зоомузыкологию: [Martinelli, 2002]). В отношении животных это более или менее привычно и ожидаемо [Alworth, Buerkle, 2013], а в отношении растений получает объяснение в контексте исследований по нейробиологии растений (работы Ф. Балушка и его окружения, напр.: [Long-Distance…, 2013]).

В полной мере это касается и взаимодействия с микроорганизмами. Так, стандартные в отношении как принципов, так и существующей повседневной практики протоколы культивирования микроорганизмов – продуцентов вторичных метаболитов, таких как антибиотики, витамины, аминокислоты (которые выполняют в первую очередь сигнально-семиотические функции), – предполагают, что культивирование идет в жидкой однородной питательной среде, что обеспечивается ее принудительным перемешиванием или культивированием в колбах-качалках. В таких условиях микробная культура принудительно находится в квазистационарном состоянии логарифмического роста, что, согласно стандартной логике микробиологов, должно обеспечивать максимальный выход продукта. При этом рано или поздно наступает автолиз такой культуры, после чего культиватор промывается и засевается стандартизированным посевным материалом, поступающим от специализированного поставщика микробного материала. Во время осуществления этих манипуляций микробиологическое производство на несколько дней приостанавливается, что приносит производству коммерческие убытки.

Однако условия такого культивирования являются предельно экстремальными для микроорганизмов, которые происходят из почвы как принципиально гетерогенной трехфазной среды (твердых частиц почвы, жидкости почвенных растворов и газообразного воздуха). Проявляя со-

чувствие к таким организмам, можно начать культивировать их в гетерогенных средах, условия в которых приближены к почвенным, что может рассматриваться как моделирование умвельта диких микроорганизмов. В таком качестве была использована суспензия низших алканов (тетрадекана $C_{14}H_{30}$ и пентадекана $C_{15}H_{32}$) в обычном питательном растворе (см. работы В.А. Дымшица с соавторами).

При этом обнаружилось, что микроорганизмы воспринимают капельки алканов как воздушную среду (гидрофобную), реализуя внутри нее воздушные варианты морфологии мицелия. С другой стороны, оказалось, что именно в капельках алканов идет концентрация интересующих микробиотехнологов продуктов, что на следующих стадиях производства делает излишним организацию цеха очистки продукта. Выход вторичных метаболитов возрастает при этом в разы, что сопоставимо с повышением продуктивности только за счет изменения генома микроорганизмов. Таким образом, изменение протокола взаимодействия с микроорганизмами, мотивированное сочувствием к ним (ср.: [Мейен, 2006]), дает очевидный биотехнологический выигрыш.

Однако, при ее высокой эффективности, попытка внедрения такой биосемиотической микробиологической технологии не привела к желаемому результату – в странах бывшего СССР это оказалось связано с экологическими фобиями в условиях терминальной фазы существования СССР и его развала, а в Израиле – с отсутствием на микробиологических производствах общемикробиологически (а не специализированно, чего достаточно для фиксации фазы автолиза, очистки культиватора и осуществления нового засева) подготовленных микробиологов, способных осуществлять мониторинг культиватора по морфологическим и функциональным характеристикам оценки состояния культивара.

5. Биосемиотика и НБИК-конвергенция

Благодаря ряду обстоятельств биосемиотика может занять ключевое место в НБИК-конвергенции (конвергенции нанотехнологии, биотехнологии, информационной технологии и когнитивной технологии [Алексеева, Аршинов, Чеклецов, 2013; Ковальчук, 2011; Ковальчук, Нарайкин, Яцишина, 2013], на что было обращено внимание впервые в 2005 г. [Bainbridge, Roco, 2005]).

Во-первых, существует определенная связь семиозиса с информационными процессами, такими как воспроизводство структуры ДНК, различные виды рецепции (тактильной, ольфакторной, термической, акустической и т.д.), память, подражание и т.д. Однако при этом надо помнить об отмеченных выше затруднениях привлечения категорий, связанных с информацией, к описанию биологических феноменов.

Во-вторых, биосемиозис играет определенную роль в когнитивных процессах (рецепции, перцепции, апперцепции, сенсорной памяти, распознавании образов, категоризации сенсорного опыта и т.д. – ср. мозговые коды Прибрама-Галантера-Глезера: [Глезер, 1985; Miller, Galanter, Pribram, 1960; Pribram, 1991]). В связи с этим особо следует отметить включенность категоризации в процесс семиозиса, поскольку категоризация не может быть сведена к пороговым эффектам сенсорного раздражения.

