

Институт научной информации по общественным наукам
Российской академии наук
(ИНИОН РАН)

МЕТОД

МОСКОВСКИЙ ЕЖЕВАРТАЛЬНИК ТРУДОВ
ИЗ ОБЩЕСТВОВЕДЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН

Выпуск 14
(продолжение серии ежеквартальных «Метод»)
Том 4 № 4

МОСКВА
2024

Главный редактор – В.С. Авдонин

Редакционная коллегия

Авдонин В.С. – д-р полит. наук, канд. филос. наук, вед. науч. сотр. ИНИОН РАН; *Аршинов В.И.* – д-р филос. наук, гл. науч. сотр. ИФ РАН; *Бажанов В.А.* – д-р филос. наук, зав. кафедрой философии Ульяновского государственного университета; *Гребеницкова Е.Г.* – д-р филос. наук, руководитель центра научно-информационных исследований по науке, образованию и технологиям ИНИОН РАН; *Демьянков В.З.* – д-р филол. наук, гл. науч. сотр. Института языко-знания РАН; *Золян С.Т.* – д-р филол. наук, проф. Балтийского федерального университета им. И. Канта; *Ильин М.В.* – д-р полит. наук, канд. филол. наук, профессор, НИУ ВШЭ; *Киосе М.И.* – д-р филол. наук, вед. науч. сотр. Центра социокогнитивных исследований МГЛУ; *Крадин Н.Н.* – академик РАН, д-р полит. наук, директор ИИАЭ ДВО РАН; *Кузнецов А.В.* – член-корр. РАН, д-р экон. наук, директор ИНИОН РАН; *Малинова О.Ю.* – д-р полит. наук, профессор, гл. науч. сотр. ИНИОН РАН; *Окунев И.Ю.* – канд. полит. наук, директор Центра пространственного анализа международных отношений МГИМО МИД РФ; *Остапенко Г.И.* – магистр политологии, науч. сотр. Центра пространственного анализа международных отношений МГИМО МИД РФ (главный редактор сайта МЕТОД плюс); *Ремеком А.Ю.* – д-р геогр. наук, профессор НИУ ВШЭ; *Розов Н.С.* – д-р филос. наук, профессор Института философии и права СО РАН; *Спиров А.В.* – канд. биол. наук, ст. науч. сотр. Лаборатории моделирования эволюции Института эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова РАН; *Чебанов С.В.* – д-р филол. наук, проф. кафедры математической лингвистики СПбГУ; *Чалый В.А.* – д-р филос. наук, проф. МГУ

Ответственный за выпуск – **В.С. Авдонин**

Ответственные за номер – **В.С. Авдонин, М.В. Ильин**

ISSN 2949-6209

DOI: 10.31249/metod/2024.04
© ИНИОН РАН, 2024

Institute of Scientific Information for Social Sciences
of the Russian Academy of Sciences
(INION RAN)

METHOD

**MOSCOW QUARTERLY JOURNAL
OF SOCIAL STUDIES**

Part 14
(continuation of the yearbook series METHOD)
Volume 4 No 4

Moscow
2024

Editor-in-Chief

Editor-in-Chief

Vladimir Avdonin, Institute of Scientific Information for Social Sciences of the Russian Academy of Sciences (Moscow, Russia)

Editorial Board

Vladimir Avdonin, Institute of Scientific Information for Social Sciences of the Russian Academy of Sciences (Moscow, Russia);

Vladimir Arshinov, Institute of Philosophy of the Russian Academy of Sciences (Moscow, Russia);

Valentin Bazhanov, Ulyanovsk State University (Ulyanovsk, Russia);

Vadim Chaly, Moscow State University (Moscow, Russia);

Sergey Chebanov, Saint Petersburg State University (Saint Petersburg, Russia);

Valery Demyankov, Institute of Linguistics, Russian Academy of Sciences (Moscow, Russia);

Elena Grebenshikova, Institute of Scientific Information for Social Sciences of the Russian Academy of Sciences (Moscow, Russia);

Mikhail Ilyin, Institute of Scientific Information for Social Sciences of the Russian Academy of Sciences (Moscow, Russia);

Alexey Kuznetsov, Institute of Scientific Information for Social Sciences of the Russian Academy of Sciences (Moscow, Russia);

Maria Kiose, Moscow State Linguistic University (Moscow, Russia);

Nikolay Kradin, Institute of History, Archaeology and Ethnology, Far-Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences (Vladivostok, Russia);

Olga Malinova, Institute of Scientific Information for Social Science of the Russian Academy of Sciences (Moscow, Russia);

Igor Okunev, MGIMO University (Moscow, Russia);

German Ostapenko, MGIMO University (Moscow, Russia);

Alexey Reteyum, Moscow State University (Moscow, Russia);

Nikolai Rozov, Institute for Philosophy and Law, Siberian Branch of Russian Academy of Science (Novosibirsk, Russia)

Alexander Spirov, Sechenov Institute of Evolutionary Physiology and Biochemistry, Russian Academy of Sciences (Saint Petersburg, Russia);

Suren Zolyan, Immanuel Kant Baltic Federal University (Kaliningrad, Russia);

Responsible Editor of the Volume

V. Avdonin

Responsible Editors of the Issue

V. Avdonin, M. Ilyin

DOI: 10.31249/metod/2024.04

© INION RAN, 2024

Тема номера:
Исследовательская программа Канта

СОДЕРЖАНИЕ

Ильин М.В. Заветы Канта. О смысле сделанного, несделанного и оставленного Кантом сделать нам с вами 7

ЭВОЛЮЦИОННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Чебанов С.В., Кузнецова В.В. Семантика триплетов генетического кода как семиотических средств 30
Спиро А.В. Языки развертывания наследственной информации в эмбриогенезе: некоторые лингвистические аналогии и семиотические аспекты 73
Казанский А.Б. Трансдисциплинарный характер некоторых моделей физических и биологических процессов 103
Скипин Н.С. Влияние И. Канта на развитие идейной основы инвайронментализма 117

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АРХИВ НА ЗАВТРА

Кант И. Всеобщая естественная история и теория неба. Часть первая. (Извлечения) 127

БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛОЦИЯ

Фридман М. *A priori* Канта в науке и философии: Современные споры (Реферат) 137

ISSUE TOPIC:
Kant's Research Program

CONTENTS

<i>Ilyin M.V.</i> Kant's Testaments. On the meaning of what Kant did, undone, and left behind for us to do.....	7
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

EVOLUTIONARY DIMENSIONS OF THE PROGRAM

<i>Chebanov S.V., Kuznetsova V.V.</i> Semantics of the Genetic Code at the Triplet Level.....	30
<i>Spirov A.V.</i> Languages of Hereditary Information Unfolding in Embryogenesis: Some Linguistic Analogies and Semiotic Aspects	73
<i>Kazansky A.B.</i> The Transdisciplinary Nature of Some Models of Physical and Biological Processes	103
<i>Skipin N.S.</i> The influence of I. Kant on the development of the ideological basis of environmentalism.....	117

INTELLECTUAL ARCHIVE FOR TOMORROW

<i>Kant I.</i> General Natural History and Theory of the Heavens. Part One (Excerpts).....	127
--------------------------------------------------------------------------------------------	-----

BIBLIONAVIGATOR

<i>Friedman M.</i> Kant's A Priori in Science and Philosophy: Contemporary Debates (Summary).....	137
---------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

**Ильин М.В.¹
Заветы Канта.
О смысле сделанного, несделанного
и оставленного Кантом сделать нам с вами²**

Аннотация. Вопреки привычному противопоставлению трех критик и немногих работ критического периода сочинениям «докритического» периода, а также текстам последнего десятилетия «угасающего гения» все творчество Канта рассматривается как целостная и только намеченная им исследовательская программа (в локатовском смысле). Ее основой является общеначальный методологический императив самостоятельного и подотчетного исследования, а также четыре кантовских вопроса. Сердцевину программы образует проработка этого категорического когортативного императива pragmatischen Wissens auf der Basis der drei Kritiken. Программу структурируют два предметных направления – космологическое и антропологическое. По замыслу Канта они должны были соединиться в антропокосмическом ответе на четвертый вопрос (anthropologia transcendentalis). Отравным моментом служит еще студенческая работа Канта «Мысли о достоверной оценке живых сил» (Gedanken von der wahren Schätzung der lebendigen Kräfte). Уже в ней формулируется установка на самостоятельность критического исследования, предвосхищающая знаменитый императив *Sapere audē*. В центр ставятся универсальные начала действия (die lebendigen Kräfte) и предвосхищающие нынешние поиски действующих сил (agency), а также достоверность оценок исследователем с его методологическим (когнитивным) аппаратом предмета исследования. В рамках исследовательской программы Канта выделяется его методологический поворот к сознательному (критическому) отношению к собственным когнитивным способностям и исследовательскому инструментарию.

Ключевые слова: исследовательская программа; трансцендентальная антропология; программа Канта; категорический императив; что такое человек; космология; четвертый вопрос Канта.

Для цитирования: Ильин М.В. Заветы Канта. О смысле сделанного и оставленного Кантом сделать нам с вами // МЕТОД: Московский ежеквартальный трудов из обществоведческих дисциплин / РАН, ИНИОН. – Москва, 2024. – Вып. 14, Т. 4, № 4. – С. 7–29. – DOI: 10.31249/metod/2024.04.01

¹ Ильин Михаил Васильевич, доктор политических наук, гл. н. с. ИНИОН РАН и Института Европы РАН; mikhaililyin48@gmail.com

² Исследование выполнено в рамках ГЗ ИНИОН РАН «Актуальные тенденции развития науки в условиях социальных и информационно-технологических изменений»

Конечно, претендовать на то, чтобы представить смысл всего творчества Канта, да еще и оставленных нам с вами интеллектуальных заветов и заделов не просто нескромно и нереалистично, но и опасно. Уверен, что каждый или почти каждый, едва открыв на этой станице МЕТОД, тут же сочтет мое намерение нереалистичной авантюрой, а то и неуместным посягательством на самого Канта и на кантоведение. Впрочем, мне не впервой слышать от коллег и даже от ближайших друзей обвинения в неуместности моих попыток браться за непосильные дела, в том, что моя авантюрная наглость [Ильин, 2025, с. 116–117] выглядит как мегаломания. В защиту, а то и в «нападение» отмечу только, что рано или поздно кому-то придется сказать, что король-то голый, а Земля все-таки вращается. Наверняка первый блин будет комом. Но тем легче кому-то окажется решать сложные, кажущиеся непосильными задачи. Уверен, что критика моего амбициозного текста в МЕТОДе и кантовская по характеру методологическая критика моего скромного разума непременно послужит приращению знания. С тем и берусь за свой рискованный опыт.

Предпринять эту рискованную затею побуждает сам Кант. И не только знаменитым императивом *Sapere audē* – смей мыслить. Именно это заставляет идти вопреки привычным схемам и обычаям, которые уместно назвать *анттикварными*. Стоящий за ними подход к классикам науки и выдающимся мыслителям предполагает выделение трепетно идеализируемых текстов в качестве самодостаточных и безусловных «памятников». Несмотря на достижения интеллектуальной истории, особенно истории науки и ключевых понятий, трактовка достижений великих философов зачастую сводится к некритическому и даже апологетическому восторгу относительно отдельных деталей и тезисов конкретных произведений. При этом и произведения, и выхваченные формулировки рассматриваются как самоценные памятники или сокровища мысли абсолютно совершенные и по форме, и по смыслу. Конъюнктурные ограничения, вынужденные компромиссы, авторские предрассудки и диктат современных автору норм и патологий, правил и обстоятельств игнорируются или произвольно трактуются «кантиковарами». Между тем наиболее творческие достижения или прорывные начинания как раз рождаются в ходе усилий, связанных с преодолением своих собственных или навязанных извне ограничений. Как раз подобные усилия сподвигли Канта обратить свою критику на собственный, а потом и на всеобщий разум. Так что именно в случае с Кантом «декантиковаризация» наследия мыслителя и его драматических попыток *сметь мыслить* должны служить отправным и обобщающим моментом понимания смысла его творчества как противоречивой и открытой исследовательской программы (в локатовском смысле).

Задача – реконструкция исследовательской программы Канта

Внимательная сортировка всех известных нам текстов и заметок, как опубликованных, так и неопубликованных, позволяет выделить несколько исследовательских потоков, или стрежневых линий. Кант не просто последователен в каждом из своих постоянных тематических «возвращений». Он упорно придает каждой из таких рекурсий накопительный характер, а главное – соотносит проработку проблематики отдельных потоков друг с другом и тем самым координирует исследовательское продвижение сразу по нескольким руслам.

В подобном зрелище единого потока мысли по многим руслам и рукавам значим не отдельный плес или спрямление русла, а общий исследовательский замысел и его бесконечное развертывание. Разумеется, нельзя найти такого кантовского сочинения, где бы он в деталях от начала до конца очертил точную карту всего многопоточного развертывания своей исследовательской программы. Более того, и сама программа и какие-либо ее схемы или планы заведомо неокончательны. Интеллектуальный поток Канта достался нам, чтобы мы вновь и вновь проходили по его многочисленным рукавам, каждый раз открывая образование новых русел и извилий. Да и течение реки продолжается и, уверен, не остановится.

Предлагаемый подход плохо сочетается с привычными способами восприятия и понимания творчества Канта. Действительно, давно стало привычным рассматривать три критики как памятники *sui generis*, которые столь совершенны, что о них можно судить лишь *sub specie aeternitatis*. Зачастую их бесспорное величие намеренно высвечивается на фоне недооцениваемых сочинений «докритического» периода, а также текстов последнего десятилетия «угасающего гения». В данной статье *все* творчество Канта в его совокупности – опубликованные тексты и черновики, заметки и письма, свидетельства и воспоминания, а главное его идеи, присвоенные и трансформированные в живой реакции современников и последующих поколений – рассматривается как целостная исследовательская программа.

Для предлагаемого подхода принципиально важна незавершенность как всего корпуса кантовского наследия, так и его уже состоявшееся воздействие на мировую науку. Более того – категорически важно ожидаемое развертывание кантовской программы в будущем. Творчество кенигсбергского мыслителя невозможно считать абсолютным началом и концом сверхенного и самодостаточного интеллектуального творения. Кант использует сразу несколько уже существующих традиций, комбинирует и переосмыслияет уже сформировавшиеся концепции и методологические подходы.

Равным образом его идеи и находки оказались присвоены самими разными научными школами и впитались во множество направлений мысли. Это делает кантовскую исследовательскую программу многоплановой, неоднородной, противоречивой и в высшей степени живой. Фактически

это оказывает значимо не только для признающих себя таковыми последователей Канта, как бы они себя не называли, но и для всех ответственных и действительно критических в кантовском смысле ученых, которые продолжали и продолжают разрабатывать условно кантовскую проблематику. Данное обстоятельство требует учета в реконструкции кантовской исследовательской программы достижений и поисков исследований, так или иначе продолжающих ее развертывание.

Предлагаемая реконструкция пока находится в начальной стадии своей разработки. Вниманию читателей предложен лишь общий подход и зыбкий абрис первичной реконструкции программных замыслов Канта. Пока в рамках небольшой статьи приходится концентрировать внимание лишь на некоторых опорных моментах, связанных с формированием программных линий, или «руслей», с их пересечениями и разделениями.

Исходный момент

Своего рода исходным моментом всей кантовской программы можно считать его самую первую, еще студенческую работу «Мысли о достоверной оценке живых сил» (*Gedanken von der wahren Schätzung der lebendigen Kräfte*). Еще за год до завершения в Альбертине университетского курса в 1744 г. 20-летний Кант взялся за написание этого сочинения. После нескольких переделок он опубликовал эту работу в 1749 г. Хотя сам Кант уже в зрелые годы относился к ней со стыдливым пренебрежением (там были ошибки и опечатки, немало неуклюжестей и прямолинейной наивности), именно в этой работе, пусть смутно или избыточно резко, но уже поставлены ключевые исследовательские вопросы или сформулированы принципиальные установки всей его собственной интеллектуальной деятельности, да и общего интеллектуального развития. Так, и по сей день проблема достоверной оценки, точности измерения и т.п. остается центральной для научной методологии, а его «живые силы» (*die lebendigen Kräfte*) предвосхищают нынешний интерес к действующим силам (*agency*) [Albert, 1987; Hoffmeyer, 1998; Sterelny, 2011; Пуйн, 2020; Ильин, 2021; Sharov, Tønnessen, 2021; Jaroš, 2025].

В своей первой публикации Кант обращается, казалось бы, к специальному вопросу механики о выражении движущей силы – либо произведению массы тела на его скорость, либо квадрату скорости его движения. Канту еще не было известно, что принципиальное решение было совсем недавно найдено Жаном д'Аламбером – совсем юным математиком всего на три года старше Канта, который уже к 1741 г. стал членом Королевской академии наук на своей родине, в 1746 Берлинской академии, а в 1748 – британского Королевского общества. Кант только учился в Альбертине с 1740 по 1744 год. Так что за год до ее завершения Кантом

вышла в свет знаменитая работа д'Аламбера о динамике [D'Alembert, 1743], о которой, увы, Кант не знал.

В дерзкой работе Канта поставлены нетривиальные вопросы об измерениях пространства¹, в частности об их количествах. Кант высказывает предположение, что окружающее нас пространство трехмерно, «поскольку наша душа (Seele) тоже получает впечатление извне по закону обратной пропорциональности квадрату расстояний», и тем, что «сама ее природа создана подобным образом, чтобы не только испытывать воздействие согласно этому закону, но и самой действовать вовне указанным способом» [Kant, 1910, Bd. 1, S. 24–25]. В этом доводе уже намечается различие природы и внутреннего мира мыслящего человека, их зеркальное отношение относительно друг друга и потребность преодоления разрыва между ними.

Очень важно также, что сама широта и двусмысленность понятия живых сил заставляет Канта рассматривать их, и мироздание в рамках двух оптик – космологической и антропологической. Через полтора десятилетия в «Единственно возможном основании для доказательства бытия Бога» (Der einzige mögliche Beweisgrund zu einer Demonstration des Daseins Gottes – 1763) Кант также отвергает все прочие основания кроме двух – космологического и онтологического – и поясняет: «...если бы вопрос сводился к тому, какое же из этих двух доказательств вообще лучше, то надо было бы ответить: если речь идет о логической точности и полноте, то лучше онтологическое доказательство. Если же требуют понятности, присущей обычному правильному представлению, если требуют живости впечатления, красоты и стимулирующей силы для нравственных побуждений человеческой природы (Triebfedern der menschlichen Natur), то предпочтение следует отдать космологическому доказательству» [Kant, 1912, S. 161].

Неудивительно, что при расширении видения вплоть до предельного горизонта (Absicht) кантовской программы ясно выделяются два исследовательских потока, объединенных общим категорическим и категориальным² императивом участия во всяком процессе достоверного познания и прежде всего научных исследований.

Крайне существенно, что свое юношеское произведение Кант предваряет эпиграфом из «О благой жизни» Сенеки: «Для нас нет ничего более

¹ В нынешней науке это вопросы об пространстве-времени, в частности, в теории струн и М-теории, представляющие пространство-время как многомерные многообразия (manifolds).

² Когда Кант и мы вслед за ним квалифицируем императив как категорический, то понимаем это уточнение не просто как акцент на четком и обязательном характере этого императива, но кроме того и в исходном смысле как «особое мнение» (греч. *κάτηγορία* от *κατά-* «против» и *γορέω* «выступаю на агоре»), противостоящее «общему мнению». В кантовских терминах это уже не мнение, а критически выверенное суждение или усмотрение (*Anschauiung*). Когда подобное категорическое усмотрение становится основой императива, т.е. требования вопреки общим мнениям, то вновь активируются исходные смыслы: *κάτηγορος* «обвинитель» и *κάτηγορία* «обвинение».

достойного, чем то, чтобы не следовать подобно овцам за стадом идущих впереди и двигаться не тем путем, по которому идут все, а тем, по которому идти должно. – *Nihil magis praestandum est, quam ne pecorum ritu sequamur antecedentium gregem, pergentes, non qua eundum est, sed qua itur* [Кант, 1963, с. 53].

В предисловии студент Альбертины не скрывает дерзости своего спора с великими предшественниками – прямо упомянутыми Лейбницем, Ньютоном, а фактически еще и Декартом. Он прямо признает, что его попытка идти дальше них и в споре с ними может оказаться неудачной. Но одновременно он заявляет: «Я держусь того мнения (*Ich stehe in der Einbildung*), что иногда бывает небесполезно проявить известное благородное доверие к своим собственным силам (*ein gewisses edles Vertrauen in seine eigene Kräfte*)¹. Подобного рода уверенность воодушевляет нас и сообщает нашим усилиям известный размах (*einen gewissen Schwung*), весьма содействующий отысканию истины. <...> Если даже тысячу раз ошибешься в каком-нибудь смелом начинании, то все же выгода, которая отсюда будет получена для познания истин, будет гораздо более значительной, чем если всегда идти по проторенному пути». А дальше Кант формулирует свой руководящий принцип для своей исследовательской программы на всю оставшуюся жизнь: «Из этого я исхожу (*Hierauf gründe ich mich*²). Я уже предначертал для себя путь, которого намерен держаться (*Ich habe mir die Bahn schon vorgesetzt, wie ich halten will*). Я вступаю на него, и ничто не должно мне мешать двигаться по этому пути» [Kant, 1910, S. 10]. По сути дела, здесь выражена моральная установка для построения эпохальной исследовательской программы, ее императив.

Категорический когортативный императив познания

Во введении к своей первой работе ее юный автор формулирует установку на самостоятельность критического исследования, предвосхищающая знаменитый императив – *Sapere audē! Habe Muth dich deines eigenen* (выделение Канта – *M.I.*) *Verstandes zu bedienen!* Тем самым исходный момент 1744 г. усиливается и закольцовывается моментом 1784 г., чтобы послужить основой кантовского, а теперь уже общенаучного методологического принципа императива самостоятельного и подот-

¹ Кантовское выражение *ein gewisses edles Vertrauen in seine eigene Kräfte* очень точно соответствует формулировке О.А. Смирницкой – «Для занятия наукой нужна известная доля наглости» [Ильин, 2025, с. 116–117].

² Эта формулировка и вышеупомянутая юношеская *Ich stehe in der Einbildung* перекликается со знаменитыми словами Мартина Лютера “*Hier stehe ich. Ich kann nicht anders*”, а также с девизом Яна Гуса “*Super omnia vincit veritas*” (Прежде всего правда побеждает, *Pravda vitézí*).

четного исследования – вести его ответственно и непредвзято, критически и самокритически.

Само двоякое выражение – и на латыни, и по-немецки – кантовского императива заслуживает специального анализа. Это больше, чем императив. Кант невольно вымыслил очень оригинальную глагольную форму. Она соединила императивный и гортативный (побудительный – от лат. *hortātīvus* «побуждающий», *hortor* «я побуждаю») залоги. Ее можно было бы назвать когортативным императивом, взаимно побуждающим требованием. Использование предлога ко- (лат. *co-*) усиливает акцент на взаимности побуждения всех лиц коммуникативного акта. Понятно, что ни в латыни, ни в других известных автору языках подобной глагольной формы нет. Формально Кант использовал латинский императив второго лица единственного числа настоящего времени активного залога, адресовав тем самым свое требование лично каждому из читателей, хотя по смыслу это требование он обратил также и к себе, и ко всем просвещенным, точнее просвещивающимся (модернизирующим себя) людям. Немецкая форма когортативного императива *“Habe Muth dich deines eigenen Verstandes zu bedienen!”* (дословно: Имей мужество тебе твой **собственный** разум использовать!) чуть расширена и уточнена Кантом. По смыслу она прагматически (личностно) адресована всем просвещивающимся за счет пояснения – «(это) есть тем самым отличительный или особенный девиз Просвещения!» Таким образом, уже с учетом контекста и целостной прагматики высказывания его можно реконструировать или «прочитать» примерно так: «Да обрети же мужество вместе со мною и всеми просвещенными людьми использовать наши собственные познавательные возможности».

Сформулированный таким образом познавательный императив и по форме, и по смыслу подобен категорическому. Оба являются когортативными и прагматическими. Только один охватывает прагматику познания, а второй – морально обоснованного и оправданного поведения. Оба адресуются также к максимально расширенному сообществу. Один в пределе, т.е. категориально (см. прим. 2) ко всему человеческому роду, а прагматически к морально консолидированной его когорте. Другой также категориально и в то же время категорически к познающему себя и весь свой (наблюдаемый) космос человечеству, а прагматически к конкретным когортам исследователей – проектным коллективам, школам и большим научным программам.

Отмеченное сходство позволяет объединить оба категорических и категориальных императива и предложить их расширенную формулировку: «Да обрети же мужество вместе со мною и всеми остальными (людьми или исследователями) использовать наши возможности (морального поведения или научного исследования) так, чтобы максима твоей и других воль могла бы стать всеобщим законом». Получилось немножко громоздко, но это же условная заготовка. На деле каждый человека в конкретной си-

туации *прагматически* адаптирует и уточняет императив, расширяя или сужая его горизонты примерно так, как это предлагал Чарльз Пирс в своей прагматической максиме [Скипин, 2023]. С тем и императивы, и максимы оборачиваются прагматическими, чтобы стать эффективными и справедливыми для всех, кого они касаются.

Познавательный категорический императив в этой статье служит своего рода направляющим азимутом для ориентации при движении по многочисленным и запутанным протокам и рукавам кантовских и продолжающих их исследований.

Развертывание кантовской программы

При постановке вопроса о развертывании кантовской программы сразу возникает искушение очертить этот процесс, опираясь на хронологию основных работ и устоявшееся деление на два периода – докритический и критический. Однако тут же возникают и сомнения. Слишком уж грубо деление на два периода. Все больше сомнений в его точности. Да и для постепенного развертывания, т.е. постоянного появления все новых моментов, это явно не годится.

Традиционно выделяется [Schönfeld, Thompson, 2003] четыре этапа в творчестве Канта: докритический период (1745–1770), в течение которого Кант пишет свои ранние работы о явлениях природы и работает в традиции Лейбница и Вольфа; «молчаливое десятилетие» (silent decade) (1770–1781), в течение которого Кант воздерживался от публикации текстов помимо материалов для учебных курсов; критический период (1781–1791), который знаменует собой время озарений, или, по выражению Льюиса Бека, «поразительное десятилетие» (the astonishing decade) [Beck, 1969, р. 433] кантовской критической философии; и посткритический период (1798–1802), часто трактуемый как произведения преклонного возраста. Предложенное Шёнфельдом и Томсоном четырехчленное членение воспроизводит в своем учебнике «Немецкий идеализм: от Канта до Гегеля» [Румянцева, 2015, с. 18–21] известный белорусский философ Т.Г. Румянцева. В современной науке четырехчастное деление творчества Канта продолжает жить, закрепляя созданную схему, значительно упрощающую понимание Канта, и в то же время скрывающую от нас возможность схватывания творчества философа как единого и цельного процесса, пронизывавшего всю его научную жизнь.

Разумеется, в какой-то решительный момент потребуется вернуться к проблеме периодизации творческого развития Канта и, может быть, задаться вопросом, нужна ли вообще строгая периодизация, или стоит рассматривать мысль Канта в совокупности, не накладывая на нее внешних смысловых рамок. Давно уже раздаются голоса исследователей, заявляющих о том, что траектория развития мысли Канта демонстрирует преемст-

венность [Schönenfeld, 2000; Edwards, 2000] и, таким образом, не существует скачкообразного разрыва между разными периодами его творчества. Относительно традиционной периодизации творчества Канта, противопоставляющей разные периоды его творчества, профессор-кантовед Алексей Круглов рассуждает следующим образом:

«Некоторое время назад я задумался: когда вообще появилось это разделение на “критического” и “докритического” Канта? Со студенческих времен это воспринимается как само собой разумеющееся, но все “само собой разумеющееся” когда-то возникло. Самое раннее упоминание, которое я нашел на эту тему, принадлежит Вильгельму Трауготту Кругу. Это был философ, который какое-то время преподавал в университете Кенигсберга, практически на кафедре Канта. Кое-что и о своем предшественнике он в этой связи написал, и, если мне память не изменяет, это 20-е годы XIX в., т.е. это довольно давнее разделение; правда, таким догматически-ученическим оно, конечно же, стало позже. Я думаю, что оно что-то схватывает в эволюции взглядов Канта, потому что работы 1780-х годов действительно нечто революционное даже по сравнению с самим Кантом. Особенно в плане практической философии, т.е. в области этики, где переворот, может быть, был гораздо большим, чем в собственно метафизическом плане. <...> Несмотря на то, что это разделение схватывает что-то очень важное, но когда мы его воспринимаем как догматическое, возникает, конечно, большая сложность. У Канта есть сквозные темы, есть что-то, что он отстаивал на протяжении всей жизни. Иногда это странные, может быть, для кого-то мысли, про инопланетян, например. Как “докритический” Кант, так и “критический”, верил, что есть какие-то обитаемые планеты. <...> Иначе говоря, есть какие-то сквозные мысли, идеи, какой-то сквозной интерес, скажем, интерес к метафизике и поиск нового адекватного философского метода. С этого Кант начинает в первой работе, на эту же тему вы можете найти рассуждение его в *Opus Postumum*» [Круглов, 2024, с. 15–16].

Важно сделать оговорку, что порою – и не так уж редко – разум поддается господствующим привычкам и нравам, неумолимым требованиям традиций и кажущимся естественными условностям, а главное – действительно естественному диктату сложившегося языка учености и философии, в случае с Кантом – метафизики. Говорить о том, что Кант всю жизнь интересовался метафизикой, значит тавтологично утверждать, что Кант говорил на языке своего времени. Интерес в нашем случае состоит в том, чтобы проследить ключевые темы в том, что мы называем программой Канта.

Разворачивание программы, если это действительно целостная программа и если это развертывание достаточно последовательно и систематично (а Кант – гений последовательности и систематичности, во всяком случае для своего времени), нужно начинать с самого начала, обязательно определить стержневые, сюжетообразующие проблемы, ключевые вопросы

и более частные познавательные интересы, постоянные предметные домены и прочие типичные области приложения исследований. Мы предлагаем посмотреть на Канта как на цельную линию развития мысли, сконцентрировавшись на магистральных моментах его творчества.

В рамках исследовательской программы Канта выделяется его методологический поворот к сознательному (критическому) отношению к собственным когнитивным способностям и исследовательскому инструментарию. Сердцевину программы образует проработка категорического когортативного императива прагматического познания на основе трех критик. Метод познания, предлагаемый Кантом, является критическим [Круглов, 2023]), а критика – это, прежде всего, эмпирическое различие и трансцендентальное соединение «живых сил» субъекта (в нашем случае – человека) и объекта (в нашем случае – космоса). Это эмпирическое разделение разума и вещи-в-себе, ноуменов и феноменов при их критическом соединении за счет трансцендентального перехода (связи) априорных параметров феноменов и априорных параметров ноуменов. Метод является лишь изысканной научной эманацией совершенно когнитивных способностей, точнее базовых возможностей, собственно и превращающих нас в людей.

Два основных предметных русла кантовской программы

В предметном плане программу структурируют два направления – космологическое и антропологическое, которые и образуют ее «двойное ядро». Программа развертывается как бы в двух мирах – «звездном небе» и сознании человека (людей). Кант никак не сделает шага, чтобы говорить о человеческом роде и людях, а все держится за «абстрактную» выдумку метафизики, за абстрактного, измышленного человека. В этом разделе мы предлагаем обозначить их основные контуры, чтобы затем перейти к возможному синтезу данных направлений.