Категоризация является важной особенностью знака. Знак появляется не тогда, когда преодолевается какое-либо пороговое значение некоторого параметра, а когда некоторое множество значений определенного параметра (квазипараметра, свойства) выступает в качестве известного смысла. Возможно, из биосемиотиков только Ф. Стьернфелт [Stjernfelt, 1992], К. Кулль [Kull, 2002] и автор настоящей работы обсуждают категоризацию как фундаментальное свойство семиозиса, и среди общих семиотиков число таких исследователей невелико. Однако, как представляется, именно на этом основании можно различить сигнал и знак.

С этой точки зрения дым не может быть знаком огня. Чтобы он был знаком огня, иногда нужно иметь дым без огня. Это будет тогда неправильный или ложный дым. Например, вода может начать испускать дым. Если море будет дымить хотя бы один раз, то автор будет готов обсуждать дым как знак (а не симптом, предстающий перед исследователем как признак) огня.

Во всех других случаях я вынужден говорить о реконструкции присутствия огня на основе обнаружения дыма. Такая реконструкция основана на имманентной связи между явлениями – огнем и дымом. Если имеет место трансцендентная связь, свойственная знакам, интерпретация осуществляется на этой основе. Реконструкция и интерпретация – это разные действия, которые отличают информационные процессы от семиотических.

С этой точки зрения некоторые типы знаков, рассматриваемые в семиотике Ч. Пирса, с моей точки зрения, не являются знаками, а являются сигналами.

В-третьих, тела знаков ключевых эндосемиотических процессов находятся в диапазоне наноразмеров (табл. 2), что оптимально с точки зрения химической кинетики.

Таблица 2

Характеристические размеры тел знаков ключевых эндосемиотических процессов

Объект	*Размер*
диаметр молекулы ДНК	2 нм
шаг спирали молекулы ДНК	3 нм
т-РНК	5–20 нм
сигнальные олигопептиды	5–20 нм
антитела	5–20 нм
синаптические пузырьки	50 нм
палочки сетчатки глаза	6 нм

Всё это в целом создает условия, в которых биосемиотика может полностью раствориться в том, что может возникнуть как результат НБИК-конвергенции и исчезнуть как самостоятельная область[1]. Вместе с тем надо подчеркнуть, что существуют обстоятельства (затруднения приложения теории информации в биологии, поливариантность и непредсказуемость иммунных реакций и т.д.), которые препятствуют тому, чтобы биосемиотика полностью исчезла в результате НБИК-конвергенции.

6. Биогерменевтика, биофилология, биолингвистика, биосемиотика и биопрагмалингвистика как варианты семиотически осознанной биологии

Дальнейшее развитие СОБ может привести к выяснению отношений между биогерменевтикой, биофилологией, биолингвистикой, биосемиотикой и биопрагмалингвистикой. Последние пять предметных областей появлялись и в большей или меньшей степени набирали популярность в последние шесть-семь десятилетий (начиная с догадки Г. Гамова о том, что нуклеиновые кислоты могут быть связаны с кодированием структур биологических организмов). Каждое из этих направлений опирается на разные версии понимания знаковости, которые кратко можно охарактеризовать следующим образом (табл. 3; см.: Чебанов, Мартыненко, 1990; Чебанов, Мартыненко, 2007).

При этом в настоящее время наиболее авторитетными являются стандарты изучения семиозиса в функциональной лингвистике, причем не только в прагмалингвистике, но и в когнитивной лингвистике.

Каждый из этих типов осознания семиотической реальности порождает свой вариант СОБ.

Так, обсуждаемые проблемы в 1950–1970-е годы осмысливались в контексте обсуждения соотношения языка и кода как биолингвистика (например, в России в кругах Р.Л. Берг и М.А. Бородиной; именно в этой логике была организована А.П. Левичем, К. Куллем и автором Объединенная рабочая встреча в Тарту в 1978 г., ставшая первой конференцией по биосемиотике в мире, – [Морозов, 1978]; ср.: [Jirtle, 2006 a; Jirtle, 2006 b; Gimona, 2006; Nuallain, 2006; Witzany, 2006]; см. также: Center for Biological Language Modeling in Pittsburgh).