Космологическое русло

При упоминании космоса в контексте мысли Канта сразу вспоминается его знаменитое высказывание из «Критики практического разума»: «Две вещи наполняют душу всегда новым и все более сильным удивлением и благоговением, чем чаще и продолжительнее мы размышляем о них, – это звездное небо надо мной и моральный закон во мне» [Кант, 1965, с. 499]. Первоначально тема неба появляется у Канта гораздо раньше, в знаменитой работе «Всеобщая естественная история и теория неба» (1755)¹. Эта и другие работы по физике, традиционно относящиеся к «ран-

¹ Публикуется в рубрике «Интеллектуальный архив на завтра» в настоящем номере МЕТОДа.

нему» Канту, и курс по физической географии¹, читаемый Кантом в Кёнигсбергском университете, не остались незамеченными, и в ноябре 1765 г.² Канту написал Иоганн Генрих Ламберт – видный философ, физик и математик, значительно повлиявший на становление Канта как ученого. «Выдвигая свои идеи космологического характера, [Ламберт. – Прим. М.И.] через несколько лет с удивлением обнаружил, что какой-то неизвестный ему молодой ученый из Кёнигсберга уже что-то опубликовал на данную тему. Содержание первого письма Ламбера примерно такое: “Я не знал, но, оказывается, Вы на эту тему писали раньше. Чтобы не оказаться в дальнейшем в похожей ситуации, давайте будем вести переписку, делиться своими замыслами”» [Круглов, 2024, с. 13].

Переписка, имея под собой объединявший Канта и Ламбера интерес в реформировании метафизики продолжилась, но затем Кант утратил к ней интерес. Обнаружились фундаментальные разногласия: «статус того, что Кант и Ламберт называют “метафизикой природы”, обнаруживает фундаментальное различие: здесь – трансцендентальная метафизика природы, “очищенная” от эмпирических влияний, там – методологическая метафизика природы, индуцированная процессами опыта. Это принципиальное различие в статусе связано с тем, что Кант развивает не объективную теорию сущности природы, как это делает Ламберт, а теорию научного познания природы» [Штининг, 2022, с. 51].

Физическая география у Канта – это космическая, планетная среда для человеческого рода. Породившее его материнское лоно, где человечество продолжает свое существование и миссию. Главное – не вопрос о строении и происхождении Солнечной системы. Это только пример возможностей метафизики природы. Главное – общая космическая перспектива, «звездное небо над головой»³.

¹ См. Кант И. Физическая география. 1 часть / пер. с нем. С.Б. Колбаневой, А.П. Портнягина; научный ред. А.В. Левченков; под ред. Л.В. Зубиной, Л.А. Гимбизкой, А.В. Сивковой. – Калининград: ФГБУК «Музей-заповедник “Музей Мирового океана”», 2023. Реферат и комментарий этого издания публикуется в выпуске МЕТОДа.

² См. Brief an [Immanuel] Kant / von [Johann Heinrich] Lambert // e-manuscripta. – URL: <https://www.e-manuscripta.ch/bau/content/titleinfo/4239013?lang=fr> (дата посещения: 22.10.2024).

³ Подробнее о курсе географии Канта можно будет прочитать в публикации Германа Остапенко, содержащейся в этом же номере журнала, см. Остапенко Г.И. Единственная «география» профессора Канта (комментарий и реферат) // МЕТОД: Московский ежеквартальник трудов из обществоведческих дисциплин / РАН, ИНИОН. – Москва, 2024. – Вып. 15, Т. 5, № 1. – (В печати).

Антропологическое русло

Второе течение мысли Канта – антропологическое, построенное вокруг вопроса о человеке. При этом Кант включает в антропологию не только физическую антропологию, но, прежде всего, ее противоположность – «то, что в головах», «моральный закон внутри», поскольку природа человека – незавершенного проекта – может быть схвачена только на уровне действий [Battaglia, 2012, р. 223–224], которые руководствуются как раз внутренним моральным законом.

Антропология у Канта – попытка понять человеческое предназначение и понять, как мы, люди, можем находить дорогу внутри мира, в котором живем [Cohen, 2008, р. 513]. Такая антропология, рассматриваемая как *мироведение* (Weltkenntnis), изучение которого должно следовать после *школы* (auf die Schule folgen muss), собственно, еще не может называться *прагматической* [Lyssy, 2022, р. 62–63], если она заключает в себе многообразное знание *вещей в мире* (Sachen in der Welt), например, животных, растений и минералов, существующих в различных странах и в различных климатических условиях. Прагматической она становится лишь тогда, когда изучает людей как *граждан мира* (Menschen als Weltbürgers). Поэтому даже знание человеческих рас, созданных игрой природы (Spiel der Natur), считается не прагматическим, а только теоретическим мироведением.

Выражения *знать мир* (die Welt kennen) и овладевать миром (Welt haben) по своему значению далеко не одинаковы [ibid., р. 47]. В одном игра, свидетелем которой был человек (NB метафизический человек, антропологическое внутри – *М.И.*), только *понимается* (nur das Spiel versteht), однако в другом совместно (прагматический и выбирающий человеческий род второй и третьей критик вовне – *М.И.*) разыгрывается¹ (der Andere aber mitgespielt hat)» [Kant, 1917, S. 120].

Как мы утверждаем в статье “Kant und kein Ende”, человек находится в центре всего мироздания Канта: над ним звездное небо и космические просторы, более близкие горизонты наблюдаемых вещей и процессов, внутри моральный закон и духовный мир, а теперь, добавим, горизонты телесности и биологических процессов, молекул, атомов и химических процессов, микромиров квантов и энергий [Rees, 1999, р. 8; Ильин, 2020; Ильин, 2023, с. 195–197]. Изучение человеческого рода удваивается. Оно включает с одной стороны *составленно антропологию*, очерченную Кантом в «Антропологии с практической точки зрения», а с другой – *уяснение*

¹ Тематику игры мы вместе с Д. Свирчевским продолжаем в воображаемых письмах Канта и Шиллера в третьем номере «МЕТОДа» за этот год, см. Ильин М.В., Свирчевский Д.А. Переписка Фридриха Шиллера и Иммануила Канта // МЕТОД: Московский ежеквартальный трудов из обществоведческих дисциплин: ежеквартал. науч. изд. / РАН, ИИОН, Центр перспек. методологий социал. и гуманит. исслед. – Москва, 2024. – Вып. 14, т. 4, № 3/4. – С. 174–209. – DOI: 10.31249/metod/2024.03.05

места и роли людей в становлении и преобразовании мира-космоса» [Ильин, 2024, с. 21].

Методологический стержень кантовской программы

Мы утверждаем, что оба русла кантовской программы могут быть объединены на основании их соотнесенности с методологическим стержнем, которым у Канта является, конечно же, критика. По замечанию А. Круглова, «только философия, содержащая в себе критику, систематику и архитектонику, позволяющая принимать суждения других, осуществлять ограничение бездумно расширяющихся наук и проповедующая самопознание разума и рассудка, может, согласно Канту, служить вторым глазом, превращая тем самым одноглазого циклопа в человека. Философы, пре-небрегающие критикой и архитектоникой, несмотря на собственный род занятий и сами оказываются погруженными в сферу циклопической учености» [Круглов, 2023 б, с. 77].

Широко известны три главных вопроса, сформулированные Кантом:

1. Что я могу знать? (*Was kann ich wissen?*)
2. Что я должен делать? (*Was soll ich tun?*)
3. На что я смею надеяться? (*Was darf ich hoffen?*)

Ответы на первый вопрос – «Критика чистого разума» (1781, 1787) – гносеология (эпистемология), у нас метретика, а значит не вся гносеология, но формальная и формализуемая. Ответы на второй вопрос – «Критика практического разума» (1788) – этика и политика со всей прочей прагматикой человеческих дел. Ответы на третий вопрос – «Критика способности суждения» (1790) – эстетика и биология.

Новаторство Канта в том, что он «отклоняет субстанциональные по-знавательные претензии традиционной метафизики, разделенной Христианом Вольфом на *metaphysica generalis* (онтология) и *metaphysica specialis* (психология, космология, теология), чтобы на основе всеобъемлющего критического исследования человеческого разума развить новую метафизику природы и нравов, основанную на трансцендентальном идеализме. С отказом от традиционной субстанциональной метафизики человек не может больше определяться как существо, состоящее из *res cogitans* (вещь мыслящая) и *res extensa* (вещь протяженная)» [Клемме, 2010, с. 26].

«Если угодно, то основной вопрос «Критики чистого разума» следовало бы самому Канту сформулировать прямо: как возможен практический разум? Или, если позволите, «еще прямее»: как возможен человек? <...> Речь не идет о том, что существо человека определено ошибочно (существо разумное), вопрос лишь в том, как его следует мыслить? Как должен быть устроен мир, чтобы в нем появился человек?» [Положенцев, 10, с. 85]. В вопросе о том, как возможен человек, необходимо соединяются «внутренние» и «внешние» условия его существования. Два магистраль-

ных предметных направления – космологическое и антропологическое – по замыслу Канта, как мы это видим, должны были соединиться в антропокосмическое (*anthropologia transcendentalis*), ориентированную на четвертый вопрос: «Что есть человек?»

В предисловии к изданной Йеше «Логике» Кант утверждает, что наши вопросы о знании, долженствовании и надежде могут быть «в сущности» причислены к антропологии, «ибо три первых вопроса относятся к последнему» [Кант, 1980, с. 332]. Как, однако, всякая философия может быть антропологией, если чистый практический разум выдвигает априорные притязания, которые выходят за пределы существования эмпирической природы человека, остается неясным. В одной из «Рефлексий» Кант при помощи выражения «*anthropologia transcendentalis*» [Kant AA, XV, S. 395] (ср. [Hinske, 1966]) намекает на некую фундаментальную антропологию, в отношении которой он, однако, также не оставил никаких подробных объяснений. Антропология, которая хочет быть трансцендентальной, не может в то же время быть физиологической, эмпирической, практической или моральной. Проще говоря, это было бы новое название для нашего трансцендентального знания о человеке как думающем, волящем и надеющемся существе.

Тут происходит прямое развертывание программы с одной стороны в эволюционную биологию и биосемиотику, а с другой – в антропосемиотику, языкознание (это Кант упустил) и искусство с эстетикой и вообще культурой. Главным становится возможность выбора (= способность суждения), о чем очень много и хорошо писал и пишет Калеви Кулль [См. Kull, 2018; Kull, 2021; Kull, 2023; Кулль, 2022]. *Anthropologia transcendentalis* – это вся антропокосмическая полнота человеческого познания, в том числе и научного.

Кант отмечает: «Итак, человек интересует нас больше, чем природа, так как природа для человека, человек – цель природы» [Kant AA, XXV, S. 470]. И в современной науке уже существуют попытки описания полноты человеческого познания. Например, стоит обратить внимание работы, посвященные возможностям (*affordances*) [Gibson, 1979; Costall, 1995; Wells, 2002; *Affordances can invite behavior*, 2012; Rietveld, Kiverstein, 2014], атмосферам [Böhme, 2017; Schmitz, 2016; McCormack, 2018], а также альтернативные теории взаимодействия с миром [Bennett, 2001; Denora, 2014; Hennion, 2007]. Однако эти проекты все еще сохраняют точечность приложения, не описывая весь спектр «фундаментального» состояния человека.

Неразрешенной загадкой остается в конечном итоге также идея о незаменимой антропологии «антропономии» («*Anthroponomie*»), «установляемой, безусловно, законодательствующим разумом» ([Кант, 1999]; см. также [Wenzel, 1992]).

Контуры трансцендентальной антропологии Канта как его исследовательской программы

Как признанные достижения Канта, так и весь его грандиозный замысел трансцендентальной антропологии вызвучиваются на фоне того, что оставалось либо не сделано, либо сделано лишь вчера.

Уже в своей первой работе о живых силах творения 22-летний юноша сделал заявку на раскрытие предельного – нет не явления, а события, а именно самотворения всего мироздания сквозь призму наиболее наглядного и конкретного момента – творящего действий его живых сил. Фактически все, чем дальше будет заниматься Кант, вырастает из его собственного юношеского порыва. Этот драйв или движ (die Trieb) конгениален генезису и развертыванию всего мироздания вместе и благодаря развертыванию такого же сродного творческого момента. Подобное слияние и личного его, кантовского познавательного порыва с равносильными устремлениями всего человеческого рода, а их совокупно с эволюционным движением мироздания Кант потом будет трактовать как переход, трансценденцию.

Достаточно пробежать список трудов Канта от его 30-летия до 50-летия, чтобы убедиться в том, он широко охватывает самые разные темы и предметы, как бы нащупывая отдельные моменты и проявления изменчивого мироздания. Единственное исключение – диссертация 1770 г. *“De mundi sensibilis atque intelligibilis forma et principiis”*, название которой обычно переводится как «О форме и принципах чувственно воспринимаемого и интеллигibleльного мира», хотя проще и точнее было бы «ощущаемого и познаваемого» мира. Кем ощущаемого и познаваемого? Каждым отдельным человеком? Человеческим родом? Самим этим миром через человеческий род и отдельных людей как свои органы? Внимательное чтение латинского текста не только не дает какого-то четкого и определенного ответа, но скорее заставляет обдумывать различные варианты интерпретаций.

А дальше следует пауза напряженной скрытой работы, подготовки радикального методологического поворота. Впрочем, ни сам термин *методология*, ни соответствующее понятие еще не были в ходу. Его первое появление термина в ученой латыни датируется 1727-м годом, в английском 1800-м годом, во французском 1829-м годом, но в немецком 1795-м годом или, возможно, даже раньше в естественнонаучной литературе, в частности, у Иоганна Блюменбаха. Однако, как это нередко случается сама идея методов исследования и их систематического изучения к 70-м годам XVIII в. случила заметное развитие. Если оставить в стороне методологические устремления еще в рамках схоластики, то, прежде всего, важен вклад Френсиса Бэкона с его идеями приращения знания и нового органона. Однако решительное обращение к изучению методов и фактическому формированию методологии совершил Рене Декарт.

Кант решил идти своим путем. Это и понятно: его методологическая новация предполагала не просто изучение способов мышления и исследований, но осуществление их за счет масштабного перехода, трансценденции. Его интересовали не всякие методы, но такие, которые позволяли исправлять ошибки и сбои познания, в частности отличать видимость от существа дела. Для этого ему пришлось разработать методы, обращенные на критику своих собственных познавательных способностей. Причем это была критика в совершенно новом понимании – не отвергающая и осуждающая приемы и способы познания, а исправляющая и совершенствующая их (Круглов, 2023 а). Этим и вызвано использование слова *критика*, *die Kritik* от французского *critique*, восходящего к древнегреческому понятию и выражению *κριτική τέχνη* – «искусство различения, оценки» [Tonelli, 1978].

Главное – методологические продвижения, касающиеся критики и трансценденции. Основная функция критики у Канта не только оценка и улучшение познавательных способностей, но также нацеливание их на осуществление перехода, трансценденции от кажимостей и иллюзий к надежному знанию.

Трансценденция

Кант отнюдь не считал человеческий разум совершенным и всемогущим. Подобного рода веру он считал догматической. В этом он следовал Юму, полагавшему, что люди руководствуются, прежде всего, страстями, а вовсе не разумом, который всего лишь слуга аффектов. С этим, конечно, Кант не соглашался, но признавал несовершенства познавательных способностей, заслуживающих критики. Такую критику он и предпринял с надеждой, что в ее горниле обнаружится, если и не абсолютно совершенный, то достаточно «чистый» разум. Чистота же практического разума осложнена практикой, а способности суждения к тому же еще и выбором альтернатив. До критики страстей и прочих движущих сил (*die Triebe*) он попросту не дошел, но необходимость в этом все же ощущал и, возможно, даже признавал. Во всяком случае подобного рода критика органически могла бы составить ядро и даже основное содержание трансцендентальной антропологии.

«Я называю трансцендентальным всякое познание, занимающееся не столько предметами (*Gegenständen*), сколько нашим методом познания (*unserer Erkenntnissart*¹) предметов, поскольку это познание должно быть возможным a priori», – пишет Кант во введении ко второму изданию «Критики чистого разума» [Kant AA, Bd. 3, S. 43].

¹ Кант неоднократно использует в «Критике чистого разума» выражение *diese Art von Erkenntniß* или термин *Erkenntnißart* для обозначения своего критического метода.

Кант считал своим важнейшим достижением *коперниканский поворот* в сфере познания. Фактически он по-новому подошел к отношению между миром и человеческим знанием о мире: не наши познавательные способности следует приспосабливать к нашим же сенсуальным восприятиям мира, к феноменам, явлениям, а стоящий за этими феноменами мир нужно сообразовывать с нашими познавательными способностями. Иными словами, наше сознание не просто пассивно постигает мир как нечто внешнее и чуждое, а как неотрывное от нас наше же собственное лоно, которое проясняется в ходе его становления, соучастниками которого мы становимся в том числе и в ходе нашего опыта познания.

Принципиально важно, что на деле коперниканский поворот Канта не сводится к простому выворачиванию наизнанку прежнего доктринального взгляда на чуждый нам мир-объект и обращению взгляда на себя, на свой разум. Такой разворот взгляда на 180 градусов с объекта на субъект только половина дела. Он дополняется еще одним поворотом на 180 градусов, закольцовыванием и тем самым замыканием. Этот дополнительный поворот нашего познающего взгляда обращает его вновь на наш же собственный мир. Тем самым человек и его критически испытанный и обогащенный разум становится сознательным участником становления самого нашего мира-лона в самом акте познания. Прежний доктринальный разрыв между познающим мир субъектом и познаваемым объектом преодолевается трансцендентальным переходом, который соединяет их в едином антропокосмическом строе, где развертывание космогенеза создает познающего человека, который придает космогенезу смысл, функциональность и полноту.

Сходным образом зацикливаются и соединяются вещь-в-себе (Ding-an-sich) и познающее Я или уже хайдеггеровское Быть-в-мире (In-der-Welt-sein), а также a priori и a posteriori. В схоластической философии рассуждение a priori обычно понимается как переход от общих принципов к частным, в отличие от a posteriori как перехода от частного к общему [Соколова, 2022, с. 82]. В данном контексте уместно уточнить «от общих предзаданных принципов к их частным проявлениям» и «от частных явлений к общим представлениям»¹. Далее Кант переосмыслил подобное разделение уже в новой перспективе в виде перехода от всеобщего разума и знания как принадлежности всего человеческого рода к конкретным восприятиям и их пониманию отдельного человеческого существа. Такая перспектива позволяла сохранить наиболее ценные для Канта моменты юмовского сенсуализма при преодолении юмовского же скепсиса относительно потенциала разума.

¹ Подробнее об априорных принципах Канта и современных спорах о них см. в реферате по книге: Фридман М. «A priori Канта в науке и философии: Современные споры», представленном в рубрике «Библиографическая ложня» в настоящем номере МЕТОДа.

Разработка трех критик стала важнейшим достижением Канта. Впрочем, эти критики при всей беспрецедентной основательности их текстов были проработаны в разной степени. Первой и самой простой в конечном счете критике Кант отдал очень много времени и сил, пожалуй, даже слишком много в ущерб последующим. Ему удалось даже подготовить ее второе издание с исключительно содержательным и глубоким введением. Две другие уже не столь основательны, хотя их проблематика гораздо сложнее. Каждая из критик заслужила бы переработки и переиздания, а критика способности суждения, возможно, даже разделения на две отдельные – биологическую (биосемиотическую в перспективе) и культурно-семиотическую. К этому, видимо, сам Кант не был готов. Вполне вероятно, что для него могли казаться куда более значимыми другие задачи.

Остается открытым вопрос, до какой степени сам Кант был готов если и не завершить создание своей исследовательской программы, то хотя бы наметить ее контуры. Можно предположить, что в 90-е годы он об этом задумывался, возможно, даже очень напряженно размышлял, как и в период великого молчания 70-х годов, отданного подготовке критической методологии и коперниканского поворота. Два довода свидетельствуют в пользу данного предположения. Это формулировка четвертого вопроса и таинственная строка, точнее два слова *anthropologia transcendentalis*, завершающая набросок о циклопической учености [Круглов, 2023 б]. Лично я убежден, что эти факты упрямо указывают на намерение развернуть четвертую критику, которая бы стала методологией не для еще одной познавательной способности, а для всего комплекса человеческих способностей и задатков. Это, однако, особая тема, потребующая не только реконструкции подобного гипотетического замысла, но и проработки его ключевых моментов. Это не предмет для нынешней статьи, а для большой отдельной публикации, возможно, даже книги.

Список литературы

- Ильин М.В. Kant und kein Ende // МЕТОД: Московский ежеквартальник трудов из обществоведческих дисциплин / РАН, ИИОН. – Москва, 2024. – Вып. 14, т. 4, № 1. – С. 19–41. – DOI: 10.31249/metod/2024.01.02
- Ильин М.В. Движущие силы эволюции // МЕТОД: Московский ежеквартальник трудов из обществоведческих дисциплин. – Москва: ИИОН, 2021. – Вып. 11. – С. 73–87.
- Ильин М.В. Модели свертывания и развертывания во всеобщей эволюции мироздания // МЕТОД: Московский ежеквартальник трудов из обществоведческих дисциплин / РАН, ИИОН. – 2023. – Вып. 13, т. 3, № 4. – С. 174–209. – DOI: 10.31249/metod/2023.04.10
- Ильин М.В. Горизонты познания: из метафоры в исследовательский инструмент. // Terra Politica. – 2025. – № 1. – С. 110–123. – DOI: 10.63115/6927.2025.51.41.008
- Ильин М.В., Свирчевский Д.А. Переписка Фридриха Шиллера и Иммануила Канта // МЕТОД: Московский ежеквартальник трудов из обществоведческих дисциплин: еже-

- квартал. науч. изд. / РАН, ИНИОН. – 2024. – Вып. 14, т. 4, № 3. – С. 174–209. – DOI: 10.31249/metod/2024.03.05
- Кант И. Сочинения: в шести томах.* – Москва: Мысль, 1965. – Т. 4, ч. 1: Критики практического разума.–544 с.
- Кант И. Трактаты и письма.* – Москва: Наука, 1980. – 711 с.
- Кант И. Основы метафизики нравственности.* – Москва: Мысль, 1999. – 1472 с.
- Кант И. Сочинения: в шести томах.* – Москва: Мысль, 1963. – Т. 1: Мысли об истинной оценке живых сил. – 531 с.
- Кант И. Физическая география. 1 часть.* – Калининград: ФГБУК «Музей-заповедник “Музей Мирового океана”», 2023. – 500 с.
- Клемме Х.Ф. Понятие антропологии в философии И. Канта // Кантовский сборник.* – 2010. – № 3 (33). – С. 24–32.
- Круглов А.Н. О понятии критики и о критическом методе у Канта // Философия. Журнал высшей школы экономики.* – 2023 а. – Т. 7. – № 2. – С. 225–260.
- Круглов А.Н. Критика циклопической учености в немецкой философии XVIII века // Вестник Московского Университета.* – 2023 б. – Т. 47, № 5. – С. 69–89. – DOI: 10.55959/MSU0201-7385-7-2023-5-69-89
- Круглов А.Н. Метафизика естествознания и природы: разговор о Канте с А.Н. Кругловым // Журнал Российского национального комитета по истории и философии науки и техники.* – 2024. – Т. 2, № 3. – С. 9–46. – DOI: 10.62139/2949-608X-2024-2-3-9-46
- Куль К. Целью расширенного синтеза является включение семиозиса // МЕТОД: московский ежеквартальник трудов из обществоведческих дисциплин: ежеквартал. науч. изд. / под ред. М.В. Ильина; ИНИОН, РАН, центр перспект. методологий соц.-гуманит. исследований.* – Москва, 2022. – Вып. 12, т. 2, № 3. – С. 10–26. – DOI: 10.31249/metodquarterly/02.03.01
- Положенцев А.М. Основная идея Канта // Кантовский сборник.* – 2010. – № 3 (33). – С. 83–95.
- Румянцева Т.Г. Немецкий идеализм: от Канта до Гегеля.* – Минск: Адукацыя і выхаванне, 2015. – 271 с.
- Скипин Н.С. Эволюция прагматической максимы в творчестве Ч. Пирса // МЕТОД: Московский ежеквартальник трудов из обществоведческих дисциплин / РАН, ИНИОН.* – Москва, 2023. – Вып. 3, т. 3, № 3. – С. 58–72. – DOI: 10.31249/metod/2023.03.05
- Соколова Т.Д. Аргот в классической модели науки // Epistemology & Philosophy of Science.* – 2022. – Т. 59, № 1. – С. 81–93.
- Штенин Г. Ламберт и Кант // Кантовский сборник.* – 2022. – Т. 41, № 2. – С. 42–67. – DOI: 10.5922/0207-6918-2022-2-2
- Affordances can invite behavior: Reconsidering the relationship between affordances and agency / Withagen R., de Poel H.J., Araújo D., Pepping G.-J. // New Ideas in Psychology.* – 2012. – Vol. 30, N 2. – P. 250–258. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.newideapsych.2011.12.003>
- Albert D.Z. A Quantum-Mechanical Automation // Philosophy of science.* – 1987. – Vol. 54, N 4. – P. 577–585.
- Battaglia F. Anthropologia transscendentalis. Kant's theory of human nature // Archives Italiennes de Biologie.* – 2012. – N 150. – P. 218–230.
- Beck L.W. Kant studies today.* – La Salle, Ill: Open Court, 1969. – 528 p.
- Bennett J. The Enchantment of Modern Life: Attachments, Crossings, and Ethics.* – Princeton: Princeton University Press, 2001. – 223 p.
- Böhme G. The Aesthetics of Atmospheres / Ed. by Jean-Paul Thibaud.* – Routledge, 2017. – 231 p.
- Cohen A. Kant's answer to the question 'what is man?' and its implications for anthropology // Studies in History and Philosophy of Science.* – 2008. – N 39. – P. 506–514.
- Costall A. Socializing affordances // Theory & Psychology.* – 1995. – Vol. 5, N 4. – P. 467–481. – URL: <https://doi.org/10.1177/0959354395054001>
- D'Alembert J. Traité de dynamique.* – Ghent: J.B. Coignard, 1743. – 239 p.

- DeNora T.* Making Sense of Reality: Culture and Perception in Everyday Life. – Los Angeles; London: Sage, 2014. – 201 p.
- Edwards J.* Self-Love, Anthropology, and Universal Benevolence in Kant's Metaphysics of Morals // Review of Metaphysics. – 2000. – Vol. 53, N 4. – P. 887–914.
- Gibson J.J.* The Ecological Approach to Visual Perception. – Houghton: Mifflin and Company, 1979. – 347 p.
- Hennion A.* Those Things that Hold us Together // Cultural Sociology. – 2007. – Vol. 1, N 1. – P. 97–114. – DOI: 10.1177/1749975507073923
- Hinske N.* Kants Idee der Anthropologie // Die Frage nach dem Menschen. Aufriss einer philosophischen Anthropologie. Festschrift für Max Müller zum 60. Geburtstag / Rombach H. (Hg.). – Freiburg i/Br.; München, 1966. – S. 410–427.
- Hoffmeyer J.* Surfaces inside surfaces: On the origin of agency and life // Cybernetics & Human Knowing. – 1998. – Vol. 5 (1). – P. 33–42.
- Ilyin M.* Emergence and advancement of basic human capacities // Linguistic Frontiers. – 2020. – Vol. 3, N 2. – P. 3–20. – DOI: 10.2478/lf-2020-0010
- Jaroš F.* Agency Within and Beyond Biosemiotics // Biosemiotics. – 2025. – Vol. 18, N 2. – P. 397–402.
- Kant I.* Immanuel Kants Werke. – Berlin: Bruno Cassirer, 1912. – 484 p.
- Kant I.* Kant's Werke. – Berlin: G. Reimer, 1917. – 417 p.
- Kant I.* Kant's gesammelte Schriften. – Berlin: G. Reimer, 1910. – 672 p.
- Kull K.* Choosing and learning: Semiosis means choice // Σημειωτική-Sign Systems Studies. – 2018. – T. 46, № 4. – C. 452–466.
- Kull K.* Natural selection and self-organization do not make meaning, while the agent's choice does // Biosemiotics. – 2021. – T. 14, № 1. – C. 49–53.
- Kull K.* Choices by organisms: on the role of freedom in behaviour and evolution // Biological Journal of the Linnean Society. – 2023. – T. 139, № 4. – C. 555–562.
- Lyssy A.* Meta-Anthropology – Kant on Humankind and Humanity / Book manuscript draft. – München: LMU München: Universität Heidelberg, 2022. – 259 p.
- McCormack D.P.* Atmospheric Things: On the Allure of Elemental Envelopment. – Durham; London: Duke University Press, 2018. – 305 p.
- Rees G.* The Remote Sensing Data Book. – Cambridge; New York; Melbourne: Cambridge University Press, 1999. – 262 p.
- Rietveld E., Kiverstein J.* A rich landscape of affordances // Ecological Psychology. – 2014. – Vol. 26, N 4. – P. 325–352. – URL: <https://doi.org/10.1080/10407413.2014.958035>
- Schmitz H.* Atmosphären. – München: Verlag Karl Alber Freiburg, 2016. – 149 p.
- Schönfeld M.* The philosophy of the young Kant: the precritical project. – New York: Oxford University Press, 2000. – 332 p.
- Schönfeld M., Thompson M.* Kant's Philosophical Development // The Stanford Encyclopedia of Philosophy / Edward N. Zalta? Uri Nodelman (eds.). – 2003 Edition. – URL: <https://plato.stanford.edu/archives/spr2025/entries/kant-development/>
- Sharov A., Tønnessen M.* Semiotic Agency: Science beyond Mechanism. – Springer, 2021. – Vol. 25. – 395 p.
- Sterehy K.* From hominins to humans: how sapiens became behaviourally modern // Philosophical Transactions of the Royal Society. Biological Sciences. – 2011. – Vol. 366, N 1566. – P. 809–822.
- Tonelli G.* “Critique” and Related Terms Prior to Kant: A Historical Survey // Kant Studien. – 1978. – Vol. 69, N 1/4. – P. 119–148.
- Wells A.* GAD, metacognition, and mindfulness: An information processing analysis // Clinical Psychology: Science and Practice. – 2002. – Vol. 9, N 1. – P. 95–100. – URL: <https://doi.org/10.1093/clipsy.9.1.95>

Wenzel U.J. Anthroponomie: Kants Archäologie der Autonomie. – Berlin; Boston: De Gruyter, 1992. – 336 p.

Mikhail Ilyin¹
Kant's Testaments.
On the meaning of what Kant did, undone, and left behind for us to do

Abstract. Contrary to the customary juxtaposition of the three critiques and a few works from the critical period with the writings of the “pre-critical” period, as well as the texts of the last decade of his “fading genius,” Kant's entire oeuvre is viewed as a coherent and merely outlined research program (in Locat's sense). Its foundation is the general scientific methodological imperative of independent and accountable research, as well as the four Kantian questions. The core of the program is the elaboration of this categorical cohortative imperative of pragmatic knowledge based on the three critiques. The program is structured by two subject areas—cosmological and anthropological. Kant intended them to unite in an anthropocosmic answer to the fourth question (anthropologia transcendentalis). A key element is Kant's student work, “Thoughts on the True Estimation of Living Forces” (Gedanken von der wahren Schätzung der lebendigen Kräfte). Already in this book, a commitment to the independence of critical research is formulated, anticipating the famous imperative of Sapere audē. The central focus is on universal principles of action (die lebendigen Kräfte) and the active forces (agency) that anticipate current research, as well as the reliability of the researcher's assessments of the subject matter with their methodological (cognitive) apparatus. Within Kant's research program, his methodological turn toward a conscious (critical) attitude toward one's own cognitive abilities and research tools stands out.

Keywords: research program; transcendental anthropology; Kant's program; categorical imperative; what is man; cosmology; Kant's fourth question.