[1] Подобным образом в НБИК-технологиях может раствориться и математическая лингвистика, приложения которой тесно переплетаются с обсуждаемой областью [Чебалов, 2019, в печати].

Таблица 3

Пять способов понимания знаковости

Характеристики	*Концепции языка / речи*					*Аспект сближения герменевтики и прагмалингвистики*
	Герменевтика	*Филология*	*Языковедение*	*Семиология*	*Прагмалингвистика*	
Семиотические средства	символ	троп	исторически детерминированный знак	знак	комплекс знаковых средств	принятие возможности существования символов
Размерность средств	бесконечномерность	многомерность	одномерность		«нужномерность», т.е. зависимость от прагматики	многомерность
Отношение к числу	арифмология	пренебрежение числом	безразличие к числу	интерес к числу	квантитативные методы	сближение онтологии числа и слова
Цель обращения к тексту	спасение	полезный досуг	сообщение сведений	передача информации	осуществление действия	деятельностная ориентация
Семиотическая модель	Книга Бытия (Жизни)	энциклопедия	словарь	тезаурус	семантическая сеть	многомерность представления семантики
Статус текста	часть мира	историко-художественный памятник	речевое произведение	суперзнак	компонент деятельности	сходство онтологического статуса
Статус материала плана выражения	священен	традиционен	дан	произволен	неслучаен	неслучайность выбора
Роль контекста	значимое приращение смысла в контексте	модификация смысла в контексте	ориентация на концептуальное значение	потенциально полная зависимость от контекста (ценность знака)	взаимодействие контекстного и инвариантного значения	значимость контекста
Методологический подход	натурфилософский подход (онтологизм)	логико-эпистемический подход	Системный	системно-деятельностный	системно-деятельностный подход, комплексный подход	методология соединения разнородного

Биогерменевтика специально интересует, например, А. Маркоша [Marcoš, 2002], Г. Витцани [Witzany, 2006] и автора [Chebanov, 2002]. При этом, как представляется, благодаря тому что в прагмалингвистике возрождаются идеи герменевтики, биогерменевтика в пределе тождественна биопрагмалингвистике. Биопрагмалингвистике (хотя он и не употребляет этот термин) уделяет большое внимание А.А. Шаров [Sharov, 2010], причем, говоря о прагматике, он опирается на Ч. Пирса, а не на Дж. Остина или Дж. Сёрля.

Менее всего развиваются представления о биофилологии, например, А. Волохонским [Волохонский, 1971] в связи с описанием симметрийных отношений в генетическим коде, которые сопряжены с проблематикой палиндромии генома [Pinotsis, Wilmanns, 2008], А.Е. Седовым в контексте изучения биологических метафор [Седов, 2000], А.В. Олескиным, обсуждающим подобную проблематику в контексте биополитики [Олескин, 2007].

Рис. 2. Бурый медведь оставляет пахучую метку на стволе дерева.

Рис. 5.
Медведь, оставляющий метку на нереально большой высоте (из: [Слудский, 1960])

Это связано с проблемой тропов у живых существ. Например, животные хотят продемонстрировать более значительные размеры, чем они имеют на самом деле (гипербола), и делать отметки на нереально высоком уровне (оставлять клочья шерсти, самый высоко расположенный из которых делает его «владельца» хозяином территории; ср. стремление

кобелей задрать ногу как можно выше при мочеиспускании) (рис. 5). Другой случай – понимание раковых заболеваний как шуток генетического кода. Дело в том, что шутка строится на том, что неожиданное, нестандартное или даже неправильное в каком-то аспекте соотношение плана выражения и плана содержания (при соблюдении формальных правил грамматики) порождает неожиданный перформативный эффект, проявляющийся в форме смеха. Подобным же образом изменение работы регуляторных генов приводит к тому, что при сохранении правильности функционирования биосинтетического аппарата начинают неконтролируемо синтезироваться пептиды, определяющие неконтролируемое размножение дедифференцированных клеток.

В зависимости от интеллектуальной атмосферы времени каждое из этих направлений может занимать свою «экологическую нишу», поэтому, вероятно, одна-две из этих дисциплин выйдут в будущем на первый план.

7. Система семиотически осознаваемой биологии

Совокупность представленного материала свидетельствует о необходимости создания системы СОБ вместо набора несвязанных разработок по семиотическим явлениям в живых организмах. Такая система должна включать в себя следующие части.

– Общая схема СОБ, включающая выбор основных разделов с указанием их подчиненности и других взаимосвязей (изучение эндосемиоза, экзосемиоза, экосемиоза; биосемиотика генома, иммунной системы, нейротрансмиттеров, гормонов, сенсорных систем; особенности биосемиозиса в воздушной, водной и почвенной среде; фитосемиотика, зоосемиотика, антропосемиотика и семиотика культуры; биосемиотика и техническая семиотика, эргономическая семиотика, медицинская семиотика и пропедевтика, сравнительная семиотика, эволюционная семиотика и т.д.). В этой части достойное место могут получить биосемиотика, биоэстетика (в том числе эстетика ландшафта), биополитика, не имеющие в настоящее время определенного места в системе биологических знаний.

– Стандарт исследования биосемиологического объекта (отбор репрезентативного материала, критерии качества описания, воспроизводимость результатов и т.д.) и протокол для его исследования. Например, для начала изучения какого-либо биосемиотического объекта целесообразно проводить проверку на наличие четырех классов конструкций – правильных осмысленных семиотических конструкций; правильных и бессмысленных (*полуодноколесный автомобиль); неправильных, но осмысленных конструкций (*две рука); неосмысленных и неправильных (у человека *пять рука).

– Стандарт описания биосемиологической ситуации, включая описание семантики, синтаксики и прагматики, с использованием семиотических категорий кинетики, гаптики, проксемики и т.д.

– Систематическая реинтерпретация устоявшихся тенденций в изучении биологических семиотических средств (знаков), таких как геномика, физиология, иммунология, этология, экология и т.д.

– Включение в современную биосемиотику (в понимании Т. Себеока – Е. Хоффмейера – К. Кулля [Hoffmeyer, 1996; 1997; Kull, 2003; Sebeok, 1976]) устоявшихся биологических концепций знака (представления Ч. Дарвина о половом отборе [Дарвин, 2010] или учение И.П. Павлова [Павлов, 1973] об условном рефлексе и второй сигнальной системе).

– Переинтерпретация идей биосемиотики прошлых эпох (которые в наши дни не учитываются как ненаучные – растения и животные в мифологии, фольклорная геральдика, сказки, басни – ср.: этноботаника [Колосова, Ипполитова, 2010] и этнозоология [Bradshaw, 1991], библейские ботаника и зоология [Мень, 2002] и т.д.).

– Использование всех семиотических модальностей отношения ко времени (ахрония, синхрония, диахрония, панхрония) для описания живых организмов (включая их изменение в историческом времени, т.е. эволюцию). Обращение к разным модальностям отношения ко времени используется как средство разрешения семиотических антиномий (в понимании Ф. де Соссюра [Соссюр, 1999]) и описания динамики биосемиотических систем. При этом надо все время сохранять четкое представление о том, что присутствие в лингвистике и семиотике четырехмодальности отношения ко времени Э. Косериу [Косериу, 2010] оказывается уникальным при сопоставлении концепций времени разных дисциплин. Перенесение этого концептуального аппарата в область биологии позволяет совершенно иначе увидеть проблему соотношения номогенеза и селектогенеза [Мейен, 1974], иначе подойти к историческим реконструкциям и описанию эволюции.

Список литературы

Аверинцев С.С. Книга природы // Новая философская энциклопедия. Электронная библиотека ИФ РАН. – 2018. – Режим доступа: https://iphlib.ru/greenstone3/library/collection/newphilenc/document/HASH0163c3e6f78936fecac1e763 (Дата обращения: 24.04.2019.)

Алексеева И.Ю., Аршинов В.И., Чеклецов В.В. «Технолюди» против «постлюдей»*:* НБИКС-революция *и* будущее человека // Вопросы философии. – М., 2013. – № 3. – С. 12–21.

Волохонский А.Г. О формальной структуре генетического кода // Современные проблемы цитологии и генетики. – Новосибирск, 1971. – Вып. 6. – С. 487–491.

Воронин С.В. Основы фоносемиотики. – М.: ЛЕНАНД, 2006. – 248 с.

Глезер В.Д. Зрение и мышление. – Л.: Наука, 1985. – 246 с.

Горбань И.И. Случайность и гиперслучайность. – Киев: Наукова думка, 2016. – 278 с.