For citation: Ilyin M. (2024). Kant's Testaments. *METHOD: Moscow quarterly journal of social studies / RAN, INION.* – Moscow, 2024. – Part 14. Vol. 4, No 4, P. 9–31. DOI: 10.31249/metod/2024.04.01

References

- Albert, D.Z. (1987). A Quantum-Mechanical Automation. *Philosophy of science* 54(4), 577–585.
Battaglia, F. (2012). Anthropologia transscendentalis. Kant's theory of human nature. *Archives Italiennes de Biologie*, 150(2–3), 218–230.
Beck, L.W. (1969). *Kant studies today*. Open Court.
Bennett, J. (2001). *The enchantment of modern life: attachments, crossings, and ethics*. Princeton University Press.
Böhme, G. (2017). *The aesthetics of atmospheres*. Routledge.
Brief an [Immanuel] Kant / von [Johann Heinrich] Lam. (1765). E-manuscripta. <https://www.e-manuscripta.ch/bau/content/titleinfo/4239013?lang=fr>
Cohen, A.A. (2008). Kant's answer to the question ‘what is man?’ and its implications for anthropology. *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, 39(4), 506–514. <https://doi.org/10.1016/j.shpsa.2008.09.008>

¹ **Ilyin Mikhail Vasilievich**, Doctor of Political Sciences, Chief Researcher, INION RAN and the Institute of Europe, RAS; mikhaililyin48@gmail.com

- Costall, A. (1995). Socializing affordances. *Theory & Psychology*, 5(4), 467–481. <https://doi.org/10.1177/0959354395054001>
- D'Alembert, J. (1743). *Traité de dynamique*. J.B. Coignard.
- DeNora, T. (2014). *Making sense of reality: culture and perception in everyday life*. <https://doi.org/10.4135/9781446288320>
- Edwards, J. (2000). Self-Love, anthropology, and universal benevolence in Kant's Metaphysics of Morals. *The Review of Metaphysics*, 53(4), 887. <https://www.jstor.org/stable/pdfplus/20131446.pdf>
- Gibson J.J. (1979). *The Ecological Approach to Visual Perception*. Houghton, Mifflin and Company.
- Hennion, A. (2007). Those things that hold us together: taste and sociology. *Cultural Sociology*, 1(1), 97–114. <https://doi.org/10.1177/1749975507073923>
- Hinske, N. (1966) Kants Idee der Anthropologie. In *Die Frage nach dem Menschen. Aufriß einer philosophischen Anthropologie. Festschrift für Max Müller zum 60. Geburtstag* (pp. 410–427). Freiburg i/Br.; München.
- Hoffmeyer, J. (1998). Surfaces inside surfaces. On the origin of agency and life. *Cybernetics & Human Knowing*, 5, 33–42. <https://www.ingentaconnect.com/content/imp/chk/1998/00000005/00000001/3>
- Ilyin M. (2023). Models of folding and unfolding in the general evolution of the Universe. *METHOD: Moscow quarterly journal of social studies* 3(4), 174–209. DOI: 10.31249/metod/2023.04.10 (In Russ.)
- Ilyin M. (2025). Expanding and Contracting Horizons of Learning. *Terra Politica* (1), 110–123. DOI: 10.63115/6927.2025.51.41.008 (In Russ.)
- Ilyin M., Svirchevskii D. (2024). Correspondence between Friedrich Schiller and Immanuel Kant. *METHOD: Moscow quarterly journal of social studies* 4(3), 174–209. (In Russ.)
- Ilyin, M. (2020). Emergence and advancement of basic human capacities. *Linguistic Frontiers*, 3(2), 3–20. <https://doi.org/10.2478/lf-2020-0010>
- Ilyin, M. (2021). Agency of evolution. *METHOD: Moscow Yearbook of Social Studies*, 11, 73–87. <http://www.doi.org/10.31249/metodannual/2021.11.03> (In Russ.)
- Ilyin, M. (2024). Kant und kein Ende. *METHOD: Moscow quarterly journal of social studies* 4(1), 19–41. DOI: 10.31249/metod/2024.01.02 (In Russ.)
- Jaroš, F. (2025). Agency within and beyond Biosemiotics. *Biosemiotics*. <https://doi.org/10.1007/s12304-025-09620-2>
- Kant, I. (1910). *Kant's gesammelte schriften*. G. Reimer.
- Kant, I. (1912). *Immanuel Kants Werke*. Bruno Cassirer.
- Kant, I. (1917). *Kant's Werke*. G. Reimer.
- Kant, I. (1963). Thoughts on the True Estimation of Living Forces. In *Kant's works in six volumes* (vol. 1). Thought. (In Russ.)
- Kant, I. (1965). Critique of Practical Reason. In *Kant's works in six volumes* (vol. 4, part 1). Thought. (In Russ.)
- Kant, I. (1980). Logic. In *Treatises and letters*. Thought. (In Russ.)
- Kant, I. (1999). The metaphysics of morals. In *Foundations of the Metaphysics of Morals*. Thought. (In Russ.)
- Kant, I. (2023). *Physical Geography*. FGBUK «Muzej-zapovednik “Muzej Mirovogo okeana.”
- (In Russ.)
- Klemme, H.F. The concept of anthropology in the philosophy of I. Kant. *Kantian Journal* 3(33), 24–32. (In Russ.)
- Krouglov, A.N. (2023). A Critique of Cyclopean scholarship the German Philosophy of the 18 th Century. *Lomonosov Philosophy Journal*, 47(5), 69–89. DOI: 10.55959/MSU0201-7385-7-2023-5-69-89 (In Russ.)
- Krouglov, A.N. (2024). Metaphysics of Natural Science and Nature: A Conversation with A.N. Kruglov about Kant. *Journal of the Russian National Committee on the History and Phi-*

- losophy of Science and Technology* 2(3), 9–46. DOI: 10.62139/2949-608 X-2024-2-3-9-46
(In Russ.)
- Kull, K. (2018). Choosing and learning: Semiosis means choice. *Σημειωτική-Sign Systems Studies*, 46(4), 452–466.
- Kull, K. (2021). Natural selection and self-organization do not make meaning, while the agent's choice does. *Biosemiotics*, 14(1), 49–53.
- Kull, K. (2022). The aim of the extended synthesis is to include semiosis. *METHOD: Moscow Quarterly of Social Studies*, 2(3), 10–26. DOI: 10.31249/metodquarterly/02.03.01 (In Russ.)
- Kull, K. (2023). Choices by organisms: on the role of freedom in behaviour and evolution. *Biological Journal of the Linnean Society*, 139(4), 555–562.
- Lyssy, A. (2022). *Meta-Anthropology – Kant on Humankind and Humanity* [unpublished manuscript]. LMU München / Universität Heidelberg.
- McCormack, D.P. (2018). *Atmospheric things*. Duke University Press. <https://doi.org/10.1215/9780822371731>
- Polozhentsev, A.M. Kant's main idea. *Kantian Journal* 3(33), 83–95. (In Russ.)
- Rees, G. (1999). *The Remote Sensing Data Book*. Cambridge University Press.
- Rietveld, E., & Kiverstein, J. (2014). A rich landscape of affordances. *Ecological Psychology*, 26(4), 325–352. <https://doi.org/10.1080/10407413.2014.958035>
- Rietveld, E., & Kiverstein, J. (2014). A rich landscape of affordances. *Ecological Psychology*, 26(4), 325–352. <https://doi.org/10.1080/10407413.2014.958035>
- Rumyantseva, T.G. (2015). *German Idealism: From Kant to Hegel*. Adukacyja i vychavańie. (In Russ.)
- Schmitz, H. (2016). *Atmosphären*. <https://doi.org/10.5771/9783495860441>
- Schönfeld, M. (2000). *The philosophy of the Young Kant*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/0195132181.001.0001>
- Schönfeld, M., & Thompson, M. (2025). *Kant's Philosophical Development*. Stanford Encyclopedia of Philosophy. <https://plato.stanford.edu/archives/spr2025/entries/kant-development/>
- Sharov A., Tønnessen M. (2021) Semiotic Agency: Science beyond Mechanism. – Springer. Vol. 25. 395 p.
- Sterelny K. (2011). From hominins to humans: how sapiens became behaviourally modern. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 366(1566), 809–822. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0301>
- Stiening, G. (2022). Von der mathematischen zur kritischen Metaphysik der Natur. Lambert und Kant. *Kantian Journal* 41(2), 42–67. DOI: 10.5922/0207-6918-2022-2-2.
- Tonelli, G. (1978). "Critique" and related terms prior to Kant: A Historical survey. *Kant-Studien*, 69(1–4). <https://doi.org/10.1515/kant.1978.69.1-4.119>
- Wells, A. (2002). GAD, metacognition, and mindfulness: An information processing analysis. *Clinical Psychology: Science and Practice*, 9(1), 95–100. <https://doi.org/10.1093/clipsy.9.1.95>
- Wenzel, U.J. (1992). *Anthroponomie: Kants Archäologie der Autonomie*. De Gruyter.
- Withagen, R., de Poel, H.J., Araújo, D., & Pepping, G.-J. (2012). Affordances can invite behavior: Reconsidering the relationship between affordances and agency. *New Ideas in Psychology*, 30(2), 250–258. <https://doi.org/10.1016/j.newideapsych.2011.12.003>

ЭВОЛЮЦИОННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ ПРОГРАММЫ

DOI: 10.31249/metod/2024.04.02

Чебанов С.В.¹, Кузнецова В.В.²
**Семантика триплетов генетического кода
как семиотических средств³**

Аннотация. Вопрос о том, что составляет семантику триплетов генетического кода, интересен по нескольким причинам: 1) он почти универсален для всех организмов, что обуславливает его широкую биологическую значимость; 2) как простейшая форма семантики, он лежит в основе всех других семиотических процессов (включая антропосемиотику); 3) его можно по-разному анализировать (допуская либо не допуская наличие интерпретации). Целью данной работы является не изучение новых эмпирических фактов, а скорее переосмысление того, что в общих чертах уже хорошо известно – даже выпускникам средних школ – но остается концептуально не сформулированным даже ведущими специалистами (генетиками, биохимиками, молекулярными биологами, этологами, нейрофизиологами и т.д.), работающими в этой области. Оказывается, если подобное исследование проводится, исходя из предположения, что биологически обоснованная семиотика использует те же понятия семантики, что и семиотика и лингвистика, требуя при этом единой методологической базы для обоснования наличия смысла как в антропосемиотике, так и в биосемиотике, возникает множество проблем, связанных с наличием семантики в культурной семиотике и текстах на естественном языке. Разные исследовательские традиции породили конкурирующие подходы к семиозису (биогерменевтика, биолингвистика, биосемиотика) и методологии (биология кода против биосемиотики). Программа «биология кода» демонстрирует большую продуктивность и строгость теоретических основ, тогда как биосемиотические проекты более созерцательны, но допускают более амбициозные экстраполяции. Выбор программы, как правило, соответствует личным предпочтениям исследователя. Однако в случае семантики на уровне триплета результаты вполне приемлемы для сторонников обоих подходов.

Ключевые слова: биология кода; генетический код; триплеты; семантика; тРНК; семиотически осведомленная биология.

¹ Чебанов Сергей Викторович – доктор филологических наук, профессор кафедры математической лингвистики Санкт-Петербургского государственного университета; s.chebanov@spbu.ru

² Кузнецова Вера Владиславовна – студентка 1-го курса магистратуры кафедры математической лингвистики Санкт-Петербургского государственного университета; st099991@student.spbu.ru

³ Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ, проект № 22-18-00383-П «Междисциплинарные методологические основания расширенного эволюционного синтеза в науках о жизни и обществе», в ИИОН РАН.

Для цитирования: Чебанов С.В., Кузнецова В.В. Семантика триплетов генетического кода как семиотических средств // МЕТОД: Московский ежеквартальный журнал трудов из обществоведческих дисциплин / РАН, ИНИОН. – Москва, 2024. – Вып. 14, Т. 4, № 4. – С. 30–72. – DOI: 10.31249/metod/2024.04.02

Несмотря на то что код-биология, биолингвистика, биосемиотика, биогерменевтика и смежные дисциплины [Чебанов, 2019 б] развиваются в различных формах, вопрос о том, что представляет собой смысл и семантика в этой области, остается одним из самых непроясненных и дискуссионных. Цель данной статьи – прояснить природу семантики на уровне триплетов (присутствующем у всех организмов) и рассмотреть ее в более широком контексте понимания семантики во всех областях семиотически осмысленной биологии с учетом ее отношения к общей семиотике.

1. Вводные замечания: о семантике в семиотически осмысленной биологии и антропосемиотике

Мы будем рассматривать общеизвестные вопросы, но сосредоточимся на деталях, которые обычно ускользают от внимания. В связи с этим, наша главная цель – проблематизировать ситуацию, а не дать окончательные ответы на возникающие вопросы. В гораздо меньшей степени мы стремимся предлагать решения; скорее, наша задача состоит в том, чтобы исключить те ответы, которые кажутся неточными или неадекватными.

Начнем с самого простого наблюдения – с того, что происходит с языком, который является несомненным семиотическим объектом и который самым очевидным образом используется для передачи смысла. Проблема состоит в том, что при обсуждении наличия смысла в человеческой речи и в антропосемиотике в целом утверждение наличия семантики основано на единственном критерии – чисто экспертной оценке как исследователя, так и исследуемого участника языкового взаимодействия. При этом каких-либо инструментальных средств обнаружения семантики не существует и даже не возникает мысли о потребности в них, хотя это вполне возможно – можно разрабатывать некие косвенные методы фиксации смысла (например, изменения дыхания, работы сердечно-сосудистой системы, электрического сопротивления кожи, как, например, при испытаниях на полиграфе [Молчанов, 2016]), но они в конечном счете опираются на человеческий опыт, на чье-то заявление о наличии смысла. При этом показательно то, что существует пресуппозиция существования смысла в речевой активности человека, а отсутствие смысла трактуется как аномалия, свойственная либо пребыванию человека в каком-то экстремальном состоянии (опьянения, испуга, боли, пробуждения), либо наличию психической патологии. Нередко наличие смысла отождествляется с адекватностью действия человека в типовой ситуации или выбором эффективного вари-

анта неосознаваемой активности и даже отрефлектированного действия (обратим на это обстоятельство особое внимание, так как далее будет показано его исключительное значение).

Однако когда речь идет о семиотически осознаваемой биологии (СОБ) в любой ее форме (т.е. о любом варианте признания наличия означивания в живых организмах – код-биологии – [Barbieri, 2015], биолингвистике – [Gimona, 2006], биогерменевтике – [Markoš, 2002] и т.д.) требуемым стандартом обоснования становится демонстрация инструментальных методов обнаружения семантики: должны быть алгоритмические процедуры и инструментальные манипуляции, позволяющие различать наличие и отсутствие семантики. Таким образом, существует огромное расхождение в том, как обосновывается наличие семантики в антропосемиотике (включая лингвистику) и во всех вариантах СОБ, т.е. навязывается двойной стандарт обоснования наличия смысла в антропосемиотике и в СОБ (что было предметом специального рассмотрения – [Chebanov, 2019 b]).

Эта ситуация прекрасно продемонстрирована в работе М. Барбьери [Barbieri, 2014]. Обсуждая изучение органических кодов (главную тему этой статьи), он отстаивает «классический метод науки, т.е. механистический подход к построению моделей»¹ [Barbieri, 2014, р. 241]. Однако он одновременно делает несколько утверждений о человеческом семиозисе, например: «Экспериментально установлено, что человеческая культура, и в частности язык, в огромной степени зависят от символов» (р. 40), «Повсеместное и систематическое использование символов действительно уникально для человека» [Ibid., р. 240], «Наконец, впечатляющие данные показывают, что у нашего вида развился третий тип семиозиса – семиозис, основанный на кодировании, интерпретации и языке (человеческий семиозис)» [Ibid., р. 46]. Хотя содержание (но не формулировка) этих утверждений может быть приемлемым, их научная (в понимании М. Барбьери) обоснованность остается под вопросом. Можно ли их действительно считать научными, т.е. выведенными посредством «механистического подхода к построению моделей»? Например, является ли утверждение о том, что «человеческая культура [...] в огромной степени зависит от символов», действительно «экспериментальным фактом»? Как можно научно доказать, что «использование символов [...] присуще исключительно человеку»? Похоже, эти утверждения вытекают не из классической научной методологии, а скорее из здравого смысла, интуиции, культурных традиций (включая их религиозную основу) и идеологических предпосылок. Другими словами, они опираются на интерпретативные способности исследователя, его способности к координации действий с объектом исследования и эмпатическом взаимопреживании исследуемого и исследователя – т.е. способах исследования, принципиально отличных от позитивистской концепции, которую провозглашает М. Барбьери.

¹ Здесь и далее перевод с англ. яз. осуществлен авторами настоящей статьи.

Примечательно, что, когда смысл обнаруживается в человеческом взаимодействии, никто не требует объяснения того, как он вообще существует, какими средствами или как он был обнаружен. Более того, существует древняя и неопределенная традиция рассматривать смысл как нечто идеальное – идеальное, которое, в свою очередь, может интерпретироваться очень по-разному [Дубровский, 2002; Ильенков, 2021; Пивоваров, 2003]. В этом контексте особенно интересно обратить внимание с точки зрения биосемиотики на проблему смысла в психоанализе, в котором обнаруживается, что декларируемый смысл и смысл, фактически мотивирующий поведение, могут резко расходиться [Фрейд, 2005]. Внимательно рассматривая то, что подразумевается под «смыслом» и «идеалом» в указанных контекстах, весьма неожиданным оказывается и их онтологический статус [Шрейдер, 1984]. При этом становится очевидным, что некоторые биосемиотические исследования дают неожиданные и продуктивные ответы на вопросы, относящиеся к этой области.

Эти вводные соображения крайне важны, поскольку они подготавливают наш центральный тезис: *биологические дисциплины сталкиваются с чрезвычайно строгими стандартами доказательности¹ для распознавания смысла* – стандартами, которым никогда не соответствовали даже устоявшиеся лингвистические или семиотические подходы к смыслу в человеческой активности.

Описанная выше проблема была подробно рассмотрена в одной из шести дискуссий, состоявшихся на совместной рабочей сессии «Биология и лингвистика» (Тарту, Эстония, 1978 – [Морозов, 1978]). Организованное по инициативе С.В. Чебанова, К. Кулля и А.П. Левича (см. об экологическом коде – Левич, 1983), это мероприятие в настоящее время считается первой в истории конференцией по биосемиотике. Дискуссия под названием «Противостояние языка и кода» под председательством Ю.А. Шрейдера трактовала концепцию кода так, что это поразительно согласовывается с позже высказанными взглядами М. Барбьери. Важно отметить, что способность к интерпретации в процессе использования была постулирована как определяющая черта языка (триада семантика–синтаксика–прагматика в этих дискуссиях не рассматривалась). В рамках этой дискуссии, например, азбука Морзе была классифицирована как прототипический (в понимании когнитивной лингвистики – см. далее) код, а не как язык. Однако если учесть скорость передачи сообщения азбукой Морзе, его временную согласованность и проанализировать полученный текст на наличие орфографических, пунктуационных и семантических ошибок, становится возможным сделать выводы о личности и психологическом состоянии отправителя – и даже исправить некоторые дефекты в переданном сообщении.

¹ Если уж быть строгими в логико-методологическом отношении, то не доказательности, а обоснованности, построенной преимущественно на показательствах (*demonstratio ad oculos* – [Чебанов, 2017]).

Такие данные могут оказаться чрезвычайно ценными в таких контекстах, как экстремальные переговоры (с терпящими те или иные бедствия, с террористами, изолированными пациентами в критических состояниях и т.п. – [Fisher, Ury, Patton, 2011]). Однако характер, качество и надежность этих выводов полностью зависят от интерпретатора.

Следовательно сообщение, закодированное азбукой Морзе – по сути, прототипический код – обладает четко выраженным лингвистическими свойствами. Важно отметить, что распознавание этих свойств зависит от интерпретативной способности получателя, тем самым размывая теоретическую границу между кодом и языком, строго определяемую в более ранних биосемиотических концепциях.

Позже Ю.А. Шрейдер, развивая свою качественную теорию информации, продемонстрировал, что количество информации, извлекаемой из сообщения, определяется тезаурусом получателя [Кузнецов, Мусхелишвили, Шрейдер, 1999]. Этот принцип наглядно иллюстрируется вышеупомянутым примером.

Основная же идея достаточна проста и наглядна. Рассмотрим, например, стихотворение. Животное может изменить свое поведение, услышав декламацию, возможно, реагируя на ее ритм. Трех-четырехлетний ребенок может распознать стихотворение, даже не понимая языка. Носитель языка может понять лексическое значение входящих в него слов и содержание на уровне семантизирующего и когнитивного понимания [Богин, 2001]. Литературовед может проанализировать его значение в формализованном академическом труде. Эти примеры отражают градацию сложности тезауруса получателя, причем число ступеней такой градации легко значительно увеличить. При этом богатство тезауруса определяется не только присутствием и активностью лексических единиц, но и представленностью семантических и прагматических структур разного уровня.

С учетом этих наблюдений и предложения Шрейдера, фундаментальное различие между кодом и языком заключается не в семантике, а в прагматике. Одна и та же семиотическая система может функционировать как код или язык в зависимости от прагматического контекста – именно потому, что прагматика сосредоточена на получателе сообщения, изменяющимся под воздействием перлокутивных эффектов [Остин, 1986; Сёрль, 1986]. В молекулярно-генетических процессах роль реципиента-интерпретатора семиотического типа могут выполнять такие механизмы, как подсчет теломеров [Седов, Чебанов, 2003; The relationship, 2025]; весьма примечательно, что при присуждении в 2009 г. Нобелевской премии по медицине Э. Блэкберн, Дж. Шостаку и К. Грейдер, работа А.М. Оловникова – [Оловников, 1971] – была проигнорирована).

Это подводит нас к еще одному чисто лингвистическому замечанию. Значительная часть дискуссий лингвистов о языке, семиотике и природе языковых систем преимущественно сосредоточена на языке, используемом образованными людьми, – как правило, не просто образованными, а

высокоинтеллектуальными и творчески активными носителями языка. Однако большинство людей используют тот же язык принципиально иным образом: они общаются посредством в значительной степени десемантизованных команд, которые просто воспринимаются и буквально выполняются с минимальной интерпретативной обработкой.

Интерпретация фактически может даже нарушить прагматику коммуникативной ситуации. Рассмотрим, например, русское слово «кругом», которое буквально обозначает поворот на 360 градусов (что соответствует его этимологической форме), но при этом выполняет функцию военного приказа на выполнение поворота на 180 градусов – прямое противоречие его внутренней форме. В таких случаях не может быть и речи о свободе выбора плана выражения, поскольку эта возможность исключается институциональным регулированием. Для значительной части носителей языка языковое взаимодействие ограничивается обменом подобными командными высказываниями, что делает любой выбор между планами выражения – или даже само понятие такой свободы – совершенно нерелевантным. Таким образом, язык здесь предстает как код. Это важное наблюдение, поскольку, когда лингвисты строят теории о природе, структуре и функции языка, они неявно имеют в виду ничтожно малую долю носителей языка, способных реализовать весь его потенциал. Подавляющее большинство, напротив, использует язык как конечный набор императивных конструктов, так что их речь оказывается, возможно, даже более примитивный, чем некоторые внутриклеточные геномные регуляторные («кодовые») процессы.

Представляется важным обратить внимание на это обстоятельство по крайней мере в двух аспектах.

Во-первых, нужно отметить лидирующее положение в современных разработках, связанных с языком, когнитивной лингвистики. Различая ядро и периферию, примитивы и производные конструкции, типичное и редкое и т.д., когнитивная лингвистика во всех своих направлениях делает ставку на ядерное, типичное, прототипическое, примарное, клишированное, характерное и т.п. [Скребцова, 2018]. В результате оказывается, что проводимые на основании такой установки исследования позволяют охватить подавляющую долю изучаемого эмпирического материала (устной – спонтанной и подготовленной – и письменной или печатной речи). При этом оказывается, что невозможно даже оценить долю речевого материала, который не укладывается в описание с помощью ядерных (прототипических) конструкций и оказывается, что намеренное использование всех языковых изысков (таких как идиомы, уникальные – не стертые, не застывшие – метафоры и другие тропы, аллюзии и т.п.), ориентируясь на которые принято говорить о безграничной образности языка, – редчайшие

исключения, свойственные речи узкого круга наиболее образованных и творческих людей¹.

Таким образом, во-вторых, мы можем утверждать, что язык, понимаемый как семиотическое средство, включающее интерпретацию (семиозис), может ситуативно функционировать как код, содержа, таким образом, в себе встроенные кодовые структуры (являющиеся абсолютными универсалиями). Эта двойственность поднимает еще один вопрос: могут ли высокосложные коды или композиции кодов порождать интерпретативную феноменологию? Другими словами, могут ли определенные кодовые системы проявлять свойства лингвистически-семиотической агентности [Шаров, 2022]?

Примечательно при этом то, что если для дискуссий о знаковости в биологии в 1970–1980-е годы был принципиален вопрос о наличии в биосемиозисе вторичного семиозиса (например, тропических средств), то с позиций когнитивной лингвистики важно наличие ядра и периферии. В этом контексте стандартный (канонический) генетический код является таким ядром, в то время как альтернативные генетические коды [Koonin, Novozhilov, 2017] составляют периферию.

Весьма показательно то, что абсолютно аналогичные дискуссии существуют на противоположном полюсе СОБ – при изучении поведения (в том числе, коммуникативного) высших животных, что можно проанализировать на примере многолетней дискуссии двух отечественных специалистов. Е.Н. Панов отстаивает представление о том, что основу поведения животных составляют сигнального-кодовые процессы [Панов, 2023], в то время как В.С. Фридман рассматривает аргументы и в пользу наличия семиозиса [Фридман, 2012].

При этом оказывается, что сама идея «правильного» или «неправильного» понимания в антропосемантике представляется бесконечно спорной, фундаментально неопределенной и теоретически бесплодной. Более продуктивный подход требует полного переосмысливания вопросов семантики.

Это можно проиллюстрировать на примере двух ситуаций. Сценарий первой из них таков: участники вступают в семиотическое взаимодействие, сохраняя взаимную готовность к продолжению коммуникации, хотя они могут обмениваться обвинениями вроде «Вы меня неправильно понимаете!» или «Вы искажаете мои мысли!», но при этом продолжать взаимодействие. Несмотря на поверхностные разногласия, такое общение следует

¹ Сказанное не исключает того, что и в речи не очень способных к тонким различиям людей могут встречаться указанные речевые изыски. По отношению к такому материалу возникает вопрос о его частоте, роли рефлексии для его фиксации, способах активизации порождения таких ситуаций (языковые игры, актуализации этимологий и т.д., техники рефлексивного мостика и выхода в новое духовное состояние из числа техник понимания – [см. Богин, 2001]).

считать успешным именно потому, что оно поддерживает семиотический обмен. Второй сценарий: участники могут полностью прекратить общение, осознав его неинтересность или утомительность и выйти из него. В этом случае взаимодействие терпит неудачу, независимо от любого минимого «понимания», которое могло бы иметь место. Подобное различие предполагает, что семиотическую эффективность следует измерять не каким-то недостижимым идеалом совершенного понимания, а просто продолжением или прекращением взаимодействия.

Традиционная озабоченность правильностью взаимного понимания становится неактуальной, когда мы признаем, что: 1) одинаковое понимание невозможно при работе с нюансированными значениями; 2) различная степень (не) понимания может все равно поддерживать длительное взаимодействие. Прагматическое поддержание коммуникации оказывается более важным, чем концептуальная точность. Ярчайшим примером того, что прагматические (перформативные) эффекты продолжения семиотического взаимодействия имеют большую смысловую нагрузку чем собственно семантические компоненты сообщения являются 1001 (точнее 999) рассказов Шахерезады, позволяющие ей сохранить жизнь.

Этот прагматически обоснованный взгляд на семиантику, при котором смысл возникает из устойчивого взаимодействия, а не из референциальной точности, позволяет связывать семиотические процессы с их последствиями в мире эмпирических референтов. С 1960–1970-х годов этот подход развивался в работах Дж. Л. Остина [Austin, 1962] и Дж. Сёрля [Searle, 1969] посредством различия удачных / успешных и неудачных / искаженных / испорченных (осечки и препятствия) речевых актов.

В связи с этим можно отметить возможность еще одного взгляда на семиантику в биологии, фактически развивающем А.А. Шаровым [Корнев, Чебанов, 2023; Обсуждение ..., 2023; Шаров, 2023; Sharov, Tønneson, 2021]. Он заключается в том, что за основу берется самое общее представление о семиантике, которое как-то соотносится с биологическими представлениями, а далее развивается концепция такой биологической семиантике, которая ни идеально, ни терминологически не соотносится с лингвистикой, семиантикой или какими-либо иными подобными дисциплинами.

Другой аспект семиантике развивался в логике – как традиционной, так и математической. Выдающийся специалист по математической логике В.А. Успенский, много лет сотрудничавший с лингвистами, изучал убедительность высказываний, составляющих речевые акты. Анализируя соотношение логики, доказывающей свои утверждения, и риторики, убеждающей собеседника в истинности тезиса, он показывает, что доказательством может считаться только то, что данное сообщество считает убедительным [Успенский, 1967, с. 8]. Тем самым стирается граница между доказательством и убеждением, преодолевая фетишизм истинности дока-

зательства в аксиоматических системах. В этом случае истина оказывается контекстно-зависимой.

Более того, каждое новое сообщество порождает свой собственный, особый контекст. Историческое развитие представлений о контексте заслуживает особого внимания. Первоначально возникнув в рамках семантических представлений, понятие контекста оказалось не поддающимся операционализации посредством эксплицитных определений. В результате были предприняты попытки перенести понимание контекста в область синтаксиса, что в общем случае также не увенчались успехом. В конечном счете, контекст обнаруживает себя как исключительно прагматическая категория [Van Dijk, 2008], поскольку изменение прагматики приводит к немедленной трансформации контекста, что влечет все вытекающие последствия.

Проводя биологические параллели, можно определить контекст как состояние умельта [Uexküll, 1909], возникающее в условиях данной прагматической (коммуникативной) ситуации.

Таким образом, можно заключить, что тип используемой семантики (кодовой или знаковой) определяется не только внутренними свойствами используемых семиотических средств, но и прагматическим контекстом их применения. Примечательно, что некоторые пионеры биосемиотики (например, Э.А. Зеликман на упомянутой выше встрече «Биология и лингвистика») еще в 1970-х годах характеризовали простейшие семиотические средства живых организмов как обладающие только прагматикой (лишенные семантики и синтаксики – см. дальнейшее обсуждение).

2. Что такое смысл в генетическом коде?

После необходимой лингво-семиотической преамбулы можно перейти к рассмотрению самого генетического кода и обратиться к тому, что «делает» генетический код. Для того, чтобы это понять, обратимся к карте метаболических путей (рис. 1).

На ней изображены формулы органических веществ, присутствующих в клетках живых организмов, и связывающие их биохимические реакции, превращающие одни вещества в другие. Для каждого такого превращения требуется как минимум один белковый фермент, катализирующий соответствующую реакцию, и каждый такой белок кодируется соответствующим геном или группой генов. Приведенный на рисунке набор реакций характерен для каждой клетки как одноклеточных, так и многоклеточных организмов, хотя некоторые блоки реакций могут отсутствовать в некоторых клетках в силу их дифференциации, в то время как другие типы клеток могут обладать дополнительными метаболическими блоками.