Грайс Г.П. Логика и речевое общение // Новое в зарубежной лингвистике. – М.: Прогресс, 1985. – Вып. 16. – С. 217–237.

Данилов В.И., Квенцель Г.Ф. Электронные представления в теории точечных мутаций. – Киев: Наукова думка, 1971. – 81 с.

Дарвин Ч. Происхождение человека и половой отбор. – М.: Терра, 2010. – Кн. 1/2. – 724 с.

Дворкин И.С. Герменевтика логоса и герменевтика текста // Греки и евреи: Диалог в поколениях. – СПб., 1995. – С. 13–29.

Дымшиц В.А., Гильманов В.Г., Древецкая В.Л., Печерский И.М. Двухфазное культивирование Streptomyces levoris. I. Выбор органической фазы и ее влияние на жизнедеятельность культуры // Биотехнология. № 5. 1994. С. 17–19.

Дымшиц В.А., Древецкая В.Л., Иванова И.А. Двухфазное культивирование Streptomyces levoris. II. Накопление биомассы и протеолитическая актиность // Биотехнология. № 5. 1994. С. 20–22.

Дымшиц В.А., Гильманов В.Г., Древецкая В.Л. Двухфазное культивирование Streptomyces levoris. III. Влияние парафина на массопередачу кислорода, дисперсионные и поверхностные характеристики среды // Биотехнология. № 5. 1994. С. 28–29.

Ковальчук М.В. Конвергенция наук и технологий – прорыв в будущее // Российские нанотехнологии. – 2011. – Т. 6, № 1/2. – С. 1–32.

Ковальчук М.В., Нарайкин О.С., Яцишина Е.Б. Конвергенция наук и технологий – новый этап научно-технического развития // Вопросы философии. – М., 2013. – № 3. – С. 3–11.

Колесниченко Ю.М. Орнитологическая безопасность полетов*:* Проблемы и пути решения *//* Проблемы безопасности полетов. – М.*:* ВИНИТИ*,* 2007. – № 12. – С. 26–34*.*

Acta linguistica Petropolitana: Труды Института лингвистических исследований РАН. – СПб.: Наука, 2010. – Т. 6, ч. 1: Этноботаника: Растения в языке и культуре / Колосова В.Б.*,* Ипполитова А.Б. (ред.). – 386 с.

Косериу Э. Синхрония*,* диахрония и история*:* Проблема языкового изменения*.* – М.*:* Едиториал УРСС*,* 2010*.* – 208 с.

Лотман Ю.М. О семиосфере // Учен. зап. Тарт. гос. ун-та. – 1984. – Вып. 641, [т]. 17: Труды по знаковым системам. – С. 5–23.

Любарский Г.Ю. Народная систематика: Иерархия, фолк-ранги, таксономия и партономия // Аспекты биоразнообразия. 54, ч. 2. – М.: Зоологический музей МГУ: Т-во научных изданий КМК, 2016. – Ч. 2.: Сборник трудов Зоологического музея МГУ. – С. 593–628

Маталыгина О.А. Семиотика питания // Материалы VII Российского форума «Здоровое питание с рождения: Медицина, образование, пищевые технологии». Санкт-Петербург, 9–10 ноября, 2012. – СПб.: Санкт-Петербургское региональное отделение общественной организации «Союз педиатров России», 2012. – С. 48–59.

Мейен С.В. О соотношении номогенетического и тихогенетического аспектов эволюции // Журн. общ. биол. – 1974. – Т. 35*,* № 3. – С. 353–364.

Мейен С.В. Принцип сочувствия: Размышления об этике и научном познании*.* – М.: ГЕОС*,* 2006*.* – 210 с.

Мень А. Зоология и ботаника библейские. – 2002. – Режим доступа: http://Yakov.Works/Spravki/4_Faith_Bible/Terms_Historic/Zoologia.Html (Дата обращения: 24.04.2019.)

Морозов В. Самопознание симпозиума // Знание – сила. – 1978. – № 10. – С. 39–41.

Олескин А.В. Биополитика. Политический потенциал современной биологии. – М.: Научный мир, 2007. – 508 с.

Остин Дж. Избранное. – М.: Идея-Пресс: Дом интеллектуальной книги, 1999. – 332 с.

Павлов И.П. Двадцатилетний опыт объективного изучения высшей деятельности (поведения) животных. – М.: Наука, 1973. – 661 с.

Петров М.К. Перед «Книгой природы». Духовные леса и предпосылки научной революции XVII в. // Природа. – 1978. – № 8. – С. 23–28.

Праздничная А.В. Запах как семиотический субкод художественного текста: ВКР. – Краснодар: Кубанский государственный университет, 2013. – Режим доступа: https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=667132 (Дата обращения: 24.04.2019.)

Седов А.Е. Метафоры в генетике // Вестник Российской академии наук. – 2000. – Т. 70, № 6. – С. 526–534.

Седов Е.А. Эволюция и информация. – М.: Наука, 1976. – 232 с.

Седов Е.А. Одна формула и весь мир. – М.: Знание, 1982. – 178 с.

Серль Дж.Р. Что такое речевой акт? Косвенные речевые акты. Классификация речевых актов // Новое в зарубежной лингвистике. – М.: Прогресс, 1986. – Вып. 17. – С. 151–222.

Скребцова Т.Г. Когнитивная лингвистика: Курс лекций. – СПб.: Филологический факультет СПбГУ, 2011. – 256 с.

Слудский А. «Язык» зверей // Охота и охотничье хозяйство. – 1960. – № 8. – С. 21–28.

Соссюр Ф. де. Курс общей лингвистики. – Екатеринбург*:* Урал. университет*,* 1999*.* – 426 с.

Спирин А.С. Принципы структуры рибосом // Соросовский образовательный журнал. – 1998. – № 11. – С. 65–70.

Старынкевич К.Д. Строение жизни. – Прага: POLITIKA, 1931. – 36 с. – (Репринт: Старынкевич К.Д. Строение жизни. – 2-е изд. – М.: ГЕОС, 2013. – 51 с.). – (Библиотека журнала «Lethaea rossica. Российский палеоботанический журнал»; вып. 3).

Теологический подход к истории науки на примере проблемы нефротоксического действия рентгеноконтрастных веществ / *Тутубалин В.Н., Барабашева Ю.М., Девяткова Г.Н., Угер Е.Г.* // Историко-математические исследования. Вторая серия. – М.: Янус-К, 2014. – Т. 15. – С. 243–266.

Тищенко П. Геномика: Новый тип науки в новой культурной ситуации // Biomediale: Современное общество и геномная культура. – Калининград, 2004. – С. 60–72.

Традиционная и современная технология. Философско-методологический анализ / *Розин В.М., Аронсон О.В., Алексеева И.Ю., Неретина С.С.* – М.: Институт философии РАН, 1998. – 216 с.

Тутубалин В.Н. Теория вероятностей. – М.*:* Изд. МГУ, 1972*.* – 230 с.

Уилсон К., Уолкер Дж. Принципы и методы биохимии и молекулярной биологии. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. – 855 с.

Фаст Г., Майстренко В. Небесная лествица. Диалоги. – Красноярск: Енисейский благовест, 1994. – 220 с.

Чайковский Ю.В. Откуда есть пошла русская Гея // Lethaea rossica. – 2014. – Т. 9. – С. 100–116.

Чебанов С.В. Н-распределения, размерная структура природных тел и натуральнозначные функции натуральных аргументов: К построению новой картины мира // Философские основания технетики. – М.: Центр системных исследований, 2002. – С. 436–444.

Чебанов С.В. Неповторимость времени и чудо жизни // Феномен и ноумен времени. – 2004. – Т. 1, № 1. – С. 57–59.

Чебанов С.В. Интерпретация тела и постижение жизни // Логос живого и герменевтика телесности. – М.: Академический проект, 2005 а. – С. 339–406.

Чебанов С.В. Семантофоры: Взгляд биосемиотики и прагмалингвистики // Научные чтения. – 2004: Материалы конференции. – СПб.: Филологический ф-т СПбГУ, 2005 б. – С. 243–252.

Чебанов С.В. Судьба математической лингвистики в эпоху второй когнитивной революции // Структурная и прикладная лингвистика. Вып. 13 / под ред. И.С. Николаева. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2019 (в печати).

Чебанов С.В. Блюдо как культурно-нормативный способ потребления пищи: Роль ритуала и экологические последствия // Страницы: богословие, культура, образование. – М.: ББИ, 2010. – № 14(3). – С. 421–448.