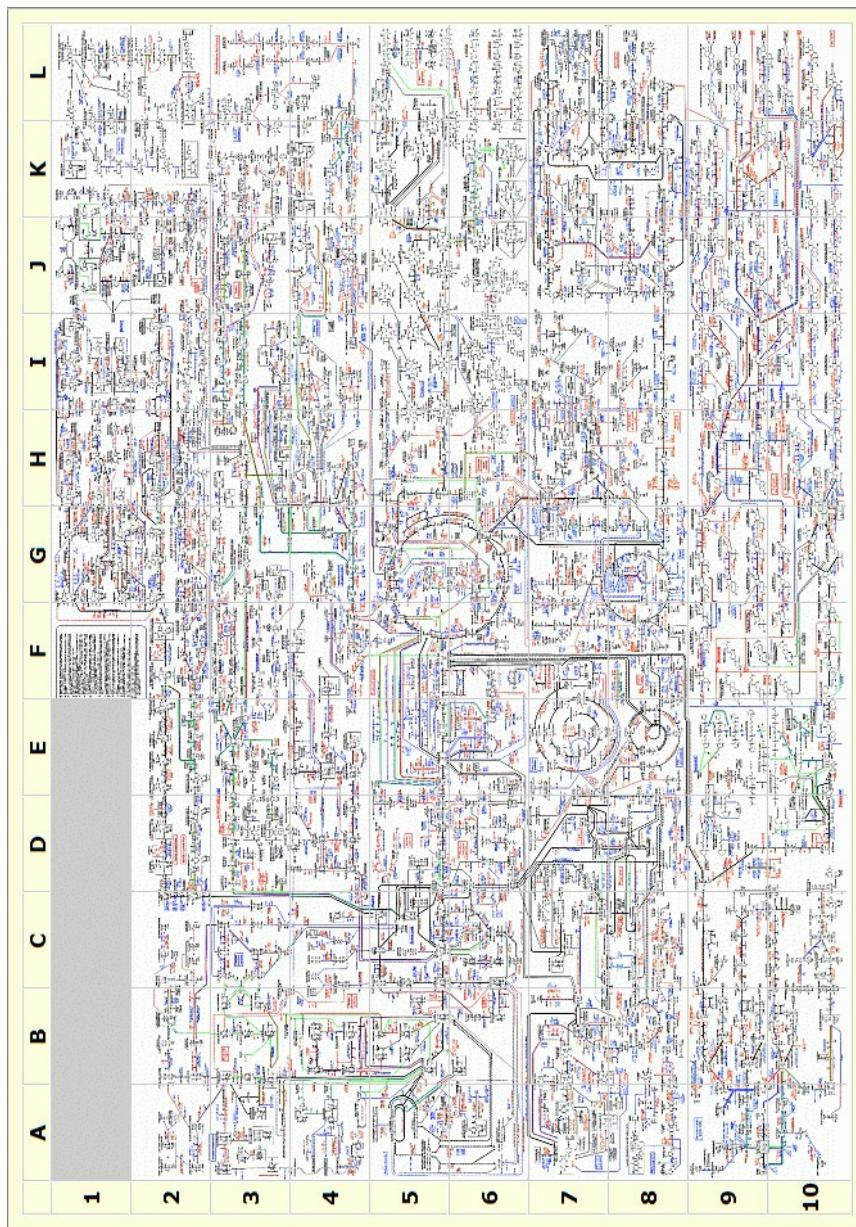


Рис. 1.
Общие пути первичного метаболизма
(https://dytiscience.narod.ru/Chemistry/Metabolic_maps.htm)

Для обеспечения бесперебойного протекания всех этих процессов биохимические реакции пространственно разделены мембранами на небольшие области, называемые компартментами. Некоторые из наиболее важных компартментов представлены органеллами, такими как митохондрии, ядро, лизосомы, вакуоли и т.д., окруженными собственными мембранами. Для того, чтобы это образование стабильно функционировало необходимо сложнейшая ее организация, обеспечивающая регуляторное протекание метаболических процессов и точную во времени активацию специфических генов, выполняющих как регуляторные, так и структурно-строительные функции.

Кроме того, следует все время помнить о том, что с момента появления жизни (по крайней мере с архея, если не принимать во внимание аргументы сторонников панспермии – [Розанов, 2023]) существует непрерывная преемственность функционирующих клеток. Таким образом, как сформулировал А.Г. Гурвич [Gurwitsch, 1914], организм – это динамически преформированная морфа – сложное организмическое образование, наследующее в каждом своем текущем состоянии черты предшествующего морфо-функционального состояния¹ данного организма или организма предыдущего поколения. Определенные мембранные структуры – митохондрии с собственной ДНК и миторибосомами, предварительно сформировавшиеся компартменты с уже запущенными процессами, присутствуют в гаметах и передаются вновь возникающей зиготе. С этого момента эти структуры могут только размножаться (или погибнуть), и в ходе этого размножения они могут дифференцироваться и претерпевать дальнейшие преобразования, которые будут зависеть от предыдущих состояний организма.

Фактически, синтез и деградация нуклеиновых кислот также являются неотъемлемой частью такого динамически преформированного метаболического процесса и всех связанных с ним явлений. Эти обыденные, рутинные биосемиотические события, охватывающие в том числе и геном, в настоящее время сопоставляются со строительными лесами, обеспечивающими и формирующими биологическую организацию [Hoffmeyer, 2015].

Принципиально важно признать, что непосредственно геном является активным участником – своего рода механической конструкцией «винтиков и колесиков» – этого метаболического процесса, тогда как генотип является чисто идеальной сущностью. В этом отношении принципиальна работа А.А. Любищева, которой в этом году исполняется 100 лет, «О природе наследственных факторов» [Любищев, 1925], скрупулезно показывающая идеальную природу генов. Более того, оказывается, что при соотнесении генетических категорий с лингво-семиотическими обнаруживается важная

¹ Развивая эти идеи, соратник А.Г. Гурвича В.Н. Беклемищев говорит о биологической форме как морфопроцессе [Беклемищев, 1994, с. 37]; (о связях идей Гурвича и Беклемищева см. [Любищев, 2021]).

параллель: различие эмических и этических единиц в лингвистике и семиотике в точности соответствует соотношению генотипа и генома.

Это концептуальное различие артикулировалось постепенно – оно намечено в «Курсе общей лингвистики» [Соссюр, 1977], подробно разработано на фонетическом материале Н.С. Трубецким [Trubetzkoy, 1939], детально представлено в глоссематике Л. Ельмслева [Hjelmslev, 1961]. Однако наиболее последовательно и формализовано оно разработано американским лингвистом К.Л. Пайком [Pike, 1954]. Сущность этого различия заключается в следующем.

При рассмотрении звуков артикулированной человеческой речи мы сталкиваемся с фундаментальной двойственностью: с одной стороны, присутствуют акустические сигналы, которые можно регистрировать физическими инструментами, а с другой – существуют некие глубинные сущности, воспринимаемые носителями данного языка (и упускаемые из виду неносителями, которые могут воспринимать их как бессвязное бормотание). Эти сущности, позволяющие проводить лексические различия, например, «cat» и «cut», квалифицируются как фонемы: чистые идеальные единицы, лишенные каких-либо физических свойств и определяемые исключительно через системные оппозиции внутри языка. Р. Якобсон [Якобсон, 1958] категоризировал их как семантические инварианты.

Если проследить философские корни этой концепции, то фонемы соотносятся с представлением о форме у Аристотеля, а их конкретные реализации соответствуют фигурам – фигурам Ельмслева [Ельмслев, 2006] или тагмемам Пайка [Pike, 1954]. Это же противопоставление соответствует основополагающему различию Гёте [Гёте, 1957, с. 20–57, 100–184, с. 10–11, 218, 511] анатомии (изучения эмпирических структур отдельных особей) и морфологии (изучения умозрительно постигаемых форм, присущих классам объектов) – дихотомией, которую он поместил в центр сравнительного естествознания.

Аристотель полагал, что человек обладает особым органом чувств, воспринимающим форму, – умом [Аристотель, 1981, Книга 1]. Таким образом, в то время как акустические звуки воспринимаются ушами, фонемы постигаются умом. Эта структура выявляет четкую параллель между генотипом как формой и геномом как фигурой. Таким образом, как было отмечено, генотип соответствует эмическим единицам языка (абстрактным, ментальным различиям), в то время как структурные единицы генома соотносятся с этическими единицами (наблюдаемыми, физически измеряемыми признаками).

Итак, имеется ДНК, локализованная в хромосомах (чтобы не делать изложение громоздким ДНК митохондрий и пластид рассматриваться сейчас не будет). В процессе транскрипции синтезируются разные типы РНК, комплементарные определенным сегментам ДНК. Наиболее важными из них являются матричные РНК (мРНК), служащие для трансляции последовательности нуклеотидов в последовательность аминокислот. Относи-

тельно небольшие транспортные РНК (тРНК) связываются по правилам комплементарности нуклеотидов с этими мРНК и, проходя в составе образовавшегося комплекса через рибосомы, участвуют в синтезе белка. Наша интерпретация этих процессов очень близка к интерпретации М. Барбьери [Barbieri, 2014, p. 43].

Транспортная РНК (тРНК) обладает характерной структурой, состоящей из трех конструкционных петель, образованных за счет комплементарного спаривания оснований внутри молекулы. Одна из этих петель содержит антикодоновую последовательность, которая служит адаптером, специфически распознающим и связывающимся с комплементарным кодоном на мРНК. 3'-конец молекулы тРНК имеет акцепторный стебель, к которому соответствующая аминокислота ковалентно присоединяется аминоацил-тРНК-синтетазой.

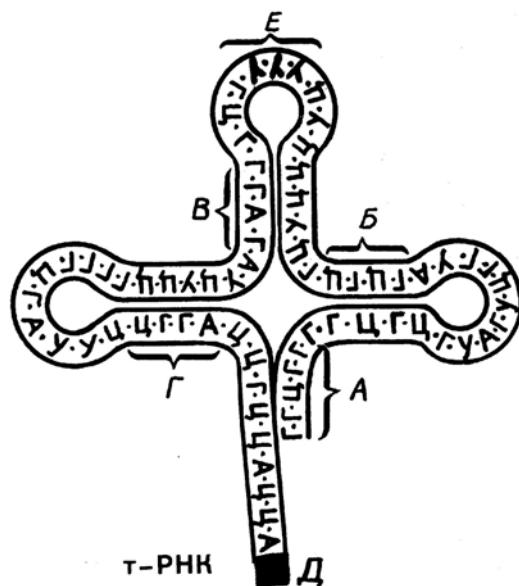


Рис. 2.

Схема строения т-РНК. Е – адаптер – антикодон, комплементарный триплету м-РНК, Д – акцептор.

Режим доступа: <http://sbio.info/materials/obbiology/obbkletka/obmenvesh/20>
(Дата обращения 25.08.2025).

Трансляционный комплекс состоит из мРНК с несколькими тРНК (каждая из которых несет свои специфические аминокислоты), связанными с соответствующими кодонами. Этот комплекс обрабатывается рибосомой (или, что более типично, полирибосомой – несколькими рибосомами, одновременно транслирующими одну мРНК). В ходе этого процесса

аминокислоты переносятся с тРНК на растущую полипептидную цепь. При этом рибосома катализирует образование пептидных связей между соседними аминокислотами, в результате чего полипептидная цепь удлиняется и по окончанию трансляции мРНК выходит из рибосомы.

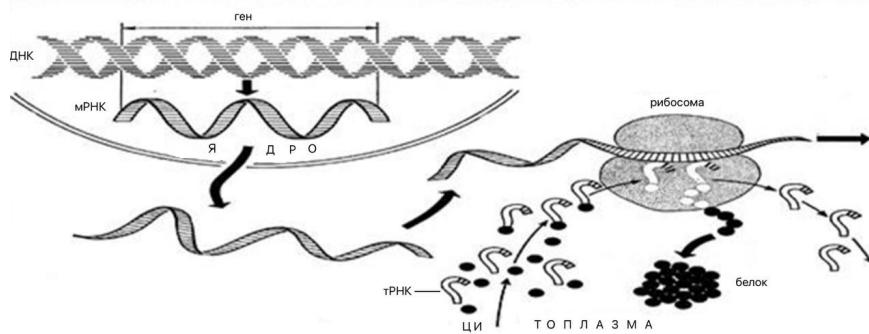


Рис. 3. Схема биосинтеза белка.

После переноса аминокислот теперь незаряженные аминокислотой тРНК высвобождаются обратно в цитоплазму для перезарядки и повторного использования в последующих циклах трансляции. Синтезированный полипептид претерпевает посттрансляционные модификации, включая: 1) сворачивание белка; 2) протеолитический процессинг; 3) потенциальный сплайсинг (для интегин-содержащих белков); 4) различные химические и стереохимические модификации. Этот процесс трансляции представляет собой важнейший заключительный этап преобразования генетическую информацию в функциональные белковые продукты в соответствии с центральной догмой молекулярной биологии.

Далее наше обсуждение сосредоточится на тРНК как на ключевом элементе семиопозиса. Позиция, сформулированная и развиваемая много лет С.В. Чебановым (которая отличается от многих аналогичных интерпретаций), заключается в том, что все процессы, связанные с ДНК, различными типами РНК и синтезом / функционированием тРНК представляют собой различные способы перевыражения (ср. роль перевыражения в герменевтике – [Богин, 2001]) в рамках плана выражения. На этом уровне подлинной семантики вообще не существует. Эта позиция полностью согласуется с точкой зрения М. Барбьери [Barbieri, 2014, p. 243]: *здесь не происходит никаких семантических преобразований, а происходит чистое перекодирование, подчиняющееся жестким, практически однозначным правилам соответствия, основанным на физико-химических взаимодействиях.*

Таким образом в этой области предметом исследования является исключительно очень сложно организованное тело знака (семантофор), осо-

бо гостеприимное для смысла, представляющее значительный теоретический интерес [Чебанов, 2005; Chebanov, 2004].

В связи с этим крайне примечательно то, что современное состояние семиотики обнаруживает своеобразный парадокс: семиотика как отдельная дисциплина в значительной степени пренебрегает изучением тела знаков (транспаранта, экспонента, сигнального референта), делегируя эту задачу физике, химии, инженерным наукам и т.д. При этом существуют редкие исключения, такие как фонетика. Однако фонетики могут работать на физических или математических факультетах, оказываясь институционально отделенными от лингвистов.

Еще более радикальный разрыв отделяет лингвистику от изучения письменной речи, поскольку исследования письма попадают либо в сферу интересов психологии и школьной педагогики, либо в сферу палеографии (которой занимаются узкоспециализированные ученые, лишь изредка взаимодействующие с лингвистами), либо в сферу типографики полиграфических (технических) институтов.

Таким образом, оказывается, что семиотика фактически отдалилась от изучения тел знаков.

В биологии, однако, сложилась противоположная ситуация. Материальные субстраты, которые биосемиотики интерпретируют как тела знаков, изучены досконально, однако сопоставление эмпирических данных о функциональной нагрузке этих субстратов с концептуальным предположением о плане содержания оказывается в силу неожиданности весьма сложной задачей для биологов [Чебанов, 2004]. Это выявляет еще одну фундаментальную асимметрию между антропосемиотикой и биосемиотикой. В антропосемиотике (особенно в рамках соссюровской традиции) наблюдается заметное пренебрежение – даже намеренное нежелание – изучением материала плана выражения знаков [Соссюр, 1977, с. 61, 98–100]. Биология же демонстрирует противоположную тенденцию: физические субстраты подвергаются тщательному изучению, в то время как сами обсуждаемые семиотические представления часто отвергаются как спекулятивные фантазии маргинальных мыслителей.

Что же тогда представляет собой план содержания в биологии? Как представляется, он охватывает все последующие процессы, связанные с синтезированными белками, а именно клеточный метаболизм (мы пока будем рассматривать межклеточный и внеклеточный метаболизм как производные от клеточного метаболизма). Именно здесь возникает семантика. Критерий успешного семиотического существования отражает то, что обсуждалось в контексте человека: жизнеспособность клеток зависит от того, сохраняют ли клетки и клеточные структуры способность продолжать взаимодействие, сохраняются ли они как интегрированные клетки, а не распадаются на органеллы, и поддерживают ли тканевую связность, а не распадаются на отдельные клетки. Такой распад на составляющие органеллы указывает либо на: 1) неудачный / искаженный семиотический

акт (когда перформативные эффекты не соответствуют иллютивным на- мерениям), либо, наоборот, 2) удачный / успешный семиотический акт, если предполагаемым сигналом был запрограммированный клеточный автолиз.

Таким образом, семантика возникает только в тот момент, когда аминокислоты, функционирующие как протосемы, оказываются присоединенными к тРНК. Это представляет собой акт зарождения зачатка семантики. Настоящее разворачивание семантики происходит, когда эти аминокислоты-протосемы складываются в функционирующие белки, которые участвуют в метаболических процессах. Именно это метаболическое взаимодействие и составляет биологический смысл. Этот центральный тезис о природе смысла составляет основу дальнейшего обсуждения.

Для осуществления описанного процесса необходимо согласование множества факторов pragматически понимаемого контекста. Помимо наличия всех фракций РНК, аминокислот, свободных рибосом в требуемых количествах, критически важными переменными являются: уровень pH, доступность необходимых ионов, определенные температурные диапазоны и другие физико-химические параметры.

В зависимости от принятой картины мира такая контекстуальность может быть интерпретирована по-разному: как обычный физико-химический процесс (некоторые исследования в этой области удостоены Нобелевской премии по химии), специализированное информационное событие, результат включения дополнительных кодов, специализированные группы коннотаций в семиотическом понимании. В последнем случае можно проводить соотнесение характеристик обсуждаемых процессов с конкретными компонентами семиотических средств (см. далее рис. 4), что еще более полно соответствует программе биосемиотических исследований.

Однако функциональные превращения и активность синтезированных полипептидов разворачиваются в определенной среде. Поведение биологических макромолекул указывает на то, что эта среда не может быть сведена к физическому миру в традиционном понимании, а ее можно трактовать как умельт в понимании Я. фон Икскюля [Uexküll, 1909], побуждая рассматривать, скажем, внутриклеточный умельт (иdea, развиваемая К. Куллем – см., напр., [Kull, Tögor, 2011]).

Такое рассмотрение поднимает как минимум три интересных вопроса.

Во-первых, в микроскопических масштабах молекулярные сущности начинают проявлять макроскопические эффекты. Такова хромосома: отдельная макромолекула (со связанными лигандами), демонстрирующая макроскопическую морфологию (измеряемую в микрометрах) и существующая внутри специализированного ядерного умельта. В связи с этим можно вспомнить парадоксальное (с точки зрения физика) утверждение Шрёдингера о том, что живая клетка уникальна тем, что микросостояние одной молекулы может определять состояние макрообъекта [Schrödinger, 1944].

Во-вторых, само состояние клеточного вещества не поддается традиционным физическим описаниям. Мембранны со структурой коллоидов в состоянии золя пронизывают клетку, в то время как межмембранные пространства заполнены коллоидами в состоянии геля. Ни то, ни другое не соответствует стандартным категориям агрегатного состояния. Это представляет собой серьезную концептуальную проблему: биологические и физические категории здесь скорее расходятся, чем находятся в соответствии. В частности, А.А. Ухтомский рассматривал аналогичные проблемы в своих исследованиях внутриклеточных хронотопов (категория, сопоставимая с умельтом Я. фон Иксколя), подчеркивая схожие разрывы между биологической организацией и физическими структурами [Ухтомский, 1934].

Так или иначе, место, в котором находится рибосома и где происходит синтез полипептида на матрице мРНК с доставкой аминокислот тРНК (т.е. там, где возникает семантика), – проявляет весьма необычные и континуитивные свойства (о связи рибосом и микротрубочки см., напр., [Чудинова, Надеждина, 2018]).

Подводя итог, важно подчеркнуть, что все сущности и процессы, связанные с ДНК, – включая матричный синтез на ней мРНК и тРНК, их специфические свойства и связанные с ними биохимические процессы характеризуются двумя фундаментальными особенностями.

Во-первых, эти элементы принадлежат к плану выражения того, что принято называть генетическим кодом. Только аминокислоты, временно присоединенные к тРНК, или факторы инициации / терминации транскрипции (в случае бессмысленных кодонов), можно рассматривать как аналоги сем – биосинтетических протосем, семантика которых либо проявляется, либо «растворяется» в функциональных свойствах синтезируемых пептидов и организуемых ими метаболических процессах.

Во-вторых, вышеупомянутые нуклеиновые кислоты, пути их синтеза и механизмы взаимодействия управляются комплементарными соответствиями, лишенными собственной семантики. Семантика возникает исключительно благодаря присоединению к тРНК аминокислот, которые впоследствии становятся структурными единицами синтезируемого пептида.

В связи с этим можно сформулировать следующий тезис и несколько уточняющих положений.

Ключевым элементом семиозиса на уровне триплетов является тРНК. Сама тРНК является компонентом процессуального тела знака. Важнейшие компоненты тРНК – это антикодон и акцептор. При этом **триплеты ДНК, служащие матрицами для антикодонов тРНК, и эти антикодоны находятся в произвольных (с определенными предпочтениями) отношениях с акцепторами тех же тРНК.** Это определяет тот факт, что физико-химические свойства триплетов нуклеотидов ДНК и кодируемых ими аминокислот или знаков транскрипции (а соответственно физико-химические свойства участков ДНК и синтезируемых на них пептидов) находятся во взаимно трансцендентных отношениях, характерных

для отношений между планом выражения и планом содержания (хотя все эти компоненты принадлежат плану выражения). Однако, акцептор, в свою очередь, не только однозначно связан с аминокислотой, но и время от времени (при присоединении к нему аминокислоты) связывает структурный компонент плана выражения (акцептор) с аминокислотой, которая, выступая в качестве протосемы, принадлежит плану содержания. Таким образом, структура тРНК выступает в качестве эмблемы семиотичности на уровне триплетов: антикодон является важнейшим звеном плана выражения, в то время как акцептор время от времени вступает в контакт с планом содержания.

Таким образом, подавляющее большинство процессов, связанных с функционированием генетического кода, полностью относится к области того, что М. Барбьери называет код-биологией [Barbieri, 2015], в которой семантика является строго посттрансляционным эпифеноменом. Однако, это не означает отсутствия интерпретации, хотя она и может быть единственной (т.е. это вырожденный вариант интерпретации).

3. Фундаментальные свойства биологического смысла

Прежде всего, из предыдущего обсуждения следует, что смысл (биологический или иной) нужно понимать как фундаментально процес-суальный по своей природе. Более того, смысл может существовать только синхронно как с отправителем, так и с получателем сообщения, т.е. в процессе активного взаимодействия. Это представляет собой своего рода обходной механизм (аналогичный шунтированию в различных интерпретациях) по отношению к физико-химической активности – будь то преднамеренное действие или спонтанные процессы.

Более того, этот принцип применим не только к процессам, происходящим в живых существах, но может быть полностью распространен и на категорию смысла в человеческой речи.

Однако, как отмечалось ранее, при этом сохраняется двойной стандарт в том, как мы приписываем смысл: когда люди утверждают, что смысл существует в данной ситуации, это утверждение обычно не требует дополнительных доказательств. Однако, когда мы постулируем смысл во взаимодействиях между живыми организмами или биохимическими процессами, это неизменно вызывает множество вопросов и требований строгого обоснования.

Именно здесь можно было бы обсудить, как подход семиотически осознаваемой биологии способствует исследованию так называемой психофизической проблемы. Однако этот вопрос не является предметом настоящей статьи, и поэтому мы отметим лишь одно критически важное наблюдение: именно с этого момента должно начинаться рассмотрение психофизической проблемы.

Представленный подход подчеркивает наличие двух способов существования смысла и их различие. Наличие этого шунта конституирует знавковость как таковую, одновременно разграничивая то, что принадлежит авторским плану содержания и плану выражения, а что плану восприятия и плану выражения реципиента (рис. 4). Он также показывает, как план выражения трансформируется в план восприятия и как синтезируется новый план содержания, обеспечивающий координацию (или ее отсутствие) деятельности (подробнее см. [Chebanov, Kuznetsova, 2026]).

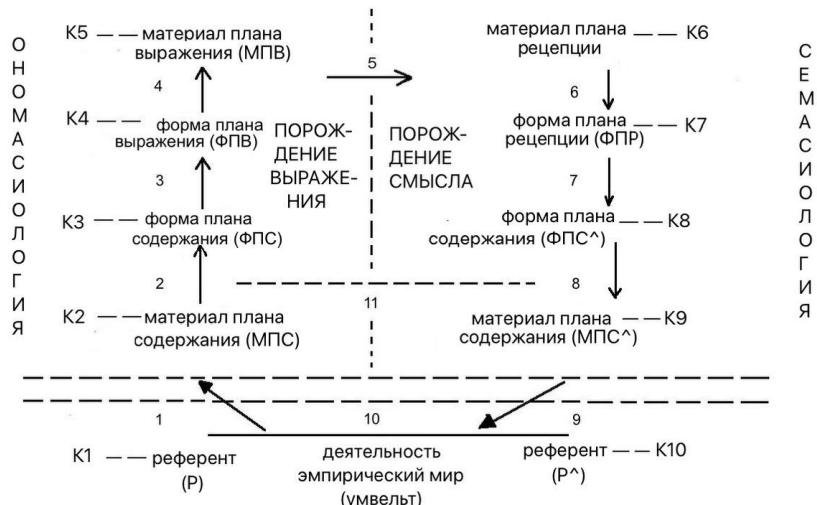


Рис. 4.
Коммуникативно-глоссематическое представление
семиотического средства

Различие этих двух способов существования смысла приводит к выводу о том, что эта координация сохраняется лишь до тех пор, пока участники сохраняют вовлеченность во взаимодействие, интерес к его поддержанию. Как только оно перестает их интересовать, они отстраняются, что служит индикатором либо принятого решения о прекращении взаимодействия, либо просто потери интереса и выхода из коммуникативной ситуации посредством ее игнорирования. Такая модус семантики может быть соотнесен именно с русским концептом [СМЫСЛ], который не переводим в терминосистемы других языков¹ и может быть проинтерпретирован в

¹ Вообще раскрытие представления о смысле – отдельная задача, которая в этой работе не решается. Выскажем самые общие соображения для того, чтобы можно было представить фон, на котором идет изложение авторами тематики данной статьи. В самом общем виде смысл (чего-либо) может пониматься как совокупность всех отношений [Уёмов,

принятой лингво-семиотической терминологии как meaning as sense [Gorokhovskaya, 2012].

4. Интенсиональные алфавиты, слова и словари

При передаче биологического смысла и в некоторых случаях манипулирования семантикой у человека используются специализированные алфавиты и построенные с их помощью лексические единицы, которые можно назвать интенсиональными и которые оказываются непосредственно связаны с обсуждаемыми проблемами, так как к этому классу объектов относятся, среди прочего, основания нуклеиновых кислот. Эти представления с различных точек зрения длительное время разрабатывались С.В. Чебановым, а окончательное их формулирование произошло после десятилетней работы (1980-е годы) под руководством Т.Г. Петрова.

В 1960-х годах Т.Г. Петровым была разработана информационная система представления и поиска фактографической информации (ФИПС) о химическом составе горных пород [Петров, 1972], возможности использования которой впоследствии были расширены до практически любой мыслимой области. В системе использовался принцип упорядочения, ос-

1963], свойственных этому «что-нибудь» (в том числе и миру в целом). Понятно, что этот смысл необозрим и неисчислим, а тот или иной индивид осваивает только часть из них. Если никаких отношений предъявленного (в ситуации, тексте, событии и т.д.) с чем-то иным человек не различает, то он квалифицирует это как отсутствие смысла, точнее, отсутствия смысла им распознаваемого, охватывающего какую-то часть существующих отношений. Такой смысл является предметом изучения в семантике как некоторой философско-мировоззренческой дисциплине, пересекающейся с психологией (прежде всего психологией бессознательного). Семантика при этом изучается в неразграфленном виде, но в ней могут обнаруживаться какие-то потоки смысла, потоки сознания и т.п., к которым можно время от времени подключаться, что-то черпать из них и т.д. (см., напр., [Налимов, 2018]). Для закрепления работы со смыслом в культуре используются те или иные семиотические средства, которые могут быть устроены как палитра или алфавит [Чертов, 2014]. Язык, как и другие семиотические средства типа алфавита, задает набор дискретных единиц плана выражения, которые разграфляют смысл. В таком виде в смысле можно выделять значения, семы, семантические множители и т.д., привязывая их к морфемам, словам, словосочетаниям, синтаксическим конструкциям и т.д. С точки зрения герменевтики эти грамматические компоненты задают некоторый обязательный набор ноэм, который связан с данным текстом или другой семиотической конструкцией [см. Богин, 2001]. Их обнаружение обеспечивает семантизирующее и когнитивное понимание, выявляющее часть смыслов, связанных с данным текстом (сообщением). Далее в конкретной коммуникативной ситуации и в определенном текущем состоянии человека возможно в результате некоторого эвристического толчка, озарения, инсайта, откровения возникновение распредмечивающего понимания [см. Богин, 2001], для которого уже не имеет значения использованный способ семиотизации, вербализации, оязыковления и могут проявиться составляющие смысла, непредставленные в разграфленном смысле. Вот этот пласт семантики и стоит в первую очередь за русским концептом [СМЫСЛ].

нованный на периодической таблице как на алфавите, где водород (первый элемент) служил эквивалентом буквы «А», за ним следовали элементы гелий, литий, бериллий и т.д. в порядке их расположения в периодической таблице. Определенная горная порода или другой подобный объект (например, минерал или тела живых организмов определенного биологического вида) представлялись в виде ранговой формулы состава, в которой символы химических элементов располагались в порядке падения их содержания в описываемом объекте. Полученные формулы упорядочивались в порядке алфавита таблицы Менделеева. Таким образом, формулы состава располагаются в алфавитном порядке, но в отличие от общепринятого мнения (хотя эта точка зрения оспаривается, что является отдельным вопросом) в частности, от лингвистического представления о том, что общепринятые алфавиты являются произвольными и внешними, а алфавитное сходство между названиями не имеет смысла, – в данном случае алфавитное сходство формул дополнительно указывает на близость химического состава и фундаментальных свойств веществ. Возникает отдельная дискуссия о том, имеет ли начало или конец такого интенсионального «слова» большее значение, хотя это и является внутренним дисциплинарным вопросом, ср. [Горбань, 2016; Петров, 1972; Петров, 2015]. Однако, так или иначе становится возможным определять интенсиональные алфавиты, интенсиональные слова и строить интенсиональные словари на их основе. Это построение в общем виде было подробно описано [Чебанов, Петров, 2013]. Аналогичные подходы применимы к гранулометрическому составу – при анализе горных пород, почв, песков и т.д. – где требуется характеристика гранулометрического состава. Процедура включает просеивание через калиброванные сите, каждое из которых обозначено определенными символами, что позволяет выразить гранулометрический состав посредством аналогичных формул. Та же логика распространяется и на демографический состав [Петров, 2015].

Сказанное напрямую связано с построением последовательностей оснований ДНК и аминокислотных цепочек белков – по сути, операцией с интенсиональными алфавитами. Следовательно, можно сделать множество значимых утверждений относительно свойств таких библиотек и их применения.

Следует отметить, что в практической биоинформатике этот процесс стал полностью автоматизированным и роботизированным и ее развитие пошло в несколько ином направлении. К сожалению, это создало досадную ситуацию, при которой специалисты, использующие эти системы, часто не понимают историю их развития, базовые технические особенности или возможности интерпретации. Современная интерпретация биоинформатики по-прежнему ограничивается анализом вариаций первичных последовательностей, несмотря на потенциал для извлечения гораздо более значимых свойств из этих структур (хотя биоинформатика решает и другие не менее интересные задачи).

5. ДНК как тело знака

Рассмотрение структуры ДНК имеет решающее значение для понимания отличительных семиотических характеристик триплетов нуклеотидов как тел знаков.