Чебанов С.В. Ядро концептуального аппарата Б.И. Кудрина: Техноценозы или пройеномериды, технетика или пройеномеридология? // Ценологические исследования. – М.: Технетика, 2014. – Вып. 53: Ценологическое видение сообществ материальных и идеальных реальностей: Фундаментальность теории и всеобщность практики. – С. 132–179.

Чебанов С.В., Мартыненко Г.Я. Идеи герменевтики в прикладной лингвистике // Quantitative linguistics and automatic text analysis. 1990. Acta et commentationes universitatis tartuensis. – Tartu: ТГУ, 1990. – Вып. 912. – С. 92–111.

Чебанов С.В., Мартыненко Г.Я. О герменевтизации прикладной лингвистики // Вестник Тверского ГУ. Серия филология. – 2007. – № 29(57), вып. 11 (207): Лингвистика и межкультурная коммуникация. – С. 273–291.

Шрейдер Ю.А., Шаров А.А. Системы и модели. – М.: Радио и связь, 1982. – 152 с.

Alworth L.C., Buerkle Sh. C. The effects of music on animal physiology, behavior and welfare // Lab Animal. – 2013. – Vol. 42. – P. 54–61.

Bainbridge M.S., Roco M.C. Managing Nano-Bio-Info-Cogno Innovations: Converging Technologies in Society. – N.Y.: Springer, 2005. – 390 p.

Battail G. Biology needs information theory // Biosemiotics. – 2013. – Vol. 6, N 1. – P. 77–103.

Long-Distance Systemic Signaling and Communication / Baluška F. (ed.). – Berlin; Heidelberg: Springer Verlag, 2013. – 428 p.

Bradshaw J.W.S. The origins of ISAZ // ISAZ Newsletter. – 1991. – N 1. – P. 2.

Chebanov S.V. The ordinary miracle of life in perishable organism // Folia Baeriana 6. – Tartu: Estonian Academy of Sciences, 1993. – P. 116–120.

Chebanov S.V. Biology and Humanitarian Culture: The Problem of Interpretation in Biohermeneutics and Hermeneutics of Biology // Lectures of Theoretical Biology: 2nd Stage. – Tallinn: Estonian Academy of Sciences, 1993. – P. 219–248.

Chebanov S.V. The Role of Hermeneutics in Biology // Sociobiology and Bioeconomics. The Theory of Evolution in Biological and Economic Theory / Peter Koslowski (Ed.). – Berlin; Heidelberg; New York: Springer, 1998. – P. 141–172.

Chebanov S.V. Bio-Hermeneutics and Hermeneutics of Biology // Semiotica. – 1999. – Vol. 127, N 1. – P. 215–226.

Chebanov S.V. Bilateral biosemiotics: A problem of sense on a super-triplet level // Gathering in Biosemiotics-2. – Tartu: Univ. of Tartu, 2002. – P. 11.

Chebanov S.V. Semiotics of the contents and semiotics of expression: The role of sign's body // Körper – Verkörperung – Entkörperung. Body – Embodiment – Disembodiment. – Kassel: Kassel Univ. Press, 2004. – P. 1132–1144.

Deacon T. How can a molecule become about relationships between other molecules? // Eighteenth Annual Biosemiotics Gathering Abstract Booklet. – Berkeley: University of California, 2018. – June 17–20. – P. 19.

Hogeweg P. The Roots of Bioinformatics in Theoretical Biology // PLoS. Comput. Biol. – 2011. – Vol. 7, N 3. – P. e1002021. – DOI: 10.1371/journal.pcbi. 1002021

Gorokhovskaya E. Sense as biological category // Gatherings in Biosemiotics. Tartu Semiootika Raamatukogu 11. – Tartu: Univ. of Tartu Press, 2012. – P. 188–189.

Eco U. Semiotics and Philosophy of Language. – Bloomington: Indiana Univ. Press, 1984. – 242 p.

Emmeche C., Kull K., Stjernfelt F. Reading Hoffmeyer, Rethinking Biology. – Tartu: Tartu Univ. Press, 2002. – 80 p.

Essays in Biohistory and other Contributions Present by Frans Verdoorn on the Occasion of his 60th Birthday / P. Smit, R.J. Ch.V. ter Laage (eds.). – Utreht: International Association of Plant Taxonomy, 1970. – 426 p. – (Series Title: Regnum Vegetabile; 71).

Folk Biology / Medin D., S. Atran (Eds.). – Cambridge, MA: MIT Press, 1998. – 514 p.

Hoffmeyer J. Signs of Meaning in the Universe. – Bloomington: Indiana Univ. Press, 1996. – 176 p.

Hoffmeyer J. The global semiosphere // Semiotics around the World: Synthesis in Diversity: Proceedings of the Fifth Congress of the International Association for Semiotic Studies, Berkeley 1994. – Berlin: Mouton de Gruyter, 1997. – Vol. 2. – P. 933–936.

Gimona M. Protein Linguistics – a Grammar for Modular Protein Assembly? // Gathering in Biosemiotics 6. – Salzburg: Telos-Philosophische Praxis, 2006. – P. 39.

Jirtle R.L. Biological Consequences of Divergent Evolution of M6 P/IGF2 R Imprinting // Gathering in Biosemiotics 6. – Salzburg: Telos-Philosophische Praxis, 2006 a. – P. 22.

Jirtle R.L. Nutrition, Epigenetics and Disease Susceptibility // Gathering in Biosemiotics 6. – Salzburg: Telos-Philosophische Praxis, 2006 b. – P. 42.

Kull K. A sign is not alive – a text is // Sign Systems Studies. – Tartu, 2002. – Vol. 30, N 1. – P. 327–336.

Kull K., *Thomas A.* Sebeok and biology: Building biosemiotics // Cybernetics and Human Knowing. – 2003. – Vol. 10, N 1. – P. 47–60.

Markoš A. Readers of the Book of Life: Contextualizing Developmental Evolutionary Biology. – Oxford; N.Y.: Oxford Univ. Press, 2002. – 256 p.

Martinelli D. How Musical Is a Whale? Towards a Theory of Zoömusicology. – Hakapaino: International Semiotics Institute, 2002. – 331 p.

Martynenko G.Ya., Chebanov S.V. Semiotic Foundations for Object Interpretation of Inventions // Machines and History: 9th Inernational Congress of the German Society for Semiotic Studies (DGS). TU Dresden, Oct. 3–6, 1999. – Dresden, 1999. – P. 47–48.

Miller G.A., Galanter E., Pribram K.H. Plans and the structure of behavior. – N.Y.: Henry Holt & Co., 1960. – 226 p.

Nöth W. Umberto Eco's semiotic threshold // Sign Systems Studies. – Tartu, 2000. – N 28. – P. 49–60.

Nuallain S.O. Genome and Natural Language; how far can the Analogy be extended? // Gathering in 6. Biosemiotics. – Salzburg: Telos-Philosophische Praxis, 2006. – P. 52.

Pattee H.H. The Physical Basis of Coding and Reliability in Biological Evolution // Towards a Theoretical Biology. 1. Prolegomena / C.H. Waddington (ed.). – Edinburgh: Edinburgh Univ. Press, 1968. – P. 67–93.

Pinotsis N., Wilmanns M. Protein assemblies with palindromic structure motifs // Cell. Mol. Life Sci. – 2008. – Vol. 65, N 19. – P. 2953–2956.

Precision editing of large animal genomes / *Tan W.S., Carlson D.F., Walton M.W., Fahrenkrug S.C., Hackett P.B.* // Advances in Genetics. – 2012. – Vol. 80. – P. 37–97.

Pribram K.H. Brain and perception: Holonomy and structure in figural processing. – Hillsdale: Earlbaum, 1991. – 388 p.

Sharov A.A. Functional information*:* Towards synthesis of biosemiotics and cybernetic *//* Entropy. – 2010. – Vol. 12, N 5. – P. 1050–1070.

Sebeok Th.A. Contributions to the doctrine of signs. – Bloomington: Indiana Univ. Press, 1976. – 271 p.

Stjernfelt F. Categorical perception as a general prerequisite to the formation of signs? // On the biological range of a deep semiotic problem in Hjelmslev's as well as Peirce's semiotics / Sebeok Th. and Umiker-Sebeok J. (eds.). – Berlin; N.Y.: Mouton de Gruyter, 1992. – P. 427–454.

Verdoorn F. On the aims and methods of biological history and biography with some notes for collaborators of Index Botanicorum // Chronica Botanica. – 1944. – Vol. 8, N 4. – P. 427–448.

Witzany G. The Logos of the Bios. – Helsinki: UMWEB, 2006. – 219 p.