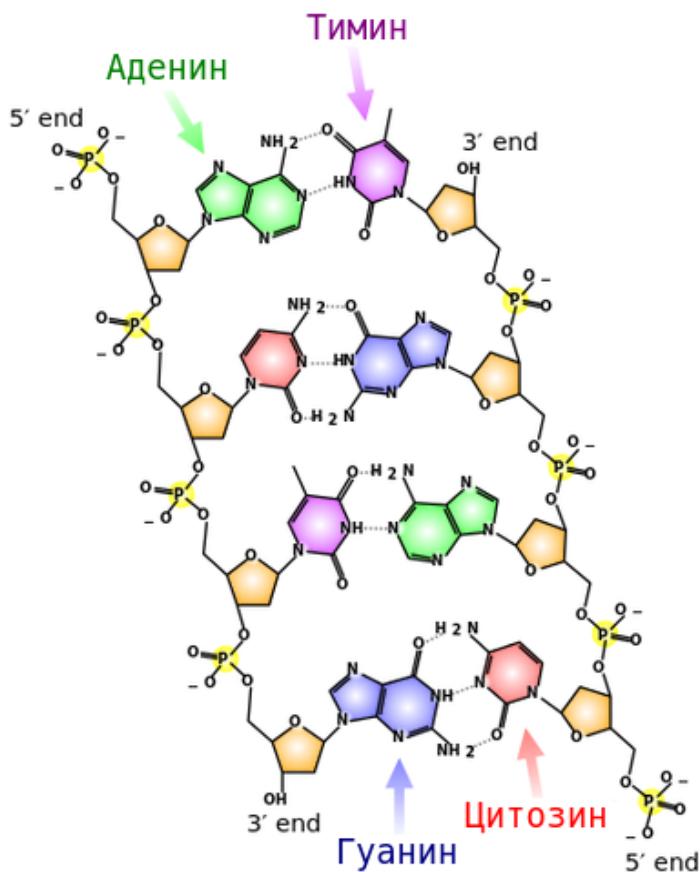


Рис. 5.
Структура ДНК

Следует подчеркнуть, что наблюдаемый здесь специфический тип спаривания оснований представляет собой чисто физический процесс, лишенный какого-либо семиотического значения, ср. [Zolyan, 2021]. Однако структурное соотношение, при котором ровно три гетероцикла, соединенных водородными связями, в каждом звене последовательно связанные с двумя остатками сахара (дезоксирибозы), имеет решающее значение. Такое расположение устанавливает молекулярную конфигурацию, имеющую

одинаковую толщину по всей длине молекулы ДНК, что гарантирует единообразие механических свойств на всем ее протяжении. Это структурное единообразие представляется принципиально важным для выполнения эти молекулами семиотических функций, обеспечивая устойчивость процессов функционирования ДНК.

Еще один важный аспект, заслуживающий рассмотрения, – организация ДНК на более высоких уровнях (Рис. 6–7).

За пределами привычной конфигурации двойной спирали диаметром около 2 нм ДНК подвергается дальнейшей компактизации в волокна диаметром 11 нм, затем в структуры более высокого порядка, достигающие 30 нм, в конечном итоге достигая видимого уровня хромосом. По сути, это представляет собой переход к почти макроскопической организации (до 1 мм в случае хромосом типа ламповых щеток). Эти процессы скручивания, осуществляемые с участием различных фракций гистонов (основных, т.е. некислых белков), обеспечивают определенное обертывание ДНК вокруг них. Такая организация имеет двойную функцию: поддерживает структурную целостность ДНК и обеспечивает доступ всем необходимым ферментам и химическим факторам для осуществления вышеупомянутого биосинтеза, в частности, синтеза транспортных и информационных РНК на ДНК как матрице.

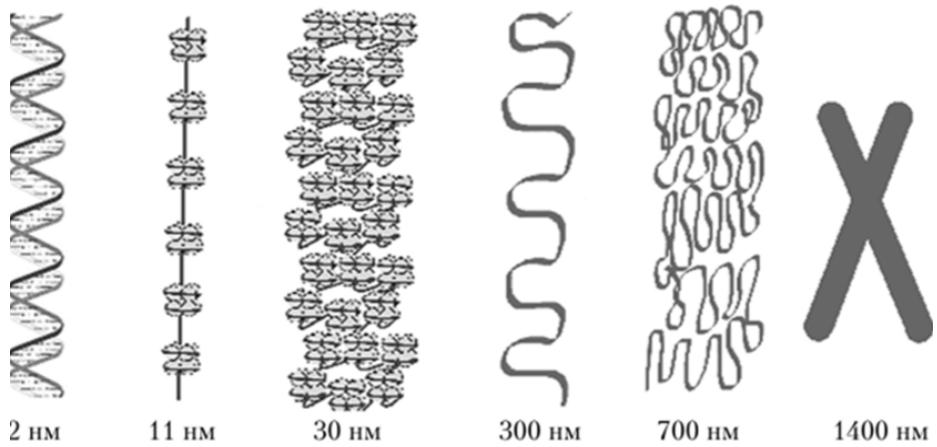


Рис. 6.
Более высокие уровни организации ДНК

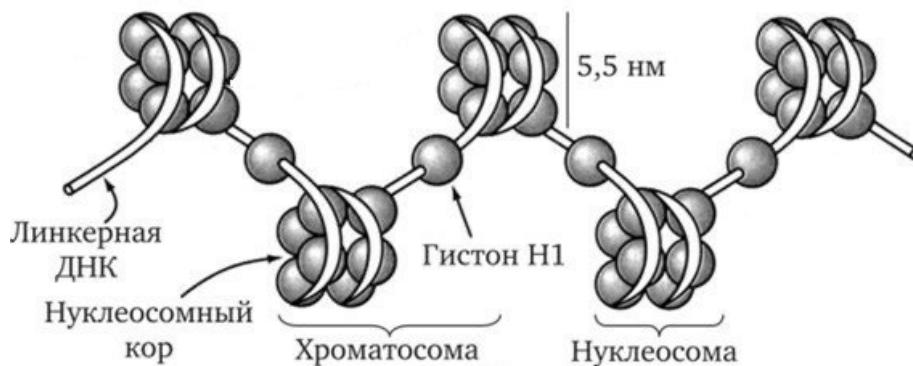


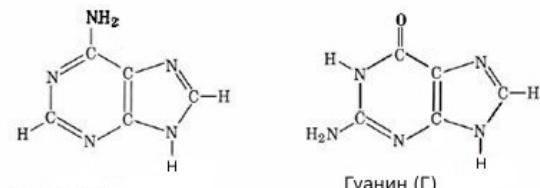
Рис. 7.
Взаимодействие ДНК и гистонов в хромосомах¹

6. Азотистые основания как субстрат геномных семиотических средств

Гетероциклические азотистые основания, входящие в состав ДНК и РНК, обладают свойствами, важными для их участия в биосемиотических процессах. Чередующиеся одинарные и двойные связи в их кольцах, указывают на то, что они обладают ароматических свойствами (Рис. 8). Однако, из-за того, что это гетероциклы, их ароматические свойства отличаются от ароматических свойств соединений с идеальной симметрией. Это структурное несовершенство обуславливает значительную молекулярную пластичность самих оснований и, как следствие, многообразие реакций, в которых они могут участвовать.

Рассмотренные азотистые основания входят в состав нуклеотидов и нуклеозидов, – структурная организация которых включает фосфатные группы и остатки-сахара (в данном случае дезоксирибозы – Рис. 9).

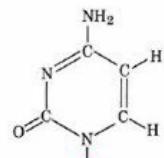
¹ из Kornberg R.D., Klug A. The nucleosome // Sci Am. – 1981. – Vol. 244, № 2. – P. 52–64.



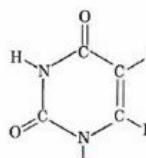
Аденин (А)
(ДНК и РНК)

Гуанин (Г)
(ДНК и РНК)

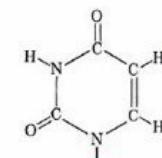
Пурины



Цитозин (Ц)
(ДНК и РНК)



Тимин (Т)
(только ДНК)



Урацил (У)
(только РНК)

Пиримидины

Рис. 8.

Азотистые основания нуклеиновых кислот

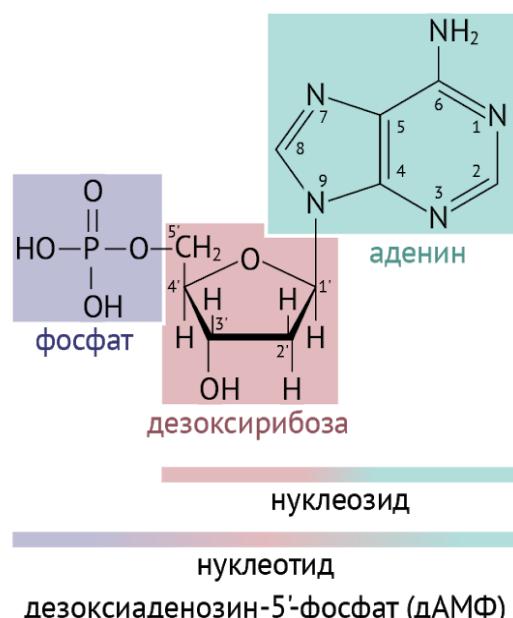


Рис. 9.

Нуклеотид дезоксиаденозин-5'-фосфат (дАМФ)

Эти особенности имеют важное функционально-структурное значение, хотя с семиотической точки зрения подобные молекулярные детали оказываются менее важными.

7. Взаимодействие азотистых оснований в ДНК

ДНК состоит из двух длинных цепочек нуклеотидов, фосфатные группы которых соединены фосфодиэфирными связями, в то время как комплементарные азотистые основания объединяют эти цепочки в единую структуру. Такое объединения происходит за счет связей между комплементарными основаниями – цитозином и гуанином, тимином и аденином, но опосредовано водородными связями. Особое внимание следует уделить этим водородным связям в рамках концепции «энлогов» ([Чебанов, 1998 а; Chebanov, 1988; Chebanov, 1995]) – концептуальной категории, сформулированной и разработанной на семинаре по теоретической биологии, ставшим после 1991 г. семинаром по биогерменевтике [Чебанов, 1998 б, Чебанов, 2000].

Энлог понимается как взаимодействие, в котором участники взаимно проецируют свои организационные паттерны друг на друга. В лингвистическом смысле «энлог» ($\sigma\varepsilon + \lambda\sigma\omega\sigma$) – это калька информации (in+forma) – образ одного участника энлога в организации другого. В результате энлога возникает энлогия, которая является интенсиональным аспектом того, экспенсиональным аспектом чего, согласно К. Шеннону, является информация [Шеннон, 1963]. С этой точки зрения мы не наблюдаем реального физического присоединения водорода к азоту или какой-либо конкретной молекулярной группе. Вместо этого возникает единое электронное облако, поддерживающее существование двуцепочечной молекулы (подробнее см. [Chebanov, 1995]).

Такая конфигурация обеспечивает возможность взаимного превращения: тимин перестает быть своей исходной формой, а аденин также претерпевает модификацию. Они становятся чем-то новым: сосуществующим комплексом, объединенным водородными связями (рис. 10). Тот же принцип применим к паре цитозин-гуанин.

Таким образом, это образование (рис. 10) представляет собой третью эмерджентную сущность (относительно гуанина и цитозина) – единый комплекс этих оснований, объединенных обобщенной квантово-механической структурой водородных связей. Пара аденин-тимин демонстрирует аналогичное явление, а если говорить о комплексах ДНК и РНК, то, соответственно, и с азотистым основанием урацилом. Таким образом, комплементарность достигается посредством водородных связей – чисто химического процесса, лишенного семиотического значения, но обеспечивающего энлог азотистых оснований.

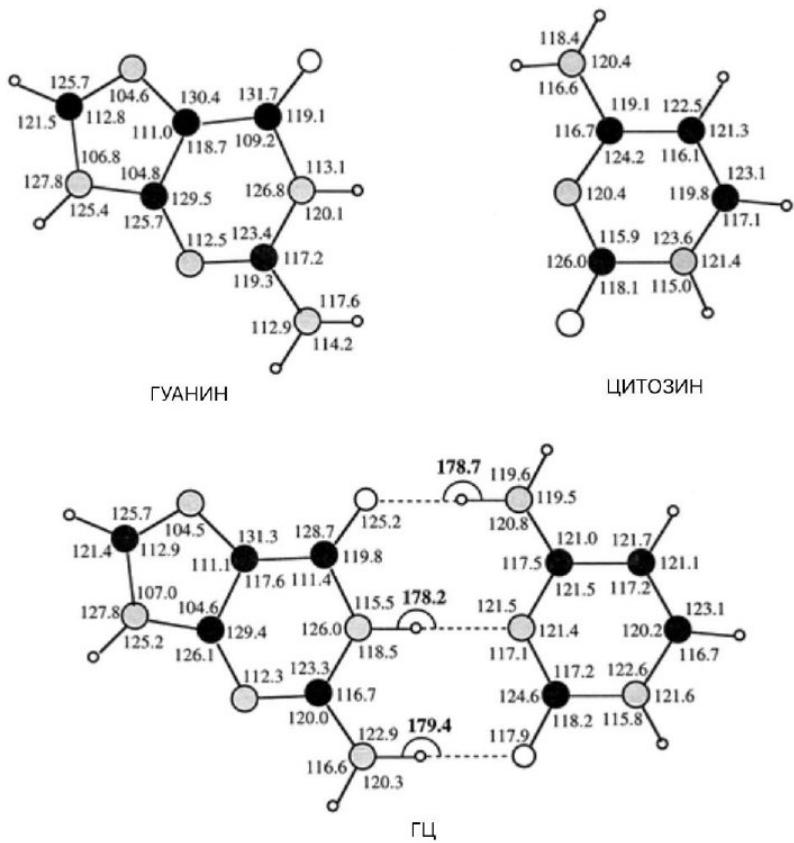


Рис. 10.
Водородная связь как энлог

Однако именно эта структурная особенность знаковых тел позволяет им выполнять специфические семиотические функции. Такая интерпретация вытекает из некогда считавшихся «еретическими» принципов петербургской (ленинградской) фонологической школы, которая постулировала, что материальные свойства означающих, будучи сами по себе несемиотичны, определяют их способность к означиванию. Физические ограничения молекулярного спаривания (А-Т, Ц-Г) создают стабильность, необходимую для функционирования генетической информации как надежной системы кодирования – подобно тому, как фонетические признаки, хотя и имеют физическую основу, обеспечивают лингвистически релевантные фонологические различия.

8. Квантовая механика точечных мутаций и семантофоры

Четыре азотистых основания ДНК существуют в альтернативных квантово-механических состояниях, известных как таутомерные формы: одна более стабильная, другая менее [Yang, 2019]. Для аденина (A) и цитозина (Ц) это амино- и иминоформы (Рис. 11); для гуанина (Г) и тимина (Т) – лактамная и лактимная конфигурации (Рис. 12).

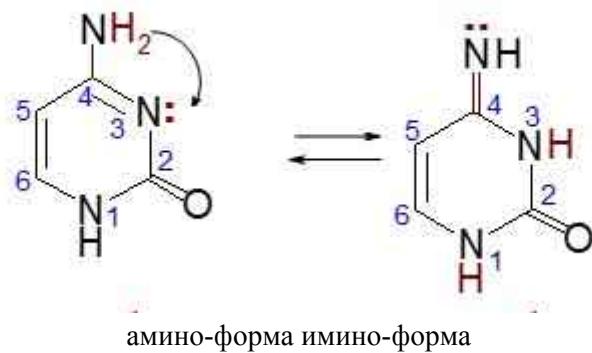


Рис. 11.
Амино-имиинная таутомерия цитозина



Рис. 12.
Лактам-лактимная таутомерия гуанина

Важно отметить, что невозможно определить, в каком именно состоянии они находятся в тот или иной момент времени. Более стабильный таутомер химически нейтрален, в то время как молекулярные взаимодействия в основном происходят через менее стабильные амино- или лактимные формы. Когда происходят таутомерные сдвиги, тогда распределение электронной плотности стремится к новым равновесиям и возникают не-

комплементарные пары, создавая горячие точки точечных мутаций. Эта таутомерия приводит к различным сценариям.

Во-первых, может сохраниться правильное наследование А-Т (с двумя водородными связями).

Во-вторых, правильное сочетание может преобразоваться в некомплементарное соединение Г-Т. Возникшая некомплементарная пара Г-Т, удерживаемая в сближенном состоянии соседними участками ДНК, которая не может образовать ни двух (как это возможно для тимина), ни трех (как для гуанина) водородных связей, оказывается в нестабильном состоянии. Это нестабильное состояние может иметь два исхода, с возникновением правильного спаривания – к возврату к правильному спариванию А-Т (и тогда в итоге никакого генетического события не имеет места быть) или к замене пары на новую пару Г-Ц с правильным спариванием (и тогда имеет место точечная мутация).

Примечательно, что репликация демонстрирует асимметричные вероятности¹: транзиции Г-Ц→А-Т происходят чаще, чем А-Т→Г-Ц. При удлинении цепи (встраивании) наблюдается обратная ситуация: транзиции А-Т в Г-Ц доминируют, а реверсии Г-Ц→А-Т менее вероятны.

Этот таутомерный механизм может также приводить к синонимичным заменам, когда кодируемая аминокислота не меняется, но новый триплет мутирует с другой вероятностью. Само существование этих таутомерных форм определяет два важных аспекта.

Во-первых, оно обеспечивает базовую частоту мутаций – хотя большинство мутаций в конечном итоге возвращаются к исходному состоянию (благодаря действию ДНК-репараз), геному обеспечивается гарантированный минимальный уровень изменчивости. Таким образом, молекула ДНК способствует не только наследованию, но и необходимой эволюционной изменчивости.

Во-вторых, и это более тонкое обстоятельство, различные таутомерные переходы происходят с разной частотой. Следовательно даже синонимичные замены становятся функционально неэквивалентными – они мутируют с разной скоростью и разными путями.

Эта двойственная способность приводит к важному выводу: ДНК нельзя рассматривать просто как обычное тело знака, а скорее как то, что мы могли бы назвать «семантофорами» – телами знаков, обладающими особой гостеприимностью к смыслу и уникально оптимизированными как для сохранения смысла, так и для его контролируемой модификации [Чебанов, 2005]. Эти молекулярные носители смысла одновременно обеспечивают: 1) семантическую стабильность (достоверное хранение информации);

¹ Все квантово-механические расчеты строятся на принятии того, что имеют место вероятностные события. Однако, строго говоря, для этого нет оснований и можно допустить, что речь идет о неопределенных [Чебанов, 2002] или гиперслучайных [Горбань, 2016] событиях, частоты которых не сходятся как к пределу к вероятности.

2) контролируемый семантический дрейф (способность к смысловым вариациям). Таким образом, таутомерные свойства оснований создают изысканное биологическое решение, при котором квантово-химическая нестабильность становится информационным достоинством, обеспечивая необходимую «игру» в системе для эволюционного потенциала, сохраняя при этом достаточную точность для надежного генетического кодирования.

Таким образом, наблюдаемые особенности ДНК указывают на то, что даже на уровне триплетов возникает определенная семантическая гетерогенность – поливариантность, связанная с дифференциальными частотами мутаций. Синонимичные триплеты оказываются функционально неэквивалентными как с точки зрения частоты мутаций, так и с точки зрения фенотипических последствий этих мутаций.

9. Онтический и эпистемический взгляд на семантику триплетов

Рассмотренные явление можно квалифицировать различными способами, в частности возникающую неоднозначность можно рассматривать как результат интерпретации, которая обязательно (хотя бы в вырожденной форме) должна присутствовать в биосемиотических процессах, что особо подчеркивает К. Кулль. Напротив, ее можно интерпретировать как результат взаимодействия разных кодов [Barbieri M., 2014], количество которых ныне оценивается примерно в четверть тысячи [Принц, 2022; Prinz, 2022].

Каждая из предложенных интерпретаций имеет уникальные операциональные преимущества и ограничения и ни одна из них не достигла технического совершенства или абсолютной убедительности, что делает выбор между ними в конечном итоге зависящим от парадигматических предпочтений.

В таких случаях мы можем использовать методологический подход, обычно используемый в аналогичных ситуациях (например, в математическом анализе и алгебре при различении доказательства существования решения и поиска решения; в дискуссиях о редукционизме – [Chebanov, 1988]; в решении изобретательских задач). Вместо того, чтобы строить дискуссию через дихотомию «код против языка», мы можем рассмотреть тетрадическую модель, в которой могут рассматриваться как код, так и язык (таблица 1).

В таком случае будем различать:

- *Онтический статус*: Наши онтические представления (в сущности – верования) дают основания полагать, что в данной ситуации мы имеем дело либо с кодом, либо с языком.

- *Эпистемический статус*: Мы постулируем, что трактовка объекта как кода или языка методологически удобна, и впоследствии применяем: 1) инструменты теории информации (для анализа на основе принятия до-

пущения о коде); 2) лингвистические / семиотические методы (для анализа на основе представлений о языке).

Таблица 1
**Кодовая и интерпретационная семантика как предмет
 информационно-теоретического и лингво-семиотического исследования**

		Оптический статус	
		код	язык
Эпистемическая основа	теория информации	Код-биология Барбьери	Редукционистская биосемиотика
	семиотика и лингвистика	Метафорическая биосемиотика	Биосемиотика (адаптивная интерпретация)

Типологически схожая, но в некоторой степени намеренно противоположная, ситуация наблюдается во взаимоотношениях культурной семиотики и pragmalingвистики.

Тартуская школа культурной семиотики под руководством Ю.М. Лотмана разработала концепцию культуры как семиотического образования, включающего множество (органически непереводимых друг на друга) языков (знаковых систем), находящихся в состоянии непрерывного перевода с одного языка на другой. Неэквивалентность этого перевода порождает новизну, движущую силу культурного развития (Иванов и др., 1998). В рамках этой концепции Тартуская школа описала многочисленные культурные коды, особенно в русской культуре XVIII–XIX вв., такие как коды карточных игр, званных обедов, дуэлей, безделушек, любовных заклинаний, свадебных ритуалов, повседневного поведения и другие (Sign Systems Studies, s.a. – <https://ojs.utlib.ee/index.php/ssss>). Однако до сих пор не появилось комплексных работ, систематически объясняющих, как эти коды в совокупности составляют культуру (хотя это не исключает существование исследований, которые де-факто анализируют такие коды в конкретных культурных контекстах – например, комментарий Ю.М. Лотмана к «Евгению Онегину» – [Лотман, 1983]).

В отличие от этого, pragmalingвистика принимает исследовательский протокол, который явно включает индивида, осуществляющего речевые акты, в предмет исследования [Esenova, Ismayilova, 2018]. Такой подход требует документирования широкого спектра характеристик говорящего, таких как пол, возраст, внешность, социальный статус, культурное и этническое происхождение, профессиональная деятельность, а также используемых им средств воздействия (вербальная речь и ее парalingвистические особенности, язык тела и жесты, пространственное позиционирование и т.д.). Можно утверждать, что такой исследовательский протокол дает более полное понимание коммуникативных событий по сравнению со скрупулезным анализом изолированных культурных кодов, который откладывает синтез результатов на неопределенное будущее.

Здесь возникает примечательная параллель: трансформации, происходящие в нуклеотидных последовательностях, оказываются теми же, что происходят в линейных текстах. Мы наблюдаем идентичные структурные операции:

1. Инсерции (как одноточечные, так и расширенные вставки символов и их последовательностей, причем они реализуются и на триплетном уровне);
2. Делеции (удаления фрагментов, аналогично варьирующиеся от отдельных оснований до больших сегментов; также реализуются и на триплетном уровне);
3. Инверсии (где последовательности переворачиваются на 180°, как короткие, которые возможны реализуются и на триплетном уровне, так и длинные);
4. Палиндромные образования – особенно распространенные благодаря комплементарной структуре двойной спирали ДНК, которая по своей природе способствует образованию палиндромов.

Эти аналогии выходит за рамки простого сходства. Так, геном пронизан палиндромами, а создание и изучение палиндромов на естественных языках представляют собой целую художественную дисциплину – специализированные журналы публикуют композиции-палиндромы, при этом текущий рекорд русского языка составляет 21 000-буквенный строгий рифмованный палиндром, содержащий более 5800 слов (что противоречит всем стандартным статистическим ожиданиям – [Гончаров, 2013]). Поэтому вопрос о семантике генетического кода (в том числе, семантике триплетов) вызывает значительный интерес.

7. Многообразие способов понимания генетического кода

В настоящее время в гуманитарных и биологических дисциплинах наблюдается взаимодействие пяти принципиально различных мировоззрений, которые можно анализировать с разной степенью детализации. Это герменевтический, филологический, лингвистический, семиотический и прагмалингвистический подходы к постижению языка и речи, каждый из которых предлагает уникальные аналитические рамки и порождает в биологии биогерменевтику, биофилологию, биолингвистику и т.д. (Табл. 2; [Chebanov, 1993]).

Герменевтический подход исходит из того, что мир функционирует как план выражения, скрывающий более глубокий план содержания. Этот подход предполагает, что посредством тщательного изучения того, как мир структурирован как выражение, мы можем сделать вывод о природе его глубинного смысла. В противоположность этому, филологический подход основывает свой анализ как на лингвистических особенностях, так и на историческом контексте, стремясь к построению исторически точных интерпретаций, учитывающих выразительные приемы и осознанный художественный выбор. Лингвистический подход рассматривает план вы-

ражения как функционально асимметричный содержанию, трактуя его как в значительной степени конвенциональный и в первую очередь управляемый синтаксическими структурами. Семиотический подход занимает более радикальную позицию, утверждая существенный разрыв между парами выражения и содержания – их фундаментальную несоизмеримость, требующую посреднических кодов для установления связей между этими отдельными областями. Прагмалингвистический подход, развивавшийся последние четыре десятилетия (вместе с когнитивной лингвистикой представляющий функциональную лингвистику), трактует значение в первую очередь как осуществление какого-то действия (а не его описание). Эта концепция фокусируется, в частности, на перформативных речевых актах (включая дескриптивные, преобразующие когнитивные процессы участников). Хотя прагмалингвистика менее известна, чем когнитивная лингвистика, она предлагает особенно ценные лингвистические идеи.

В частности, прагмалингвистика рассматривает в качестве основной смысловой, содержательной, процессуальной нагрузки событий, происходящих с привлечением любых семиотических средств, производимые ими перлокутивные эффекты, которые полнее и определенные передают смысл этих событий, чем семантический анализ предъявляемых текстов (ср.: «судимы были ... сообразно с делами своими... И судим был каждый по делам своим»). Как неоднократно отмечалось по ходу изложения по мере становления представлений о семантике в биологии она многократно соотносилась с действиями, осуществлямыми организмами и их компонентами.

При рассмотрении приложений к биосемиотике и анализу генетического кода эти подходы предоставляют взаимодополняющие инструменты исследования. Герменевтика предлагает методологии интерпретации, филология предлагает потенциальные тропические структуры, которые могут действовать в генетическом коде, лингвистика способствует организации баз данных интенсиональных алфавитов, семиотика предоставляет регуляторные модели (например, оперонные системы), а прагмалингвистика помогает объяснить перформативные элементы, наблюдаемые в модифицированных тРНК. При этом каждое направление исследований имеет своих адептов, некоторые из которых со временем меняют свою позицию (таблица 3).

Таблица 2
Варианты семиотической интерпретации «генетического кода»

Герменевтический подход	Филологический подход	Лингвистический подход	Семиотический подход	Прагмалингвистический подход
семантофоры полисемия сдвиг рамки палиндромы частичная мотивация	мутация палиндромов как ирония	палиндромы линейных последовательностей и типы их преобразований	свообразие плана содержания и плана выражения (материала и формы)	смысл как перформативы действия
понимание методов	тропы	алфавитные базы данных	регулирование и руководящие принципы	искусственные т-РНК

С этой точки зрения, можно говорить о прагматике биосинтеза – подходе, интерпретирующем метаболизм как систему коммуникативных актов, управляемых строгими правилами взаимодействия. Эти правила можно формально описать в рамках лингвистической прагматики, переосмысленной в трудах Остина и Сёрла, с опорой на идеи Пирса и Морриса.

Таблица 3
Пять концепций семиотически осмысленной биологии

Биогерменевтика	Биофилология	Биолингвистика	Биосемиотика	Биопрагмалингвистика
М. Боден Б. Эрлих С. Чебанов А. Маркош Г. Витцани	В. Дымшиц Г. Любарский А. Любищев	Р.Л. Джёртл М. Гимона Шон О Нуаллайн В. Ратнер Е.А. и А.Е. Седовы С. Петухов	М. Барбьери Т. Себеок Дж. Хоффмайер К. Кульль А. Шаров и многие другие	С. Онгстад Г. Витцани

Ключевые принципы прагматики, применимые к генетическим процессам (на триплетном и преимущественно супратриплетном уровнях: последнее обстоятельство понятно исходя из того, что триплеты соотносятся с протосемами, которые обретают определенность на более высоких уровнях организации генетического аппарата):

1. Разделение семиозиса на отдельные акты – каждый этап биосинтеза (транскрипция, трансляция, посттрансляционная модификация) можно рассматривать как отдельный семиотический акт.

2. Семиотические акты как действия – например, связывание фактона транскрипции с ДНК не просто передает информацию, но и инициирует определенный процесс.

3. Коммуниканты и протоколы – молекулярные взаимодействия (ДНК-РНК, РНК-рибосома) следуют строгим «протоколам» (стехиометрия, энергетические потребности, аллостерическая регуляция).

4. Биологические перформативы – аналогично речевым актам, сигнальные последовательности не только «общаются», но и напрямую влияют на клеточные процессы (импорт в ядро, секреция белка).

5. Иллокуция и перлокуция – «иллокутивное интенции» рибосомы прочитать мРНК приводит к «перлокутивному эффекту» синтеза белка. Успех зависит от их (не) соответствия (например, неправильное расположение стоп-кодона приводит к ошибкам).

6. Неиспорченность и испорченность – «осечки» (мутации, неправильный сплайсинг) и «препятствия» (эпигенетическое молчание, ингибирование) нарушают «коммуникацию».

Таким образом, концепция лингвистической прагматики предоставляет инструменты для описания биологических процессов не просто как химических реакций, а как семиотически организованных событий, где

молекулы действуют как коммуниканты, подчиняясь строгим, но гибким правилам «языка жизни».

8. Заключение

Подводя итог, можно утверждать следующее.

На уровне триплетов семантика заключается в установлении «протосем» (протосемантических единиц). В зависимости от совокупности биосинтетических процессов они проявляются либо как сигналы начала / конца транскрипции, либо как кодируемые аминокислоты, занимающие определенные позиции в синтезируемых пептидах. Метаболическая роль пептидов в конечном итоге раскрывает биологический смысл. Таким образом, смысл понимается строго процессуально.

Рассмотренные процессы генерации смысла на уровне триплетов могут быть по-разному интерпретированы в различных вариантах семиотически осознаваемой биологии, включая биогерменевтику, биофилологию, биолингвистику, биосемиотику и биопрагмалингвистику. Тем не менее при рассмотрении фактических данных все эти подходы признают наличие кодирующего компонента в процессах трансформации нуклеиновых кислот, приводящих либо к выбору аминокислот, либо к генерации регуляторных сигналов.

Прагматика становится ключевым фактором при изучении элементарных биологических процессов, включающих семиотические средства. В настоящее время это направление наиболее подробно разработано в прагмалингвистике, которая возрождает некоторые маргинализированные герменевтические представления.

Учитывая многогранную решающую роль прагматики для семиотически осознаваемой биологии, наиболее перспективной новой системой представляется биопрагмалингвистика, которая в настоящее время находится на начальной стадии развития и систематически развивается, главным образом, в работах Зигмунда Онгстада из Университета Осло [Ongstad, 2014; Ongstad, 2019; Ongstad, 2021]).

Благодарности

Авторы выражают искреннюю благодарность коллегам, с которыми они в течение длительного времени вели обширные дискуссии по теме данной работы: М.В. Ильину, А.В. Спирову, С.Т. Золяну, В.С. Авдонину, А.А. Шарову, К. Куллю, И.А. Кузину, Г.И. Остапенко, Н.С. Скипину, а также всем многочисленным собеседникам, с которыми им удалось обсудить поднятые вопросы.

Список литературы

- Аристотель. Физика // Аристотель. Соч.: в 4-х тт. Т. 3. – Москва: Мысль, 1981. – С. 56–262.
- Беклемишев В.Н. Методология систематики. – Москва: Т-во науч. изд. КМК, 1994. – 221 с.
- Богин Г.И. Обретение способности понимать: Введение в филологическую герменевтику. – Москва: Психология и Бизнес ОнЛайн, 2001. – 516 с.
- Гёте И.В. Избранные сочинения по естествознанию. – Москва: Издательство Академии наук СССР, 1957. – 554 с.
- Гончаров В. Роман-амор зори роз: «Сон на берегу реки за минуту до пробуждения» // Chitalnya.ru. – 2013. – URL: <https://www.chitalnya.ru/work/807843>
- Горбань И.И. Случайность и гиперслучайность. – Киев: Наукова думка, 2016. – 278 с.
- Дионисий Ареопагит Св. О небесной иерархии. – Москва: Синодальная типография, 1898. – 63 с.
- Дубровский Д.И. Проблема идеального: Субъективная реальность. – Москва: Канон+, 2002. – 366 с.
- Иванов В.В., Лотман, Ю.М., Пятигорский А.М., Топоров В.Н., Успенский Б.А. 1998. Тезисы к семиотическому изучению культур // Tartu Semiotics Library 1. – Tartu: Tartu University Press, 1998. – С. 32.
- Ильенков Э.В. Диалектика идеального // Ильенков Э.В. Собрание сочинений. Том 5. – Москва: Канон+, 2021. – С. 16–85.
- Корнев Т.А., Чебанов С.В. [Рец.] // МЕТОД: Московский ежеквартальник трудов из обществоведческих дисциплин / РАН, ИНИОН. – Москва, 2023. – Вып. 13, т. 3, № 4. – С. 79–97. – Рец. на кн.: Semiotic Agency: Science beyond Mechanism / A. Sharov, M. Tønnessen (Eds.). – Dordrecht: Springer, 2021. – ххii + 372 р. – DOI: 10.31249/metod/2023.04.05
- Кузнецов Н.А., Мухчелишвили Н.Л., Шрейдер Ю.А. Информационное взаимодействие как объект научного исследования // Вопр. филос. – 1999. – № 1. – С. 77–87.
- Лакофф Дж., Джонсон М. Метафоры, которыми мы живем. – Москва: Едиториал УРСС, 2004. – 256 с.
- Левич А.П. Семиотические структуры в экологии, или Существует ли экологический код? // Человек и биосфера: экологический прогноз. – Москва: Издательство Московского университета, 1983. – С. 68–77.
- Лотман Ю.М. Роман А.С. Пушкина «Евгений Онегин»: Комментарии. – Ленинград: Прогресс, 1983.–416 с.
- Любичев А.А. Воспоминания об Александре Гавриловиче Гурвиче // Lethaea rossica. – 2021. – Т. 22. – С. 70–90. – DOI: 10.34756/GEOS.2021.16.37862
- Любичев А.А. О природе наследственных факторов // Известия Биологического научно-исследовательского института при Пермском университете. – 1925. – Т. 4, Приложение 1. – С. 1–142.
- Молчанов А.Ю. Скрининг. Способы повышения достоверности результатов психофизиологических исследований. – Москва: ООО «МАИЛ», 2016. – 244 с.
- Морозов В. Самопознание симпозиума // Знание – сила. – 1978. – № 10. – С. 39–41.
- Налимов В.В. Прошлое в настоящем. – Санкт-Петербург; Москва: Центр гуманитарных инициатив, 2018. – 354 с.
- Обсуждение выступлений Алексея Шарова // МЕТОД: Московский ежеквартальник трудов из обществоведческих дисциплин / РАН, ИНИОН. – Москва, 2023. – Вып. 13, т. 3, № 4. – С. 51–78. – DOI: 10.31249/metod/2023.04.04
- Оловников А.М. Принцип маргинотомии в матричном синтезе полинуклеотидов // Доклады Академии наук СССР. – 1971. – Т. 201, № 6. – С. 1496–1499.
- Остин Дж. Слово как действие // Новое в зарубежной лингвистике. – Москва: Прогресс, 1986. – Вып. 17: Теория речевых актов. – С. 22–130.
- Панов Е.Н. Индивидуальное – коллективное – социальное в природе и в обществе. Бегство от одиночества. – Москва: Ленанд, 2023. – 638 с.

- Петров Т.Г. Метод RHA для кодирования, систематизации и отображения изменений возрастных составов населения // ResearchGate. – 2015. – DOI: 10.13140/RG.2.1.3207.2166
- Петров Т.Г. Универсальная схема представления химических анализов для создания факто-графических информационно-поисковых систем в области геохимии // Вестник ЛГУ. – 1972. – № 6. – С. 51–58.
- Пивоваров Д.В. Основные категории онтологии. – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2003. – 265 с.
- Принц Р. База данных код-биологии. Список биологических кодов // МЕТОД: московский ежеквартальный журнал трудов из обществоведческих дисциплин: ежеквартал. науч. изд. / под ред. М.В. Ильина; ИНИОН РАН, центр перспект. Методологий соц.-гуманит. исследований. – М., 2022. – Вып. 12. – Т. 2, № 4. – С. 21–101.
- Розанов А.Ю. Не нужно мешать ученым думать, как они считают нужным // Наука Урала. – 2023. – № 3(1264). – С. 3.
- Седов А.Е., Чебанов С.В. Биосемиотика. – 2003. – URL: <https://gordon0030.narod.ru/archive/20896/index.htm>
- Сёрль Дж. Р. Что такое речевой акт? // Новое в зарубежной лингвистике. – Москва: Прогресс, 1986. – Вып. 17: Теория речевых актов. – С. 151–169.
- Скребцова Т.Г. Когнитивная лингвистика: классические теории, новые подходы. – Москва: Издательский Дом ЯСК, 2018. – 391 с.
- Соссюр Ф. де. Курс общей лингвистики // Соссюр Ф. де. Труды по языкоznанию. – Москва: Прогресс, 1977. – С. 31–273.
- Уемов А.И. Вещи, свойства и отношения. – Москва: Изд-во АН СССР, 1963. – 184 с.
- Успенский В.А. Предисловие // Математика в современном мире. – Москва: Мир, 1967. – С. 5–11.
- Ухтомский А.А. Возбуждение, утомление, торможение // Физиологический журнал. – 1934. – Т. 17, № 6. – С. 1114–1127.
- Фрейд З. Толкование сновидений. – Москва: Фирма СТД, 2005. – 680 с.
- Фридман В.С. От стимула к символу: Сигналы в коммуникации позвоночных. Ч. 1, 2. – Москва: URSS – ЛИБРОКОМ, 2012. – 512 с.
- Чебанов С.В. Герменевтические аспекты энэлога как квазиперсонального взаимодействия // Прикладная и структурная лингвистика. – Санкт-Петербург: Изд-во СПбГУ, 1998 а. – Вып. 5. – С. 19–40.
- Чебанов С.В. История одного семинара // Пчела. – 1998 б. – № 12. – С. 33–38.
- Чебанов С.В. Семинар по биогерменевтике Санкт-Петербургского союза ученых. Историческая справка // Золотая: опыт постижения семантики. – Вильнюс: Ab «Vlani», 2000. – С. 79–96.
- Чебанов С.В. Семантофоры: взгляд биосемиотики и прагмалингвистики // Научные чтения – 2004: материалы конференции. – Санкт-Петербург: Издательство СПбГУ, 2005. – С. 243–252.
- Чебанов С.В. Чем является «Экспериментально-доказательная парадигма» в современном языкоznании? // PR LEAL 2017: труды чтений им. Р.Г. Пиотровского по инженерной лингвистике и прикладному языкоznанию. Санкт-Петербург, Россия, 27 ноября 2017 г. – Ахен: CEUR Workshop Proceedings, 2017. – С. 10–23.
- Чебанов С.В. *H*-распределения, размерная структура природных тел и натуральнозначные функции натуральных аргументов: к построению новой картины мира // Философские основания технетики. – Москва: Центр системных исследований, 2002. – С. 436–444.
- Чебанов С.В., Петров Т.Г. Интенсиональность, интенсиональные алфавиты, интенсиональные слова и словари // Актуальные проблемы современной когнитивной науки. – Иваново: [б. и.], 2013. – С. 239–266.

- Чертов Л.Ф. «Алфавит» и «палитра»: два принципа смыслоразличения // Чертов Л.Ф. Знаковая призма: статьи по общей и пространственной семиотике. – Москва: Языки славянской культуры, 2014. – С. 180–186.
- Чудинова Е.М., Надеждина Е.С. Взаимодействие аппарата трансляции с микротрубочками // Успехи биологической химии. – 2018. – Т. 58. – С. 377–404.
- Шаров А.А. Выступления на семинарах в ИНИОН РАН // МЕТОД: Московский ежеквартальныйник трудов из обществоведческих дисциплин / РАН, ИНИОН. – Москва, 2023. – Вып. 13, т. 3, № 4. – С. 26–50. – DOI: 10.31249/metod/2023.04.03
- Шаров А.А. Как интегрировать биосемиотику с биологией и физикой? // МЕТОД: Московский ежеквартальныйник трудов из обществоведческих дисциплин. – 2022. – Вып. 12, т. 2, № 4. – С. 153–160. – DOI: 10.31249/metodquarterly/02.04.09
- Шенон К. Работы по теории информации и кибернетике. – Москва: ИЛ, 1963.–830 с.
- Шрейдер Ю.А. Многоуровневость и системность реальности, изучаемой наукой // Системность и эволюция. – Москва: Наука, 1984. – С. 69–82.
- Якобсон Р.О. Морфологические наблюдения над славянским склонением // American contributions to the fourth International congress of Slavists. – The Hague: Mouton, 1958. – Р. 127–156.
- Austin J.L. How to do Things with Words. – 2 nd ed. – Cambridge, MA: Harvard University Press, 1962. – 192 p.
- Barbieri M. Code Biology. A New Science of Life. – Dordrecht: Springer, 2015. – 224 p.
- Barbieri M. From Biosemiotics to Code Biology // Biological Theory. – 2014. – Vol. 9. – P. 239–249. – URL: <https://doi.org/10.1007/s13752-014-0169-8>
- Chebanov S.V. Biology and Humanitarian Culture: The Problem of Interpretation In Biohermeneutics and Hermeneutics of Biology // Lectures of Theoretical Biology: 2 nd Stage. – Tallinn: [б. и.], 1993. – P. 219–248.
- Chebanov S.V. Double standards of semantic studies in bio- and anthroposemiotics // International Conference “Evolution of Human Capacities to Know and to Act or How to convert knowledge into power?”. – Moscow: National Research University Higher School of Economics, 2019 a. – URL: <https://social.hse.ru/en/announcements/312599447.html>
- Chebanov S.V. Enlogue as Quasipersonal Interaction: Biohermeneutic Issues // European Journal for Semiotic Studies. – 1995. – Vol. 7, № 3/4. – P. 439–466.
- Chebanov S.V. *H*-distributions, dimensional structure of natural bodies and natural-valued functions of natural arguments: towards the construction of a new picture of the world // Philosophical foundations of technetics. – Moscow: Center for Systems Research, 2002. – P. 436–444.
- Chebanov S.V. Semiotics of the contents and semiotics of expression: The role of sign's body // Körper – Verkörperung – Entkörperung. – Kassel: Kassel University Press, 2004. – P. 132–144.
- Chebanov S.V. Steps towards the semiotic awareness of biology: Biosemiotics replacing the role of synthetic theory of evolution // METHOD: Moscow Quarterly Journal of Social Studies. – 2019. – Vol. 9. – P. 151–173.
- Chebanov S.V. Theoretical Biology in Biocentrism // Lectures in Theoretical Biology. – Tallinn: Valgus, 1988. – P. 159–167.
- Chebanov S.V., Kuznetsova V.V. Signness and semiotics: what kind of signness are not studied by semiotics? what kind of non-signness are studied by semiotics? what kind of signness are studied by non-semiotics? // Open semiotics. – Paris: Editions L'Harmattan, 2026. – (in press).
- Esenova K.U., Ismayilova F.K. Major units in the notion of pragmalinguistics // European Journal of Natural History. – 2018. – № 6. – P. 45–52.
- Fisher R., Ury W.L., Patton B. Getting to Yes: Negotiating Agreement Without Giving In. – New York: Penguin Books, 2011. – 240 p.
- Gimona M. Protein Linguistics – a Grammar for Modular Protein Assembly? // Gathering in Biosemiotics 6. – Salzburg: Telos-Philosophische Praxis, 2006. – P. 45–48.

- Gorokhovskaya E. Sense as biological category // Gatherings in Biosemiotics. – Tartu: Tartu University Press, 2012. – P. 188–189.
- Gurwitsch A.G. Der Vererbungsmechanismus der Form // Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen. – 1914. – Vol. 39. – P. 516–577.
- Hjelmslev L. Prolegomena to a Theory of Language. – Madison: University of Wisconsin Press, 1961. – 144 p.
- Hoffmeyer J. Introduction: Semiotic Scaffolding // Biosemiotics. – 2015. – Vol. 8. – P. 153–158. – URL: <https://doi.org/10.1007/s12304-015-9236-1>
- Koonin E.V., Novozhilov A.S. Origin and Evolution of the Universal Genetic Code // Annual Review of Genetics. – 2017. – Vol. 51. – P. 45–62. – URL: <https://doi.org/10.1146/annurev-genet-120116-024713>
- Kull K., Torop P. Biotranslation: Translation between umwelten // Readings in Zoosemiotics. – Berlin; Boston: De Gruyter Mouton, 2011. – P. 411–425.
- Markoš A. Readers of the Book of Life: Contextualizing Developmental Evolutionary Biology. – Oxford: Oxford University Press, 2002. – 264 p.
- Ongstad S. Bakhtin's triadic epistemology and ideologies of dialogism // Empedocles: European Journal for the Philosophy of Communication. – 2014. – Vol. 5, № 1/2. – P. 23–39.
- Ongstad S. A conceptual framework for studying evolutionary origins of life-genres // Biosemiotics. – 2019. – Vol. 12, № 2. – P. 245–266.
- Ongstad S. Can Animals Refer? Meta-Positioning Studies of Animal Semantics // Biosemiotics. – 2021. – Vol. 14, № 2. – P. 433–457.
- Pike K.L. Language in relation to a unified theory of the structure of human behavior. – Glendale, CA: Summer Institute of Linguistics, 1954. – 256 p.
- Prinz R. Code Biology Database – A List of Biological Codes // Code Biology. – 2022. – URL: <https://codebiology.org/database.pdf>
- Searle J.R. Speech Acts: An Essay in the Philosophy of Language. – Cambridge: Cambridge University Press, 1969. – 228 p.
- Searle J.R. What is a speech act? // New in foreign linguistics. Issue 17. Theory of speech acts. – Moscow: Progress Publ., 1986. – P. 151–169.
- The relationship between telomere length and aging-related diseases / Huang X., Huang L., Lu J. [et al.] // Clinical and Experimental Medicine. – 2025. – Vol. 25. – P. 72. – URL: <https://doi.org/10.1007/s10238-025-01608-z>
- Trubetzkoy N.S. Grundzüge der Phonologie // Travaux du Cercle Linguistique de Prague. – 1939. – Vol. 7. – P. 250–257.
- Sharov A. and Tønneson M. Semiotic agency: science beyond mechanism. – Dordrecht: Springer, 2021. – xxiii + 372 p.
- Schrödinger E. What is Life? The Physical Aspect of the Living Cell. – Cambridge: Cambridge University Press, 1944. – 104 p.
- Uexküll J. von. Umwelt und Innenwelt der Tiere. – Berlin: Verlag von Julius Springer, 1909. – 224 p.
- Van Dijk T.A. Discourse and Context. A Sociocognitive Approach. – Cambridge: Cambridge University Press, 2008. – 304 p.
- Yang M.A quantum mechanical approach to understanding DNA mutations // Berkeley Scientific Journal. – 2019. – Vol. 23, № 2. – P. 37–40.
- Zolyan S. On the context-sensitive grammar of the genetic code // Biosystems. – 2021. – Vol. 208. – P. 104197. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.biosystems.2021.104497>

S.V. Chebanov, V.V. Kuznetsova¹
The Semantics of the Genetic Code at the Triplet Level

Abstract. The question of what constitutes the semantics of the genetic code at the triplet level is intriguing for several reasons: 1) it is universal across all organisms, giving it broad biological relevance; 2) as the simplest form of semantics, it underlies all other semiotic processes (including anthroposemiotics); 3) it can be analyzed as either a code-based process (semiosis without interpretation) or a semiotic interaction (implying interpretation). The present work does not aim to examine new empirical facts but rather to reinterpret what is already well-known in its general outlines – even to high school graduates – yet remains conceptually unarticulated, even by leading specialists (geneticists, biochemists, molecular biologists, ethologists, neurophysiologists, etc.) working in the field. It turns out that if such an investigation is conducted under the assumption that biologically grounded semiotics adopts the same notions of semantics as those found in semiotics and linguistics – while requiring a unified methodological framework for justifying the presence of meaning in both anthroposemiotics and biosemiotics – numerous problems arise regarding the presence of semantics in cultural semiotics and natural-language texts. Divergent research traditions have produced competing approaches to semiosis (biohermeneutics, biolinguistics, biosemiotics) and methodologies (code biology vs. biosemiotics). The code-biology program demonstrates greater productivity and rigor in its theoretical foundations, whereas biosemiotic projects are more contemplative yet allow for more ambitious extrapolations. The preferred programs tend to align with the researcher's personal inclinations. However, in the case of semantics at the triplet level, the results are readily acceptable to proponents of both approaches.

Keywords: code biology; genetic code; triplets; semantics; tRNA; semiotically aware biology.

For citation: Chebanov, S.V. Kuznetsova V.V. (2024) The Semantics of the Genetic Code at the Triplet Level. *METHOD: Moscow quarterly journal of social studies / RAN, INION.* – Moscow, 2024. – Part 14. Vol. 4, No 4, P. 30–72. DOI: 10.31249/metod/2024.04.02

References

- Aristotle. Physics // Aristotle. Soch. in 4 volumes, vol. 3. Moscow: Mysl, 1981, pp. 56–262.
Austin J. A word as an action // New in foreign linguistics. Issue 17: Theory of speech acts. Moscow: Progress Publ., 1986, pp. 22–130.
Austin J.L. How to do Things with Words. 2 nd ed. – Cambridge, MA: Harvard University Press, 1962. – 192 p.
Barbieri M. Code Biology. A New Science of Life. – Dordrecht: Springer, 2015. – 224 p.
Barbieri M. From Biosemiotics to Code Biology // Biological Theory. – 2014. – Vol. 9. – P. 239–249. – <https://doi.org/10.1007/s13752-014-0169-8>
Beklemishev V.N. Systematics methodology. – M.: Scientific T. ed. KMK, 1994. – 221 p.
Bogin G.I. Acquiring the ability to understand: An Introduction to philological Hermeneutics. Moscow: Psychology and Business Online, 2001. 516 p.
Chebanov S.V. [Review] // METHOD: Moscow quarterly of works from social science disciplines / RAS, INION. – Moscow, 2023. – Issue. 13, Vol. 3, No. 4. – Pp. 79–97. – Review of the

¹ **Sergey Viktorovich Chebanov** – Doctor of Philosophy, Professor, Department of Mathematical Linguistics, St. Petersburg State University, email: s.chebanov@spbu.ru

Vera Vladislavovna Kuznetsova – First-Year Master's Student, Department of Mathematical Linguistics, St. Petersburg State University, email: st099991@student.spbu.ru

- book: *Semiotic Agency: Science beyond Mechanism* / A. Sharov, M. Tønnessen (Eds.). – Dordrecht: Springer, 2021. – xxiii + 372 p. – DOI: 10.31249/metod/2023.04.05.
- Chebanov S.V. Double standards of semantic studies in bio- and anthroposemiotics // International Conference Эvolution of Human Capacities to Know and to Act or How to convert knowledge into power? – Moscow: National Research University Higher School of Economics, 2019 a. – URL: <https://social.hse.ru/en/announcements/312599447.html>
- Chebanov S.V. Enlogue as Quasipersonal Interaction: Biohermeneutic Issues // European Journal for Semiotic Studies. – 1995. – Vol. 7, № 3–4. – P. 439–466.
- Chebanov S.V. Semantophores: a view of biosemiotics and pragmalinguistics // Scientific Readings – 2004. Conference materials. Saint Petersburg: St. Petersburg State University Publishing House, 2005. pp. 243–252.
- Chebanov S.V. Semiotics of the contents and semiotics of expression: The role of sign's body // Körper – Verkörperung – Entkörperung. – Kassel: Kassel University Press, 2004. – P. 132–144.
- Chebanov S.V. Steps towards the semiotic awareness of biology: Biosemiotics replacing the role of synthetic theory of evolution // METHOD: Moscow Quarterly Journal of Social Studies. – 2019 b. – Vol. 9. – P. 151–173.
- Chebanov S.V. Theoretical Biology in Biocentrism // Lectures in Theoretical Biology. – Tallinn: Valgus, 1988. – P. 159–167.
- Chebanov S.V., Kuznetsova V.V. Signness and semiotics: what kind of signness are not studied by semiotics? what kind of non-signness are studied by semiotics? what kind of signness are studied by non-semiotics? // Open semiotics. – Paris: Editions L'Harmattan, 2026. – (in press).
- Chebanov S.V., Petrov T.G. Intensionality, intensional alphabets, intensional words and dictionaries // Actual problems of modern cognitive science. Ivanovo: [B.I.], 2013, pp. 239–266.
- Chertov L.F. Alphabet and coat // Chertov L.F. Iconic prism: articles on general and spatial semiotics. Moscow: Languages of Slavic Culture, 2014, pp. 180–186.
- Chudinova E.M., Nadezhina E.S. Interaction of the translation apparatus with microtubules // Advances in biological Chemistry. – 2018. – Vol. 58. – pp. 377–404.
- Dubrovsky D.I. The problem of the ideal: Subjective reality. Moscow: Canon+, 2002. 366 p.
- Esenova K.U., Ismayilova F.K. Major units in the notion of pragmalinguistics // European Journal of Natural History. – 2018. – № 6. – P. 45–52.
- Fisher R., Ury W.L., Patton B. Getting to Yes: Negotiating Agreement Without Giving In. – New York: Penguin Books, 2011. – 240 p.
- Freud Z. Interpretation of dreams. – Moscow: STD Company, 2005. – 680 p.
- Friedman V.S. From stimulus to symbol: Signals in vertebrate communication. Ch. 1, 2. Moscow: URSS – LIBROCOM, 2012. 512 p.
- Gimona M. Protein Linguistics – a Grammar for Modular Protein Assembly? // Gathering in Biosemiotics 6. – Salzburg: Telos-Philosophische Praxis, 2006. – P. 45–48.
- Goethe I.W. Selected works on natural science. Moscow: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1957. 554 p.
- Goncharov V. Roman-amor dawn of roses: “A dream on the riverbank a minute before waking up” // Chitalnya.ru. – 2013. – URL: <https://www.chitalnya.ru/work/807843/>
- Gorban I.I. Randomness and hyper-randomness. – Kiev: Naukova dumka, 2016. – 278 p.
- Gorokhovskaya E. Sense as biological category // Gatherings in Biosemiotics. – Tartu: Tartu University Press, 2012. – P. 188–189.
- Gurwitsch A.G. Der Vererbungsmechanismus der Form // Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen. – 1914. – Vol. 39. – P. 516–577.
- Hjelmslev L. Prolegomena to a Theory of Language. – Madison: University of Wisconsin Press, 1961. – 144 p.
- Hoffmeyer J. Introduction: Semiotic Scaffolding // Biosemiotics. – 2015. – Vol. 8. – P. 153–158. – <https://doi.org/10.1007/s12304-015-9236-1>

- Huang X., Huang L., Lu J. et al. The relationship between telomere length and aging-related diseases // Clinical and Experimental Medicine. – 2025. – Vol. 25. – P. 72. – <https://doi.org/10.1007/s10238-025-01608-z>
- Ilyenkov E.V. Dialectics of the ideal // Ilyenkov E.V. Collected Works. Volume 5. Moscow: Canon+, 2021. pp. 16–85.
- Jakobson R.O. Morphological observations on Slavic declension // American contributions to the fourth International congress of Slavicists. – The Hague: Mouton, 1958. – P. 127–156.
- Koonin E.V., Novozhilov A.S. Origin and Evolution of the Universal Genetic Code // Annual Review of Genetics. – 2017. – Vol. 51. – P. 45–62. – <https://doi.org/10.1146/annurev-genet-120116-024713>
- Kornev T.A., Chebanov S.V. [Review] // METHOD: Moscow quarterly of works from social science disciplines / RAS, INION. – Moscow, 2023. – Issue. 13, Vol. 3, No. 4. – Pp. 79–97. – Review of the book: Semiotic Agency: Science beyond Mechanism / A. Sharov, M. Tønnessen (Eds.). – Dordrecht: Springer, 2021. – xxiii + 372 p. – DOI: 10.31249/metod/2023.04.05.
- Kull K. Life Is Many, and Sign Is Essentially Plural: On the Methodology of Biosemiotics // Towards a Semiotic Biology. – London: Imperial College Press, 2011. – P. 113–129. – https://doi.org/10.1142/9781848166882_0006
- Kull K., Torop P. Biotranslation: Translation between *umwelten* // Readings in Zoosemiotics. – Berlin; Boston: De Gruyter Mouton, 2011. – P. 411–425.
- Kuznetsov N.A., Muskhelishvili N.L., Shreider Yu.A. Information Interaction as an Object of Scientific Research (Perspectives of Informatics) // Voprosy Filosofii. – 1999. – № 1. – P. 77–87.
- Lakoff J., Johnson M. Metaphors that we live by. – Moscow: Unified URSS, 2004. 256 p.
- Levich A.P. Semiotic structures in ecology, or is there an ecological code? // Man and the biosphere: an ecological forecast. Moscow: Moscow University Press, 1983. pp. 68–77.
- Lotman Yu.M.A.S. Pushkin's Novel "Eugene Onegin": Comments. Leningrad: Prosveshchenie Publ., 1983. 416 p.
- Lyubishchev A.A. On the nature of hereditary factors // Proceedings of the Biological Research Institute at Perm University. – 1925. – Vol. 4, Appendix 1. – pp. 1–142.
- Markoš A. Readers of the Book of Life: Contextualizing Developmental Evolutionary Biology. – Oxford: Oxford University Press, 2002. – 264 p.
- Molchanov A.Y. Screening. Ways to increase the reliability of the results of psychophysiological research. – Moscow: MAIL LLC, 2016. – 244 p.
- Morozov V. Self-knowledge of the symposium // Znanie – sila. – 1978. – № 10. – C. 39–41. (In Russian)
- Nalimov V.V. The past in the present. – St. Petersburg; Moscow: Center for Humanitarian Initiatives, 2018. 354 p.
- Olovnikov A.M. The principle of marginotomy in matrix synthesis of polynucleotides // Reports of the USSR Academy of Sciences, 1971, vol. 201, No. 6, pp. 1496–1499.
- Ongstad S. Bakhtin's triadic epistemology and ideologies of dialogism // Empedocles: European Journal for the Philosophy of Communication. – 2014. – Vol. 5, № 1–2. – P. 23–39.
- Ongstad S. A conceptual framework for studying evolutionary origins of life-genres // Biosemiotics. – 2019. – Vol. 12, № 2. – P. 245–266.
- Ongstad S. Can Animals Refer? Meta-Positioning Studies of Animal Semantics // Biosemiotics. – 2021. – Vol. 14, № 2. – P. 433–457–11.
- Panov E.N. Individual – collective – social in nature and in society. Escape from loneliness. – Moscow: Lenand, 2023. – 638 p.
- Petrov T.G. A universal scheme for the representation of chemical analyses for the creation of factual information retrieval systems in the field of geochemistry // Bulletin of Leningrad State University, 1972, No. 6, pp. 51–58.
- Petrov T.G. The RHA method for encoding, systematizing and displaying changes in the age composition of the population // ResearchGate. – 2015. – DOI: 10.13140/RG.2.1.3207.2166

- Pike K.L. Language in relation to a unified theory of the structure of human behavior. – Glendale, CA: Summer Institute of Linguistics, 1954. – 256 p.
- Pivovarov D.V. The main categories of ontology. Yekaterinburg: Ural University Publishing House, 2003. 265 p.
- Prinz R. Code Biology Database – A List of Biological Codes // Code Biology. – 2022. – URL: <https://codebiology.org/database.pdf>
- Prinz, R. Code Biology Database – A List of Biological Codes // METHOD: Moscow Quarterly Journal of Social Studies, 2022, 2 (4), P. 22–100. <http://www.doi.org/10.31249/metodquarterly/02.04.02>
- Rozanov A.Y. There is no need to stop scientists from thinking as they see fit // Science of the Urals. – 2023. – № 3 (1264). – C. 3. (In Russian)
- Saussure F. de. General Linguistics Course // Saussure F. de. Works on linguistics. Moscow: Progress Publ., 1977, pp. 31–273.
- Schrader Yu.A. Multilevel and systematic nature of reality studied by science // Consistency and evolution. Moscow: Nauka Publ., 1984, pp. 69–82.
- Schrödinger E. What is Life? The Physical Aspect of the Living Cell. – Cambridge: Cambridge University Press, 1944. – 104 p.
- Searle J.R. Speech Acts: An Essay in the Philosophy of Language. – Cambridge: Cambridge University Press, 1969. – 228 p.
- Searle J.R. What is a speech act? // New in foreign linguistics. Issue 17: Theory of speech acts. Moscow: Progress Publ., 1986, pp. 151–169.
- Sedov A.E., Chebanov S.V. Biosemiotics. – <https://gordon0030.narod.ru/archive/20896/index.htm>, 2003.
- Sharov A.A. How to integrate biosemiotics with biology and physics? // METHOD: Moscow Quarterly of Works from Social Science disciplines. – 2022. – Issue 12, Vol. 2, No. 4. – pp. 153–160. – DOI: 10.31249/metodquarterly/04/02/09
- Sharov A. and Tønneson M. Semiotic agency: science beyond mechanism. Dordrecht, Springer, 2021, xxiii + 372 pp.
- Skrebtssova T.G. Cognitive linguistics: classical theories, new approaches. Moscow: YASK Publishing House, 2018. 391 p.
- Trubetzkoy N.S. Grundzüge der Phonologie // Travaux du Cercle Linguistique de Prague. – 1939. – Vol. 7. – 271 p.
- Uemov A.I. Things, properties and relationships. Moscow: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1963. 184 s.
- Uexküll J. von. Umwelt und Innenwelt der Tiere. – Berlin: Verlag von Julius Springer, 1909. – 224 p.
- Ukhtomsky A.A. Arousal, fatigue, inhibition // Physiological journal. – 1934. – Vol. 17, No. 6. – pp. 1114–1127.
- Van Dijk T.A. Discourse and Context. A Sociocognitive Approach. – Cambridge: Cambridge University Press, 2008. – 304 p.
- Yang M. A quantum mechanical approach to understanding DNA mutations // Berkeley Scientific Journal. – 2019. – Vol. 23, № 2. – P. 37–40.
- Zolyan S. On the context-sensitive grammar of the genetic code // Biosystems. – 2021. – Vol. 208. – P. 104497. – <https://doi.org/10.1016/j.biosystems.2021.104497>

СПИРОВ А.В.¹

**Языки развертывания наследственной информации
в эмбриогенезе: некоторые лингвистические аналогии
и семиотические аспекты²**

Аннотация. В статье рассматривается проблема развертывания наследственной информации в эмбриогенезе с междисциплинарных позиций системной биологии, лингвистики и биосемиотики. Автор предлагает рассматривать процессы индивидуального развития как многоуровневую систему знаковых взаимодействий, где генные регуляторные сети, межклеточные сигнальные пути и дистантные нейро- и гуморальные регуляции формируют своеобразные «языки» координации. Подробно обсуждается концепция иерархии языков, включающая четыре уровня: язык межгенных взаимодействий, межклеточный сигнальный язык, язык дистантных биохимических регуляций и языки коммуникации иммунной и нервной систем. В рамках анализа подчеркивается роль контекста, синтаксических и семантических правил, а также эмерджентных свойств, формирующихся при интеграции сигналов на разных уровнях. Сравнение этих процессов с человеческими языками, включая их словари, грамматику и контекстуальную зависимость, позволяет глубже понять механизмы координации экспрессии генов и пространственно-временной организации эмбриогенеза. Приводятся аналогии с картами эмбриональной судьбы и «политической географией» морфогенетических полей, а также с языками программирования, подчеркивающие универсальность принципов иерархической организации информации. В работе акцентируется важность концепций ограничений (constraints) и скаффолдинга (scaffolding) Говарда Патти, идей Джеспера Хоффмейера о переходе от химических взаимодействий к семиотическим процессам и взглядов Терренса Дикона на эмерджентное возникновение знаков. Показано, что интеграция этих концепций открывает новые перспективы системной интерпретации развития и может способствовать созданию формальных моделей «грамматики» эмбриогенеза.

Ключевые слова: эмбриогенез; генные регуляторные сети; биосемиотика; межклеточная коммуникация; морфогенетические поля; языковые аналогии.

¹ Спиро́в Алекса́ндр Влади́мирович, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник ИНИОН РАН, ведущий научный сотрудник ИЭФБ им. И.М. Сеченова РАН; alexander.spirov55@gmail.com

² Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-18-00383-П, проект «Междисциплинарные методологические основания расширенного эволюционного синтеза в науках о жизни и обществе» в ИНИОН РАН.

Для цитирования: Спиров А.В. Языки развертывания наследственной информации в эмбриогенезе: некоторые лингвистические аналогии и семиотические аспекты // МЕТОД: московский ежеквартальный трудов из обществоведческих дисциплин / ИНИОН, РАН. – Москва, 2025. – Вып. 14, Т. 4, № 4. – С. 73–102. – DOI: 10.31249/metod/2024.04.03

Языки развертывания наследственной информации в эмбриогенезе

Учебники традиционно утверждают, и это по-прежнему в целом верно, что основная часть сведений о строении и функционировании организма (включая человека) заключена в ядре оплодотворенной яйцеклетки. В ходе эмбрионального развития эта информация в течение недель или месяцев постепенно «разворачивается», формируя возрастающую сложность будущего многоклеточного организма. Так, человеческое тело насчитывает около тридцати триллионов клеток, организованных в разнообразные ткани и органы, интегрированных нервной и гормональной системами, защищенных иммунными механизмами и поддерживаемых системами обновления.

Попытки осмыслить реализацию генетической информации в эмбриогенезе в семиотических категориях и через аналогии с языками предпринимались еще несколько десятилетий назад [Pattee, 1968; Pattee, 1969; Jakobson, 1970; Использование ЭВМ, 1988]. Со временем становится все очевиднее, что данные процессы значительно сложнее, чем представлялось ранее. Если молекулярные биологи сосредотачивались главным образом на кибернетических и информационных аспектах передачи и хранения наследственной информации, то авторы биосемиотических работ подчеркивали специфику биологических знаков и особый характер биологических «текстов» [Pattee, 2001; Hoffmeyer, 2014; Lacková, Faltýnek, 2021].

Сегодня системная биология акцентирует внимание на комплексности и многоуровневости генетических и эпигенетических механизмов, действовавших в эмбриональном развитии (например, [Spirov, 2025]). Мы считаем, что уровень детализации современных механистических описаний ясно указывает на их внутреннюю сложность, и эта сложность должна находить отражение и в семиотическом анализе.

Лингвистическое восприятие процессов молекулярной биологии и генетики начало складываться сразу после открытия универсального генетического кода и, в той или иной форме, развивается все последующие десятилетия (например, обзор [Raible, 2001]). Именно в этой области были впервые предложены лингвистические аналогии, которые и сегодня находят продолжение в ряде исследований [Zolyan, 2021; Zolyan, 2023]. При этом современное поле исследований кодов и «языков» в биологии стало гораздо шире. Так, биосемиотическое направление код-биологии собрало и систематизировало более двухсот различных биологических кодов [Prinz, 2023]. Параллельно, в современной биологии активно исследуются «языки» развертывания наследственной информации в эмбриогенезе и функ-

ционировании зрелого организма [Weingarten-Gabbay, Segal, 2014; Base-resolution models, 2021; Lal, 2022; TF-COMB, 2022]. Биологи выделяют здесь своеобразные «слова» и «правила грамматики», что позволяет лучше понимать и сравнивать эти процессы. Однако вопросы, связанные с лингво-семиотическими аспектами индивидуального развития и возможными параллелями с языковыми системами, все еще требуют более пристального анализа.

Мы в этой публикации рассмотрим тему развертывания генетической информации в индивидуальном развитии в ее основных информационных и семиотических аспектах и по аналогии с лингвистикой.

Как биомолекулы становятся знаками?

В живой природе мы сталкиваемся с явлениями сохранения, передачи, интерпретации и реализации информации. Аналогичные процессы воспроизводятся людьми в современных технологиях. Но принципиальное различие в том, что в биологических системах подобные механизмы возникли и развивались спонтанно. Поэтому вопросы о том, кто является отправителем генетических сообщений и кто выступает их адресатом, звучат вполне закономерно.

Как подчеркивает Хоффмайер, в молекулярной биологии под генетической информацией чаще всего подразумевают набор «инструкций» [Hoffmeyer, 2014]. Однако термин «инструкция» оказывается малосодержательным, если он не обращен к «кому-то», способному реализовать его на практике. В этом смысле понятие «информация» в применении к генам остается весьма расплывчатым. Возникает вопрос: кто именно должен «понять» и исполнить такую инструкцию? Ведь без агента, способного интерпретировать сообщение, оно не будет иметь никакого действия [Hoffmeyer, 2014]. Именно Говард Патти и Джеспер Хоффмеер, а вслед за ними Терренс Диакон обратили внимание на эту проблему интерпретации.

Говард Патти заложил основы современного видения кодов в эво-дево

Говард Патти задался в свое время общим вопросом, как отличить «общение» между молекулами от обычных физических взаимодействий между молекулами, которые, как мы считаем, объясняют все их движения [Pattee, 1969]. Он подчеркивал, что мы пытаемся понять не молекулярную структуру, а структуру «языка» молекул в самом элементарном смысле. Он полагал, что нам нужны как теория происхождения иерархической организации, так и эксперименты или демонстрации, показывающие, что иерархические ограничения «языка» на самом деле могут возникать из

обычных физических ограничений, которые удерживают молекулы вместе, и законов, которые управляют их движениями.

Гипотеза о возникновении символьных кодов: Говард Патти еще в 60-х годах предполагал, что жизнь требует наличия символьных кодов (например, генетического кода), которые связывают физические процессы с информационными [Pattee, 1973]. Эти коды возникают как результат эволюционного перехода от простых химических реакций к сложным системам, способным хранить и передавать информацию. По его мнению, такие коды являются необходимым условием для возникновения сложных биологических систем, включая многоклеточные организмы.

Гипотеза о разделении между динамикой и контролем: Патти подчеркивал, что в живых системах существует фундаментальное разделение между динамическими процессами (например, химическими реакциями) и контролирующими механизмами (например, генетической регуляцией) [Pattee, 1973]. Языки или коды возникают как средство для управления динамическими процессами, обеспечивая точность и воспроизводимость биологических функций.

Гипотеза о роли иерархий в эволюции кодов: Согласно Патти, эволюционное формирование иерархических уровней организации жизни требует формирования своих собственных кодов или языков для каждого нового уровня [Pattee, 1973; Pattee, 2001]. Например, генетический код регулирует процессы на молекулярном уровне, а клеточные сигнальные пути – на уровне взаимодействия клеток. К настоящему времени мы можем сказать гораздо больше о языках взаимодействия клеток и морфогенетических полей и об их иерархичности (см. ниже). Эти коды эволюционируют, чтобы обеспечивать координацию между различными уровнями организации.

Гипотеза о связи между языком и материей: Патти рассматривает языки и коды как мост между абстрактной информацией и материальными процессами [Pattee, 2001]. Без таких кодов невозможно было бы достичь сложности, наблюдаемой в живых системах. В многоклеточных организмах это проявляется в виде сложных регуляторных сетей, которые координируют развитие и функционирование клеток. В последние десятилетия эта тема активно развивается Марчелло Барбиери [Barbieri, 2003].

Таким образом, идеи Патти имеют междисциплинарный характер и предлагают глубокий взгляд на природу жизни, эволюцию и роль информационных процессов в биологии.

Джеспер Хоффмеер развил семиотические взгляды

Джеспер Хоффмеер, в развитие идей Патти, утверждает, что ключевым моментом в возникновении жизни является переход от чисто химических взаимодействий к семиотическим процессам, т.е. к таким, в которых молекулы начинают функционировать не просто как реагенты, а как зна-

ки, несущие определенное значение [Hoffmeyer, 2014]. Это означает, что последовательности ДНК, конформации белков и другие структурные особенности становятся «кодами», способными передавать инструкции о клеточных функциях.

Простые химические молекулы, обладая предопределенной способностью к взаимодействию, постепенно обретают механизм, посредством которого клетка может «читать» и интерпретировать эти молекулярные сигналы [Hoffmeyer, 2014]. Таким образом, молекулярные структуры, такие как нуклеиновые кислоты и белки, становятся частью сложных регуляторных сетей, где их последовательности и структуры определяют специфические функциональные результаты. Этот процесс можно сравнить с программированием: изначально случайные химические реакции организуются в определенном порядке, после чего устанавливаются правила (или грамматика), по которым информация транслируется и интерпретируется.

Концепция ограничений (constraints) Говарда Патти

Говард Патти первым обратил внимание, что в биологических системах информация не просто передается, а структурируется через ограничения (constraints) [Pattee, 1973; Pattee, 2001]. Это означает, что определенные физические и химические процессы в живых системах направляются и организуются не только законами природы, но и дополнительными правилами, накладываемыми на них (например, кодами и «языками»). Эти ограничения позволяют системам функционировать упорядоченно и избегать хаотического поведения.

Патти показал, что для возникновения сложных систем (таких как жизнь и языки) важны не только физические законы, но и ограничения, формирующие упорядоченные структуры [Pattee, 2001]. Именно Патти провел аналогии между ограничениями в биологических языках и в человеческих языках [Pattee, 2001]. А именно, в человеческих языках грамматика и правила синтаксиса выполняют аналогичную роль, ограничивая допустимые формы речи и письма. Более того, эволюция языков и кодов может рассматриваться как процесс появления новых ограничений, позволяющих системам становиться более сложными и более высокоорганизованными.

Воззрения Терренса Дикона

Терренс В. Дикон (Terrence W. Deacon) рассматривает переход от простых химических объектов к носителям биологически значимой информации как эмерджентный процесс, в основе которого лежит возник-

новение ограничений (constraints) и семиотической организации в саморегулирующихся системах [Deacon, 2011; Deacon, 2012].

Дикон вслед за Патти утверждает, что изначально макромолекулы существуют как простые химические реагенты, подчиненные законам химии. Однако с ростом сложности системы и появлением множества взаимосвязанных реакций возникают специфические ограничения – наборы правил, которые направляют потоки энергии и регулируют возможные состояния системы [Deacon, 2011; Deacon, 2012]. Именно эти ограничения (которые можно интерпретировать как форму информации) позволяют системе «запомнить» и передавать определенные функциональные команды, необходимые для жизнедеятельности.

Согласно Дикону, жизненные системы начинают функционировать не только благодаря химическим свойствам своих компонентов, но и за счет способности этих компонентов действовать как знаковые системы [Deacon, 2011; Deacon, 2012]. То есть, последовательности ДНК, структуры белков и их конформации становятся носителями «значения», когда они интегрированы в сложные регуляторные сети. Эта трансформация происходит благодаря самоорганизации системы: молекулы «учатся» ассоциировать определенные последовательности с конкретными функциональными ответами, что можно сравнить с грамматикой и синтаксисом языка.

В процессе эволюции клеточные системы приобретают способность задавать и интерпретировать правила, определяющие, как именно «читать» молекулярные сигналы. В ходе эволюции макромолекулярных ансамблей устанавливаются устойчивые ограничительные структуры (например, генетический код). Эти структуры позволяют макромолекулам выступать в роли программных элементов, которые управляют процессами репликации, транскрипции и трансляции, а значит, становятся носителями биологической информации [Deacon, 2011; Deacon, 2012].

Развитие Диконом концепции ограничений

С более общих позиций мы можем вслед за Диконом задаться вопросом о том какая форма молекулярного процесса необходима и достаточна для интерпретации некоторого свойства молекулы как предоставления информации о других молекулярных свойствах [Deacon, 2021]?

Интегрируя семиотику Пирса с биологическими процессами, Дикон вслед за Хоффмайером закладывает основу для понимания того, как макромолекулы переходят из простых химических объектов в носители биологически значимой информации, становясь, таким образом, знаками в семиотическом смысле [Deacon, 2021]. Иначе говоря, переход от химических процессов к семиотическим процессам предполагает появление значения.

Дикон [Deacon, 2021] вслед за Патти [Pattee, 1968; Pattee, 1969; Pattee, 2001] полагает, что макромолекулы становятся носителями информации, накладывая ограничения на возможные результаты биохимических процессов. Например, структура фермента ограничивает возможные реакции, эффективно направляя биохимический процесс в определенном направлении и неся, таким образом, информацию о потенциальных реакциях. А именно, активный центр фермента представляет собой структурное ограничение, которое селективно взаимодействует только с определенными субстратами (фермент-субстратные взаимодействия). Эти ограничения создают контекст для биохимических «знаков», где форма и электростатические свойства молекул функционируют как семиотические элементы.

Именно с позиций роли ограничений Дикон описывает семиотические аспекты процессов генной регуляции в индивидуальном развитии и эволюции [Deacon, 2021]. Как формулирует Дикон, на базовом уровне регуляции гена локальная нуклеотидная последовательность молекулы ДНК влияет на организацию двойной спирали ДНК в этом локусе. Это облегчает избирательное связывание белков, способных изменять экспрессию соседних генов. Далее, белковая структура, определяемая последовательностями ДНК, может стимулировать, ингибиовать или регулировать транскрипцию многих других последовательностей ДНК (кодирующих соответствующие белковые структуры) [Deacon, 2021].

Обеспечивая регуляцию больших наборов генов из одного локуса, эта регуляторная логика обеспечивает основу для семиотического построения интерпретационной компетентности и появления все более высоких уровней этой компетентности. Скоординированная экспрессия больших наборов генов может иметь крупномасштабные фенотипические эффекты, как за счет внутренней регуляции клеток, так и за счет регуляции экспрессии генов целыми наборами других клеток. Таким образом, семиотическое ограничение постепенно переносится от молекул к клеткам, тканям и структуре тела [Deacon, 2021].

Ограничения и скаффолдинг в многоуровневых молекулярно-генетических процессах

Мы считаем обоснованным развивать интерпретацию клеточных «языков», опираясь на идеи Дикона, Патти и Хоффмайера о специфике биологической (молекулярно-генетической и молекулярно-эпигенетической) информации [Pattee, 2001; Hoffmeyer, 2014; Deacon, 2021]. Логично рассматривать эти идеи в русле концепций биосемиотического скаффолда (scaffold [Hoffmeyer, 2014]) и ограничений (constraints). В наиболее общем виде под ними понимается совокупность механизмов, которые направляют протекание процессов по определенным траекториям.

Подобные механизмы охватывают несколько уровней организации – от элементарных химических реакций до сложных биологических систем. Каждый уровень базируется на более простых и одновременно способен их контролировать, формируя структурированную иерархию, где верхние уровни могут регулировать нижние. Это согласуется с рассматриваемой в статье концепцией иерархии «языков» регуляции генов.

Между уровнями скаффолда существует взаимозависимость, и потому изменения или ограничения на одном из них могут вызывать каскадные эффекты во всей системе [Deacon, 2021]. Именно эта взаимосвязанность играет ключевую роль в возникновении семиотических процессов, где информация и значения распределяются и интерпретируются на разных уровнях. Такая иерархия охватывает как низшие уровни генных сетей раннего эмбриогенеза, так и пространственно организованные системы защиты, регуляции и интеграции многоклеточного организма, включая языки иммунной и нервной коммуникации.

Иерархии языков развертывания наследственной информации в индивидуальном развитии

Общие соображения «как биомолекулы становятся знаками» с семиотических позиций, изложенные выше, хорошо иллюстрируются конкретными знаниями биологов о многоуровневом регулировании процессов развертки генетической информации в эмбриогенезе. Поэтому далее мы рассмотрим в минимально необходимых деталях соответствующую иерархию биологических языков развертывания наследственной информации, сведенных в таблице 1.

Таблица 1
Основные языки реализации (развертывания) генетической информации в развитии многоклеточного организма

«Языки» (коды)	Факторы-сигналы	Специфика	Конечная мишень
Язык межгенного взаимодействия	Белки-факторы транскрипции	Функционирует в пределах одной клетки	Гены
Межклеточный сигнальный язык	Биохимические факторы	Обеспечивает коммуникацию между соседними клетками	--“--
Язык биохимических регуляций клеток на расстоянии	Биохимические факторы (факторы роста, гормоны)	Основан на химических сигналах, способных преодолевать значительные расстояния в пределах организма	--“--
Языки регуляции иммунной и нервной систем	Биохимические факторы (нейромедиаторы)	«Дальнодействующие» сигналы передаются кровотоком	--“--

Принципы реализации информации в развитии многоклеточного зародыша

В данном разделе обзора мы сосредоточимся на роли генов в организации процессов эмбрионального развития. С самого его начала гены поэтапно активируются, формируя все более сложные ансамбли, основанные на регуляторных взаимодействиях. Эти ансамбли получили название генных регуляторных сетей (ГРС) [A census, 2009]. В их функциональной архитектуре ключевым является свойство, при котором ген кодирует белок, основная функция которого заключается в распознавании и связывании с другими генами сети. Такое специфическое связывание позволяет белку оказывать регулирующее воздействие на ген-мишень: либо активируя его экспрессию, либо, напротив, подавляя ее [A census, 2009].

По мере практически экспоненциального увеличения числа клеток зародыша начинают действовать регуляторные «языки» (или коды) более высоких уровней. Можно выделить как минимум четыре иерархических уровня языков регуляции генов (таблица 1). К ним относятся: язык межгенных взаимодействий (1); межклеточный сигнальный язык (2); язык биохимических регуляций клеток на расстоянии (3); языки регуляции, реализуемые иммунной и нервной системами (4).

Язык межгенных взаимодействий

Гены несут в себе наборы инструкций по их считыванию: Ген несет в себе не только информацию в узком понимании, но и набор инструкций, связанных с его экспрессией. Он выступает не просто «носителем генетической информации», как это обычно формулируется. Да, в частности, ген определяет аминокислотную последовательность кодируемого белка. Но, кроме этого, он включает обширный комплекс регуляторных элементов, контролирующих его активность. Именно регуляция активности генов определяет, какие гены будут задействованы, в какой момент, в каких клетках эмбриона, с какой интенсивностью и как долго [Levine, Davidson, 2005; Davidson, 2006; Davidson, Erwin, 2006; Peter, Davidson, 2015]. Базовыми компонентами регуляторных областей гена выступают специфические сайты связывания – короткие фрагменты ДНК, распознаваемые белками, регулирующими экспрессию генов. Главными среди них являются транскрипционные факторы. Такие сайты обычно имеют длину от 8–10 до 16–20 пар оснований и группируются в кластеры, образуя регуляторные модули.

В результате интеграции всех прямых и опосредованных регуляторных сигналов ген включается в определенное время, в конкретной клетке и с заданной интенсивностью. Меняющийся набор опосредованных взаимодействий естественно рассматривать как контекст [Data integration, ..., 2020]. Это напрямую подводит к аналогиям с лингвистическими системами.

Следует подчеркнуть, что в рассматриваемых процессах задействован целый ряд кодов, которые подробно изучаются в рамках код-биологии [Prinz, 2023]. В классификации Принца выделяются транскрипционные коды, включая HOX-коды (основанные на генах семейства HOX), сигнальные коды, pathway-коды, коды микроРНК, мембранные коды, а также эпигенетические коды, среди которых особое место занимают гистоновые [Prinz, 2023].

Языки межгенных взаимодействий

Обратимся теперь к языку, действующему на уровне генных регуляторных сетей. Для примера рассмотрим один тип регуляторного модуля – промотер, который является наиболее древним элементом, присутствующим у всех генов [Butler, Kadonaga, 2002] (рис. 1 В). Промотеры многоклеточных организмов состоят из ограниченного набора мотивов – своеобразных «слов» (примерно 4–10), формирующих соответствующий словарь [Haberle, Stark, 2018; Large-scale analysis, 2022]. Эти «слова» представляют собой короткие последовательности из четырех нуклеотидов. Помимо словаря, существует и набор грамматических правил их комбинации [Weingarten-Gabbay, Segal, 2014; Base-resolution models, 2021; Lal, 2022; TF-COMB, 2022]. Например, для функционирования промотера необходимы определенные обязательные слова; некоторые мотивы имеют фиксированный или предпочтительный порядок, тогда как многие могут располагаться свободно.

Таким образом, промотер можно рассматривать как фразу или даже как предложение на языке промотеров. Более точно – как инструкцию, задающую условия его работы и определяющую набор команд при различных ситуациях [Weingarten-Gabbay, Segal, 2014; Base-resolution models, 2021; Lal, 2022; TF-COMB, 2022]. Действуя совместно с другими регуляторными модулями (прежде всего энхансерами, имеющими сходный принцип организации), промотер интегрирует входящие сигналы и обеспечивает контроль активности гена во времени развития и в пространстве эмбриона или взрослого организма.

Языки межклеточного (биохимического) сигналинга

Процессы обмена сигналами между клетками развивающегося эмбриона можно рассматривать как сложные «языки общения», которые обеспечивают координацию развития тканей и органов. Эти сигналы передаются с помощью (био) химических молекул, таких как белки, пептиды, липиды, нуклеиновые кислоты (но включают и ионы), которые взаимодействуют с рецепторами на поверхности или внутри клеток [Cooper, 2000; Molecular biology, 2002]. Эти взаимодействия запускают каскады внутри-

клеточных реакций, регулирующих экспрессию генов, пролиферацию, дифференцировку, миграцию и апоптоз клеток. В этом представлении сигнальные молекулы выступают в роли «слов», а их концентрация «сила действия» (активность), время появления и динамика составляют «синтаксис» и «грамматику» этого языка.

К основным способам общения клеток относят непосредственные контакты (рис. 1) и дистантные (взаимо) действия посредством сигнальных факторов [Cooper, 2000; Molecular biology, 2002]. Контактные взаимодействия («близкодействие») осуществляются белками клеточной мембраны, такими как кадгерины и интегрины, которые обеспечивают прямое взаимодействие между клетками. Взаимодействие трансмембранных протеиновых факторов Delta и Notch – относится к другому хорошо исследованному механизму клеточного близкодействия [Коран, 2012]. К более нетривиальным способам действия клеток относят коммуникации посредством электрических сигналов, когда задействованы ионные каналы и потенциалы, особенно в раннем развитии нервной системы [Tosti, Boni, Gallo, 2016].



Рис. 1
Биохимические языки общения клеток
(близкодействующие и дальнодействующие)

Действия на расстояния до нескольких десятков клеток осуществляются факторами-морфогенами, цитокинами и факторами роста – эти молекулы способны распространяться на определенные расстояния от выделяющих их клеток (рис. 1) [Cooper, 2000; Molecular biology, 2002].

Семантические аспекты языков межклеточных коммуникаций в эмбриогенезе Гены функционируют в пространстве организма

Принципиально важно отметить, что регуляция генов осуществляется не только во временном, но и в пространственном измерении эмбриона. По мере роста числа клеток в зародыше возникают новые уровни контроля генной активности: эмбриональные клетки начинают обмениваться специализированными биохимическими сигналами [Cooper, 2000; Molecular biology, 2002]. Эти сигналы, вырабатываемые одними клетками, специфически воздействуют на рецепторы других клеток. В результате контекст, определяющий реакцию гена на регуляторные молекулы, выходит за пределы одной клетки. Таким образом, регуляторные взаимодействия становятся пространственно распределенными в масштабе всего эмбриона. Ген получает входящие сигналы как от собственной клетки, так и от соседних и удаленных клеток, а также из внешней среды, интегрируя эти потоки информации и принимая решения.

Передача информации в ходе зародышевого развития

Как уже отмечалось выше, процессы регуляции генов происходят не только во временной последовательности стадий развития, но и в пространственной организации эмбриона, и эта пространственная размерность имеет принципиальное значение. На начальных этапах регуляция осуществляется в единственной клетке – зиготе, а затем в совокупности функционально и физически связанных клеток раннего зародыша. Позднее эти процессы реализуются во все более специализированных эмбриональных закладках, которые нередко описывают как морфогенетические поля [Levin, 2012].

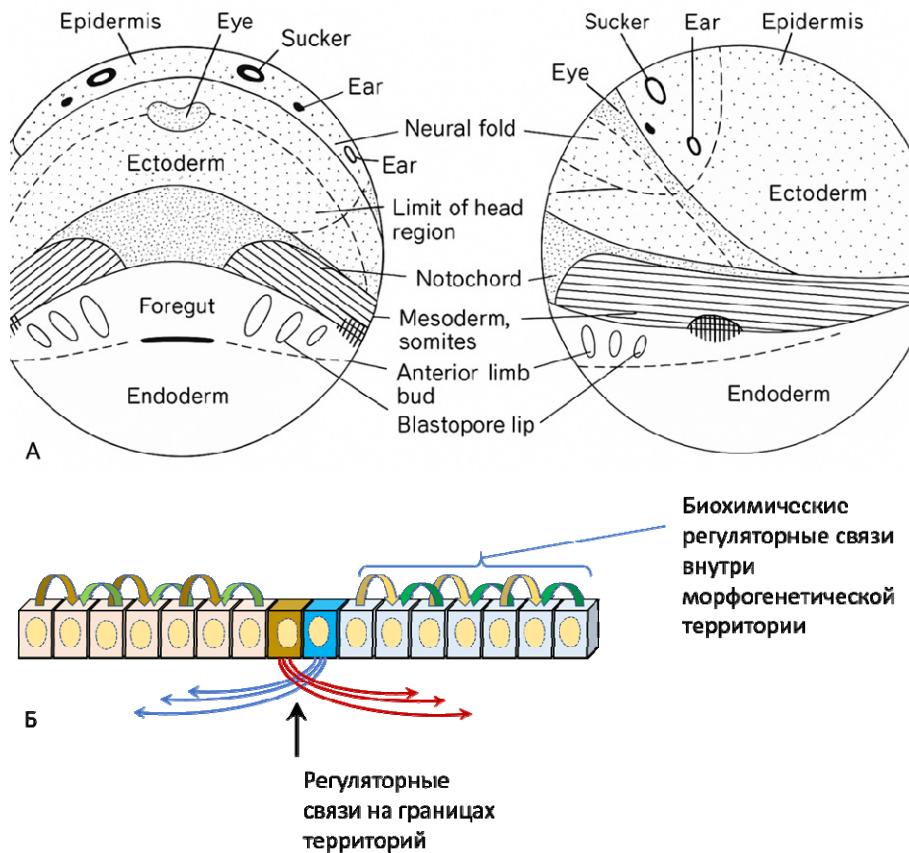


Рис. 2

Морфогенетические поля и биохимические взаимодействия клеток в пределах этих полей и на границах между ними. (А) Карта зачатков (fate map) будущих органов и тканей лягушки, спроектированная на ранний эмбрион сферической формы, в двух проекциях. На таких картах, помимо будущих тканей (эктодерма, энтодерма, мезодерма, эпидермис, нервная ткань), отмечены локализации закладок будущих органов: глаз, ухо, присоска, конечности. (Б) Схема двух соседствующих морфогенетических полей (как ряд клеток), иллюстрирующая обмен биохимическими сигналами в пределах полей и на границах этих полей.

Географическая метафора

В начале XX в. биологи-экспериментаторы определяли свою дисциплину как механику развития, и в ее рамках получила широкое распространение концепция карт эмбриональной судьбы (fate maps) [Gilbert, 2007] (как на рис. 2). Современная биология значительно продвинулась в понимании процессов и механизмов, определяющих судьбу клеток в зародыше. Сегодня ясно, что карты судьбы имеют под собой конкретные биохимические основания и в значительной мере зависят от «языков» межклеточной коммуникации. В этой связи продуктивной представляется метафора карт политической географии, где учитываются особенности языков взаимодействия как внутри территорий, так и на их границах (рис. 2).

Как иллюстрируется рисунком 2, в ходе эмбрионального развития формируется обособление морфогенетических территорий – зачатков будущих органов. В пределах этих территорий клетки активно обмениваются собственным набором биохимических сигналов [Levine, Davidson, 2005; Davidson, 2006; Davidson, Erwin, 2006; Peter, Davidson, 2015]. На границах же действуют особые сигнальные системы, предназначенные для формирования структурных и функциональных разделов между территориями [Wilkinson, 2015]. Все это в значительной мере напоминает политическую географию, где внутри территорий функционируют свои языки, а на границах могут складываться особые формы трансграничного общения [Thomason, Kaufman, 1988; Lim, Ansaldi, 2015].

Словари и грамматика языков общения клеток

Исследование межклеточной коммуникации в эмбриональном развитии открывает перед нами удивительные аналогии с человеческим языком, где клетки общаются между собой посредством сложного «словаря» сигнальных молекул, организованного по принципам, напоминающим лингвистические структуры. Современные оценки (упомянутые ниже) показывают, что этот молекулярный «словарь» включает несколько сотен основных сигнальных молекул, которые образуют основу для сложнейшей системы коммуникации, управляющей формированием многоклеточного организма.

Грамматика языков общения клеток: Подобно тому, как в человеческой речи слова редко используются изолированно, практически все клетки в развивающемся эмбрионе одновременно получают множественные сигналы, которые они должны интегрировать для принятия критических решений о своей судьбе, пролиферации и миграции [Freeman, 2000; Perrimon, Pitsouli, Shilo, 2012].

Концепция «грамматики» развития основывается на понимании того, что сигнальные молекулы действуют не изолированно, а следуют опре-

деленным правилам комбинирования и интерпретации, аналогично грамматическим структурам в языке [Levine, Davidson, 2005; Davidson, 2006; Davidson, Erwin, 2006; Peter, Davidson, 2015]. Синтаксические правила этой биологической грамматики включают временные паттерны: одновременность воздействия факторов, осцилляции факторов [Коран, 2012]. Пространственная грамматика включает концентрационные градиенты морфогенов с их пороговыми механизмами интерпретации [Gurdon, Bourillot, 2001], резкие границы между доменами экспрессии и эффекты дальнодействующих влияний через диффузию.

«Семантические» правила этой биологической грамматики проявляются в контекстной зависимости, где один и тот же сигнал может иметь различные «значения» в зависимости от клеточного контекста.

Клетки также используют комбинаторную логику, напоминающую булеву алгебру, для интеграции сигналов [Davidson, 2006]: имеются примеры И-логики, ИЛИ-логики и НЕ-логики [Nature Neuroscience, 2008].

С эволюционной точки зрения, основные «слова» этого биологического языка демонстрируют удивительную консервативность: базовые сигнальные пути сохраняются от примитивных кишечнополостных и до млекопитающих [Pires-daSilva, Sommer, 2003]. Усложнение «грамматики» в ходе эволюции происходит за счет дупликации генов сигнальных молекул, появления новых модуляторов и усложнения регуляторных сетей [Carroll, 2008].

Таким образом, межклеточная коммуникация в эмбриональном развитии представляет собой сложную лингвистическую систему, где молекулярные «слова» организованы в соответствии с грамматическими правилами, обеспечивающими точную передачу информации для координированного развития многоклеточного организма.

Дистантные коммуникации клеток

Процессы дистантного общения клеток в эмбрионе и организме можно рассматривать как сложные «языки», которые используют биохимические сигналы для передачи информации на значительные расстояния (Рис. 1). Основные механизмы дистантного общения задействованы в нейро-гуморальной регуляции формирующегося и взрослого организма. Наиболее значимые примеры – это гормоны и нейротрансмиттеры (и нейропептиды) [Cell-cell communication ..., 2024]. Такие сигнальные молекулы, такие как гормон инсулин, тиреоидные гормоны и стероиды, выделяются эндокринными клетками и переносятся кровью к клеткам-мишеням. Нейроны передают сигналы через синапсы, но и выделяют сигнальные молекулы в кровоток (нейроэндокринная система [Neuroendocrine, 2025]). Дистантное общение особенно важно для координации развития эмбриона, поддержания гомеостаза и реакции на внешние стимулы. Наконец, дис-

тантные регуляции через кровоток существенны для работы иммунной системы [Uhl, Gérard, 2020].

В итоге мы приходим к заключению, что «языки клеточной коммуникации» в эмбриональном развитии – это не просто химические сигналы, а сложные, динамические коды, которые интегрируют пространственную и временную информацию для формирования структурированного, функционального организма. «Языки общения» клеток в эмбрионе представляют собой сложные сети сигнальных путей, которые координируют развитие организма. Изучение этих процессов продолжает раскрывать новые детали, что важно для понимания не только эмбриогенеза, но и регенерации тканей, а также патологий, таких как рак и врожденные дефекты.

Языки регуляции в соседствующих морфогенетических полях: В эмбриогенезе взаимодействие соседствующих морфогенетических полей (зачатков органов и тканей, как на рис. 2) регулируется сложными системами молекулярных сигналов, которые можно рассматривать как языки или коды регуляции [Prinz, 2023]. Эти коды обеспечивают пространственную и временную координацию развития различных частей организма.

Действующая в эмбриогенезе иерархическая система кодов регуляции, включает, как минимум, морфогенетические градиенты и сетевые взаимодействия, где критичны обратные связи и сигнальные петли (индукция глаза, сегментация сомитов), как обсуждалось выше.

Можно утверждать, что регуляторные механизмы на границах соседних морфогенетических полей (интерзачаточные взаимодействия) отличаются от механизмов внутри каждого зачатка (внутризачаточные регуляции), но при этом они имеют общие принципы и часто используют одни и те же сигнальные пути, но в разных контекстах и с разной степенью пространственной и временной координации [Wilkinson, 2015].

Здесь мы рассматриваем наиболее изученные случаи функционирования языков межклеточных коммуникаций, где лингвистические аналогии еще более наглядны, включая клеточные коммуникации на «географических» границах.

Аналогии между регуляцией на границах эмбриональных зачатков и контактными языками

В свете общей тематики этой главы мы хотели бы привлечь внимание к аналогиям между регуляторными процессами на границах морфогенетических полей и упрощенными языками общения на границах стран, поскольку оба явления демонстрируют специфические механизмы координации и взаимодействия между соседними системами. Эти общие соображения сведены нами в таблицу 2.

Таблица 2
**Аналогии между регуляцией на границах зачатков
и контактными языками**

Принцип	Границы морфогенетических полей	Границы языков (контактные зоны)
Взаимодействие между системами	Клетки одного зачатка воздействуют на клетки соседнего посредством сигнальных молекул	Люди разных языковых групп общаются с помощью смешанных, упрощенных форм
Специфичность регуляции / общения	Границы имеют уникальные механизмы сигнализации (например, градиенты морфогенов)	В контактных зонах формируются упрощенные языковые формы (пиджиньи, лингва-франка)
Комбинация элементов разных систем	Используются сигнальные пути обоих зачатков, но в особой конфигурации	Смешиваются элементы обоих языков, но упрощаются грамматика и лексика
Функция	Создание четких границ между органами, но с возможностью интеграции	Обеспечение минимально необходимого уровня взаимопонимания

В эмбриогенезе клетки на границах зачатков используют сигнальные молекулы для «переговоров» с соседними тканями (как рассматривалось выше). Это напоминает ситуацию, когда на границе стран люди используют смесь слов и фраз из обоих языков для общения. Внутри эмбриональных зачатков регуляция строже и более сложна (как в родном языке), тогда как на границах регуляция проще (как в контактном языке) [Thomason, Kaufman, 1988; Lim, Ansaldi, 2015].

Так, пиджин-английский (например, Tok Pisin в Папуа-Новой Гвинеи) – это упрощенная форма английского, используемая в контактных ситуациях, но отличающаяся от норм английского языка [Thomason, Kaufman, 1988; Lim, Ansaldi, 2015]. Регуляция на границах сомитов также проще и более пластична, чем внутри сегментов, поскольку клетки еще не до конца определили свою судьбу [Wilkinson, 2015].

На границах зачатков клетки могут временно экспрессировать гены обеих соседних структур, создавая промежуточные состояния. В контактных языках появляются гибридные грамматические конструкции, заимствованные из обоих языков, но упрощенные. Это напоминает двусторонний языковой обмен. В языковых контактных зонах, местные диалекты включают заимствования из обоих языков, но без сложных грамматических структур [Thomason, Kaufman, 1988; Lim, Ansaldi, 2015].

Итак, аналогия между морфогенетическими границами и языковыми контактными зонами показывает, что в обоих случаях взаимодействие требует адаптивных, гибридных и упрощенных форм коммуникации.

Иерархическая организация человеческих языков в сравнении с геномными языками

Иерархичность языков реализации наследственной информации обсуждалась еще Говардом Патти в конце 60-х годов прошлого века [Pattee, 1969; Pattee, 1973; Pattee, 1995] и к настоящему времени продолжает активно исследоваться по ряду направлений. Примечательно, что иерархичность присуща не только «генетическим / геномным языкам», но и человеческим языкам, а еще ярче выражена такая иерархичность у языков программирования. Эти междисциплинарные вопросы мы и рассмотрим здесь.

Концепция иерархической организации языковых систем представляет собой фундаментальный принцип, объединяющий, казалось бы, разнородные области лингвистики и молекулярной биологии. Как человеческие языки, так и геномные «языки» демонстрируют многоуровневую структурную организацию, где элементы нижних уровней комбинируются для формирования более сложных единиц верхних уровней [Chomsky, 1957; Chomsky, 1965; Jacob, Monod, 1961]. Данное сходство не является случайным, а отражает универсальные принципы организации сложных информационных систем в природе (сравни [Igamberdiev, 2024]).

Человеческий язык характеризуется иерархической структурой, включающей фонемы, морфемы, слова, фразы и предложения, где каждый уровень обладает собственными правилами организации и взаимодействия с другими уровнями [Jackendoff, 2002]. Аналогично, геномный «язык» организован в иерархию нуклеотидов, кодонов, генов, оперонов и хромосом, где информация кодируется и передается через сложные регуляторные сети [Molecular biology, 2014].

Базовые единицы и их комбинаторика: На фундаментальном уровне как человеческие, так и геномные языки основаны на ограниченном наборе дискретных единиц, которые комбинируются согласно определенным правилам для создания бесконечного множества значимых структур. В человеческом языке фонемы (обычно 20–80 единиц в зависимости от языка) комбинируются для формирования морфем и слов [Pinker, 1994]. В геномном коде четыре буквы-нуклеотида образуют огромнейшее многообразие генных последовательностей.

Принцип дискретной бесконечности, впервые сформулированный Хомским [Chomsky, 1965], проявляется в обеих системах. Ограниченный алфавит базовых элементов порождает потенциально бесконечное множество комбинаций через рекурсивные процессы [Hauser, Chomsk, Fitch, 2002].

Синтаксические и регуляторные правила: Иерархическая организация в обеих системах регулируется сложными наборами правил. В человеческом языке синтаксические правила определяют порядок и взаимосвязи слов в предложениях, создавая грамматически корректные и семантически осмысленные структуры [Radford, 1997]. Эти правила демонстрируют

свойства рекурсивности и структурной зависимости, позволяющие создавать вложенные конструкции произвольной сложности.

В геномных системах аналогичную роль играют регуляторные элементы и сигналы, контролирующие экспрессию генов. Промоторы, энхансеры, сайленсеры и другие регуляторные последовательности образуют сложные сети взаимодействий, определяющие когда, где и в каком количестве будет экспрессироваться определенный ген [Davidson, 2006]. Эти регуляторные «грамматики» демонстрируют иерархическую организацию, где локальные регуляторные модули интегрируются в более крупные регуляторные программы.

Контекстуальная зависимость и эмерджентные свойства: Важной характеристикой иерархических языковых систем является контекстуальная зависимость значения элементов от их позиции в структуре. В человеческом языке значение слова может радикально изменяться в зависимости от синтаксического и семантического контекста [Fillmore, 1982]. Аналогично, функция генетических элементов зависит от их геномного окружения, эпигенетических модификаций и клеточного контекста [An operational definition, 2009].

Иерархическая организация порождает эмерджентные свойства, которые не могут быть предсказаны исходя из характеристик отдельных компонентов. В лингвистике это проявляется в том, что смысл предложения не является простой суммой значений составляющих его слов, а возникает из их структурных взаимоотношений [Fodor, 1983]. В геномике эмерджентные свойства проявляются на уровне генных сетей, где взаимодействие множества генов создает сложные фенотипические паттерны, не предсказуемые из анализа отдельных генов [Kauffman, 1993].

Механизмы изменения и адаптации: Оба типа языковых систем демонстрируют способность к изменению и адаптации, сохраняя при этом свою базовую иерархическую структуру. Языковые изменения происходят на всех уровнях иерархии, но фундаментальные принципы иерархической организации остаются стабильными [Lightfoot, 1999]. Геномная эволюция также характеризуется изменениями на множественных уровнях – от точечных мутаций до крупномасштабных хромосомных перестроек. Однако базовые принципы генетического кода и основные механизмы регуляции генной экспрессии сохраняются на протяжении миллиардов лет эволюции [Koonin, 2009].

Кодирование и декодирование информации: Иерархическая организация в обеих системах служит эффективным механизмом кодирования, хранения и передачи информации. В человеческом языке иерархическая структура позволяет кодировать сложные концептуальные структуры в линейные последовательности звуков или символов, которые затем могут быть декодированы слушателем или читателем для восстановления исходного значения [Miller, 1956].

В геномных системах ДНК служит иерархически организованным носителем информации, где последовательность нуклеотидов кодирует не только структуру белков, но и сложные регуляторные программы (как обсуждалось выше). Процессы транскрипции и трансляции представляют собой механизмы декодирования генетической информации, в чем-то напоминающие лингвистические процессы понимания речи [Monod, 1971].

Избыточность и устойчивость к ошибкам: Иерархическая организация обеспечивает избыточность и устойчивость к ошибкам в обеих системах. В человеческом языке множественные уровни структурной организации создают избыточность, позволяющую понимать речь даже при наличии искажений на отдельных уровнях. Контекстуальные подсказки, синтаксические ограничения и семантические ожидания компенсируют локальные ошибки в восприятии [Shannon, 1948].

Генетический код также характеризуется встроенной избыточностью – большинство аминокислот кодируется несколькими кодонами, что обеспечивает устойчивость к мутациям. Иерархическая организация регуляторных сетей создает множественные пути контроля генной экспрессии, обеспечивая робастность биологических процессов [Kitano, 2004].

Грамматические формализмы: Иерархическая природа языковых систем делает их подходящими для описания с помощью формальных грамматик. Генеративная грамматика Хомского [Chomsky, 1965] предоставляет математический аппарат для описания иерархической структуры человеческого языка через систему правил перезаписи и трансформаций. Различные классы грамматик в иерархии Хомского (регулярные, контекстно-свободные, контекстно-зависимые) соответствуют различным уровням сложности языковых структур [Hopcroft, Motwani, Ullman, 2006].

Аналогичные формальные подходы применяются для описания геномных языков. Грамматики регулярных выражений используются для идентификации регуляторных мотивов, контекстно-свободные грамматики – для описания вторичных структур РНК, а более сложные формализмы – для моделирования регуляторных сетей [Searls, 2002].

Алгоритмы обработки: Разработка алгоритмов для обработки иерархически организованных структур представляет общий вызов для обеих областей. В компьютерной лингвистике парсинг естественного языка требует алгоритмов, способных эффективно обрабатывать многоуровневые структуры и разрешать синтаксическую многозначность [Manning, Schütze, 1999].

В биоинформатике аналогичные алгоритмические проблемы возникают при анализе геномных последовательностей, предсказании структуры белков и моделировании регуляторных сетей. Динамическое программирование, скрытые марковские модели и другие алгоритмические подходы применяются для анализа иерархических структур в обеих областях [Biological sequence, 1998].

Таким образом, сравнительный анализ иерархической организации человеческих и геномных языков выявляет фундаментальные принципы организации сложных информационных систем. Общие черты включают дискретную бесконечность, композициональность, контекстуальную зависимость и эмерджентные свойства. Эти параллели не случайны, а отражают универсальные ограничения на организацию систем, способных эффективно обрабатывать и передавать информацию.

Понимание этих общих принципов открывает новые возможности для междисциплинарных исследований. Методы анализа, разработанные в одной области, могут найти применение в другой.

Сходства с иерархиями компьютерных кодов и языков

Языки программирования, произошедшие много десятилетий назад от исходных кодов программирования для первых компьютеров, резонно рассматривать как весьма специфические формы языков, но языков, созданных человеком [Horowitz, 1983]. Причем, их иерархичность – впечатляет и более выражена чем даже у языков развертывания наследственной информации.

Сходства между компьютерными кодами (языками программирования) и генетическими кодами (языками реализации генетической информации в эмбриогенезе) являются ярким примером параллелей между биологическими и техническими системами переработки информации [Valverde, Solé, 2015].

Иерархичность компьютерных языков и языков программирования отражает уровень абстракции, с которым программисты взаимодействуют с компьютером. Она начинается с низкоуровневых языков, близких к машинному коду, и поднимается к языкам высокого уровня, которые более удобны для человека [Horowitz, 1983; Chowdhary, 2020; Evolution & trends, 2025].

На самом базовом уровне сходство в том, что генетический код (ДНК) и компьютерные программы хранят информацию в линейных последовательностях символов. Информация передается и интерпретируется с помощью специфических механизмов (рибосомы для ДНК, процессоры для программ).

Машинный код (низший уровень) – это набор бинарных инструкций (0 и 1), напрямую исполняемых процессором. Он абсолютно непонятен для человека без глубокого анализа. Языки же высокого (Python, Java, JavaScript) и очень высокого уровня (SQL, Prolog, MATLAB) ориентированы на решение конкретных задач (работа с базами данных, логическое программирование, математические вычисления). Они абстрагируют программиста от низкоуровневых деталей исполнения [Horowitz, 1983; Chowdhary, 2020; Evolution & trends, 2025].

В итоге, чем выше уровень языка, тем он ближе к человеческому мышлению и дальше от аппаратных деталей. Низкоуровневые языки обеспечивают высокую производительность и контроль, а высокоуровневые – удобство и скорость разработки.

Иерархическая организация – это наиболее интересный для нашего рассмотрения аспект сходства. Генетическая информация организована иерархически: Гены → Регуляторные сети → Белки → Клетки → Органы → Организм. В программировании также есть уровни абстракции: Биты → Инструкции → Функции → Программы → Системы. В итоге оба типа кода разворачиваются (интерпретируются) в более сложные структуры по заданным алгоритмам.

И биологические и машинные коды исполняются через интерпретатор. Так, генетическая информация интерпретируется через транскрипцию (ДНК → РНК) и трансляцию (РНК → белок) (ДНК → мРНК → Рибосома → Белок → Функция). В программировании код интерпретируется процессором или компилятором (Код → Компилятор → Машинный код → Процессор → Выполнение программы).

Биологические коды и компьютерные языки имеют множество общих принципов: хранение информации, инструкции, иерархичность, интерпретацию, ошибки и эволюцию. Однако биологические коды зачастую более стохастичны, а компьютерные – более детерминированы. Но в обоих случаях конечная цель одна – создание сложных, работающих систем из простых инструкций.

Контекст-зависимые и эпигенетические механизмы регуляции генов

Контекст регуляции активности конкретного гена определяется совокупностью всех опосредованных (непрямых) воздействий [Ruden, Rastegar, 2023]. Их число может быть весьма велико, и выявить их экспериментально нередко затруднительно. На уровне наблюдений это проявляется в том, что одни и те же белки-регуляторы могут оказывать разное влияние на один и тот же ген-мишень в разных клетках или тканях даже при сходных условиях эксперимента [Data integration, 2020]. На молекулярном уровне такие эффекты связывают с действием ко-активаторов и ко-репрессоров, а также факторов-посредников (медиаторов).

Параллельно с увеличением числа клеток и формированием морфогенетических полей (зачатков, территорий) начинают активно действовать эпигенетические механизмы регуляции [Ruden, Rastegar, 2023]. В их основе лежат биохимические модификации белков хроматина в ядрах клеток – зачастую соседних или даже происходящих из одной клетки, при том что последовательность нуклеотидов в ДНК остается неизменной. Это формирует дополнительный уровень в реализации генетической информации. В то же время процессы генерации и передачи «инструкций» на этих

иерархических уровнях приобретают все более распределенный характер в пространстве эмбриональных зачатков.

Заключения и выводы

Современные исследования в области биологии развития все чаще обращаются к лингвистическим и семиотическим аналогиям, стремясь глубже понять процессы развертывания наследственной информации в эмбриогенезе. Процессы развития организма можно рассматривать как сложную систему знаковых взаимодействий, где функционирование генов и сигнальные пути демонстрирует явные лингвистические аналогии. Эти аналогии не только способствуют междисциплинарному диалогу, но и открывают новые перспективы в интерпретации биологических механизмов.

Идея о том, что биологические процессы можно интерпретировать как формы семиозиса, была предложена еще в 1960-х годах [Pattee, 1968; Jacobson, 1970; Использование ЭВМ, 1988]. С тех пор исследования в области биосемиотики значительно продвинулись, подчеркивая, что жизнь основана на знаковых взаимодействиях, а не только на молекулярных реакциях [Hoffmeyer, 2010]. Концепция «семиома» – совокупности всех семиотических инструментов организма – предлагает новый взгляд на биологические системы, акцентируя внимание на их способности интерпретировать и реагировать на знаки [Hoffmeyer, 2014].

Лингвистические аналогии, такие как «генетический код» и «язык генов», стали неотъемлемой частью описания молекулярной биологии. Однако современные исследования подчеркивают необходимость более глубокого понимания этих метафор, учитывая сложность и иерархичность биологических процессов [Raible, 2001; Zolyan, 2021; Zolyan, 2023].

В процессе эмбрионального развития клетки обмениваются информацией посредством сложных сетей сигнальных молекул, таких как морфогены, факторы роста, цитокины и гормоны. Эти молекулы действуют по определенным «грамматическим» правилам, включая синтаксис (порядок и комбинации сигналов), семантику (значение сигналов в контексте) и прагматику (эффективность и адаптивность сигналов). В итоге контекст и комбинации сигналов определяют клеточную судьбу [Davidson, Erwin, 2006].

Лингвистические аналогии также проявляются в концепции «языков» межклеточной коммуникации, где сигнальные молекулы рассматриваются как «слова», а их комбинации и последовательности – как «предложения», определяющие поведение клеток.

Таким образом, интеграция семиотических и лингвистических подходов в изучение эмбриогенеза не только обогащает наше понимание биологических процессов, но и открывает новые перспективы для междисциплинарных исследований. Признание того, что жизнь – это не только

химия, но и смысл, может привести к более полному и точному описанию механизмов развития и функционирования живых организмов.

Эти междисциплинарные подходы способствуют развитию новых методов в биоинформатике, системной биологии и даже в философии науки. Они подчеркивают универсальность принципов организации и передачи информации в живых системах, открывая путь к более интегрированному и комплексному пониманию жизни.

Список литературы

- Использование ЭВМ в молекулярной биологии. Введение в теорию генетических текстов / Соловьев В.В., Кель А.Э., Рогозин И.Б., Колчанов Н.А. – Новосибирск, 1988. – 91, [1] с.
- A census of human transcription factors: function, expression and evolution / Vaquerizas J.M., Kummerfeld S.K., Teichmann S.A., Luscombe N.M. // Nature Reviews Genetics. – 2009. – Vol. 10, № 4. – P. 252–263. DOI: 10.1038/nrg2538
- An operational definition of epigenetics / Berger S.L., Kouzarides T., Shiekhattar R., Shilatifard A. // Genes & Development. – 2009. – Vol. 23, № 7. – P. 781–783 p.
- Barbieri M. The organic codes. – Cambridge: Cambridge University Press, 2003. – 316 p.
- Base-resolution models of transcription-factor binding reveal soft motif syntax / Avsec Ž., Weilert M., Shrikumar A., Krueger S., Alexandari A., Dalal K., Fropf R., McAnany C., Gagneur J., Kundaje A., Zeitlinger J. // Nature Genetics. – 2021. – Vol. 53, № 3. – P. 354–366. DOI: 10.1038/s41588-021-00782-6.
- Biological sequence analysis: probabilistic models of proteins and nucleic acids / Durbin R., Eddy S.R., Krogh A., Mitchison G. – Cambridge: Cambridge University Press, 1998. – 356 p.
- Butler J.E., Kadonaga J.T. The RNA polymerase II core promoter: a key component in the regulation of gene expression // Genes Dev. – 2002. – Vol. 16, № 20. – P. 2583–2592. DOI: 10.1101/gad.1026202
- Carroll S.B. Evo-devo and an expanding evolutionary synthesis: A genetic theory of morphological evolution // Cell. – 2008. – Vol. 134, № 1 – P. 25–36. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2008.06.030>
- Cell–cell communication: new insights and clinical implications / Su J., Song Y., Zhu Z., [et al.] // Signal Transduction and Targeted Therapy. – 2024. – Vol. 9, Article ID 196. DOI: 10.1038/s41392-024-01888-z.
- Chomsky N. Aspects of the theory of syntax. – Cambridge (MA): MIT Press, 1965. – 251 p.
- Chomsky N. Syntactic structures. – The Hague: Mouton, 1957. – 117 p.
- Chowdhary P. On the evolution of programming languages. – 2020. – arXiv: 2007.02699. DOI: 10.48550/arXiv.2007.02699
- Cooper G.M. The cell: a molecular approach. – 2 nd ed. – Sunderland (MA): Sinauer Associates, 2000. – 728 p.
- Data integration for inferring context-specific gene regulatory networks / Baur B., Shin J., Zhang S., Roy S. // Current Opinion in Systems Biology. – 2020. – Vol. 23. – P. 38–46. DOI: 10.1016/j.coisb.2020.09.005.
- Davidson E.H. The regulatory genome: gene regulatory networks in development and evolution. – San Diego: Academic Press, 2006. – 304 p.
- Davidson E.H., Erwin D.H. Gene regulatory networks and the evolution of animal body plans // Science. – 2006. – Vol. 311, № 5762. – P. 796–800.
- Deacon T.W. How molecules became signs // Biosemiotics. – 2021. – Vol. 14. – P. 537–559. DOI: 10.1007/s12304-021-09453-9.

- Deacon T.W. *Incomplete nature: how mind emerged from matter*. – New York: W.W. Norton & Company, 2011. – 624 p.
- Deacon T.W. Rethinking evolution: the revolution will not be teleological // *Biology & Philosophy*. – 2012. – Vol. 27, № 5. – P. 663–680.
- Dynamic Notch signaling in neural progenitor cells and a revised view of lateral inhibition / Kageyama R., Ohtsuka T., Shimojo H., Imayoshi I. // *Nature Neuroscience*. – 2008. – Vol. 11, № 11. – P. 1247–1251.
- Evolution & trends of programming language / Chaudhari P., Rahate M., Pokale M., Shaikh K., Kasbe S. // *International Research Journal of Engineering Science Technology and Innovation*. – 2025. – Vol. 12, № 03. – P. 397–402.
- Fillmore C.J. *Frame semantics* // *Linguistics in the morning calm*. – Seoul: Hanshin Publishing, 1982. – P. 111–137.
- Fodor J.A. *The modularity of mind*. – Cambridge (MA): MIT Press, 1983. – 158 p.
- Freeman M. Feedback control of intercellular signalling in development // *Nature*. – 2000. – Vol. 408, № 6810. – P. 313–319.
- Gilbert S.F. Fate maps, gene expression maps, and the evidentiary structure of evolutionary developmental biology // *From embryology to evo-devo: a history of developmental evolution*. – Cambridge: MIT Press, 2007. – P. 358–374.
- Gurdon J.B., Bourillot P.Y. Morphogen gradient interpretation // *Nature*. – 2001. – Vol. 413, № 6858. – P. 797–803.
- Haberle V., Stark A. Eukaryotic core promoters and the functional basis of transcription initiation // *Nature Reviews Molecular Cell Biology*. – 2018. – Vol. 19, № 10. – P. 621–637. DOI: 10.1038/s41580-018-0028-8
- Hauser M.D., Chomsky N., Fitch W.T. The faculty of language: what is it, who has it, and how did it evolve? // *Science*. – 2002. – Vol. 298, № 5598. – P. 1569–1579.
- Hoffmeyer J. A biosemiotic approach to the question of meaning // *Zygon: Journal of Religion and Science*. – 2010. – Vol. 45, № 2. – P. 367–390.
- Hoffmeyer J. The semiome: from genetic to semiotic scaffolding // *Semiotica*. – 2014. – Vol. 198. – P. 11–31. DOI: 10.1515/sem-2013-0099
- Hopcroft J.E., Motwani R., Ullman J.D. *Introduction to automata theory, languages, and computation*. – 3 rd ed. – Boston: Addison-Wesley, 2006. – 521 p.
- Horowitz E. *Fundamentals of Programming Languages*. – Berlin; Heidelberg: Springer, 1983. – 446 p.
- Igamberdiev A.U. Reflexive neural circuits and the origin of language and music codes // *BioSystems*. – 2024. – Vol. 246. – Article ID 105346. DOI: 10.1016/j.biosystems.2024.105346.
- Jackendoff R. *Foundations of language: brain, meaning, grammar, evolution*. – Oxford: Oxford University Press, 2002. – 447 p.
- Jacob F., Monod J. Genetic regulatory mechanisms in the synthesis of proteins // *Journal of Molecular Biology*. – 1961. – Vol. 3, № 3. – P. 318–356.
- Jacobson R. Language in relation to a unified theory of the structure of human behavior. – The Hague: Mouton, 1970. – 180 p.
- Jakobson R. *Linguistics. Relationship between the science of language and other sciences* // *Main trends of research in the social and human sciences*. – The Hague: Mouton, 1970. – P. 419–453.
- Kauffman S.A. *The origins of order: self-organization and selection in evolution*. – Oxford: Oxford University Press, 1993. – 729 p.
- Kitano H. Biological robustness // *Nature Reviews Genetics*. – 2004. – Vol. 5, № 11. – P. 826–837.
- Koonin E.V. Evolution of genome architecture // *International Journal of Biochemistry and Cell Biology*. – 2009. – Vol. 41, № 2. – P. 298–306.
- Kopan R. Notch signaling // *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*. – 2012. – Vol. 4, № 10, Article ID a011213. DOI: 10.1101/cshperspect.a011213

- Lacková L., Faltýnek D. The lower threshold as a unifying principle between code biology and biosemiotics // BioSystems. – 2021. – Vol. 210, Article ID 104523. DOI: 10.1016/j.biosystems. 2021.104523
- Lal A. Deciphering the regulatory syntax of genomic DNA with deep learning // Journal of Bio-sciences. – 2022. – Vol. 47, Article ID 47. DOI: 10.1007/s12038-022-00291-6
- Large-scale analysis of *Drosophila* core promoter function using synthetic promoters / Qi Z., Jung C., Bandilla P., Ludwig C., Heron M., Kiesel A.S., Museridze M., Philippou-Massier J., Nikolov M., Renna M., Schnepf A., Unnerstall U., Ceolin S., Mühlig B., Gompel N., Soeding J., Gaul U. // Molecular Systems Biology. – 2022. – Vol. 18, № 2, Article ID e9816. DOI: 10.1525/msb. 20209816.
- Levin M. Morphogenetic fields in embryogenesis, regeneration, and cancer: non-local control of complex patterning // BioSystems. – 2012. – Vol. 109, № 3. – P. 243–261. DOI: 10.1016/j.biosystems. 2012.04.005
- Levine M., Davidson E.H. Gene regulatory networks for development // Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA. – 2005. – Vol. 102, № 14. – P. 4936–4942. DOI: 10.1073/pnas. 0408031102
- Lightfoot D. The development of language: acquisition, change, and evolution. – Oxford: Blackwell, 1999. – 300 p.
- Lim L., Ansaldi U. Languages in contact. – Cambridge: Cambridge University Press, 2015. – 237 p.
- Manning C.D., Schütze H. Foundations of statistical natural language processing. – Cambridge (MA): MIT Press, 1999. – 680 p.
- Miller G.A. The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information // Psychological Review. – 1956. – Vol. 63, № 2. – P. 81–97.
- Molecular biology of the cell / Alberts B., Johnson A., Lewis J., Raff M., Roberts K., Walter P. – 4 th ed. – New York: Garland Science, 2002. – 1616 p.
- Molecular biology of the cell. / Alberts B., Johnson A., Lewis J., Morgan D., Raff M., Roberts K., Walter P. – 6 th ed. – New York: Garland Science, 2014. – 984 p.
- Monod J. Chance and necessity: an essay on the natural philosophy of modern biology. – New York: Alfred A. Knopf, 1971. – 199 p.
- Neuroendocrine gut-brain signaling in obesity / Gruber T., Lechner F., Krieger J.P., García-Cáceres C. // Trends in Endocrinology and Metabolism. – 2025. – Vol. 36, № 1. – P. 42–54. DOI: 10.1016/j.tem. 2024.05.002
- Pattee H.H. Evolving self-reference: matter, symbols, and semantic closure // Communication and Cognition – Artificial Intelligence. – 1995. – Vol. 12, № 1/2. – P. 9–28.
- Pattee H.H. Hierarchy theory: the challenge of complex systems. – New York: G. Braziller, 1973. – 156 p.
- Pattee H.H. How does a molecule become a message? // Lang A. (ed.) Communication in development. Developmental biology supplement. – Cambridge: Academic Press, 1969. – P. 1–16.
- Pattee H.H. The physical basis of coding and reliability in biological evolution // Waddington C.H. (ed.) Towards a theoretical biology. Vol. 1. – Edinburgh: Edinburgh University Press, 1968. – P. 67–93.
- Pattee H.H. The physics of symbols: bridging the epistemic cut // Bio Systems. – 2001. – Vol. 60. – P. 5–21. DOI: 10.1016/s0303-2647(01)00104-6
- Perrimon N., Pitsouli C., Shilo B.Z. Signaling mechanisms controlling cell fate and cell shape // Nature Reviews Molecular Cell Biology. – 2012. – Vol. 13, № 2. – P. 98–109.
- Peter I.S., Davidson E.H. Genomic control process: development and evolution. – San Diego: Academic Press, 2015. – 460 p.
- Pinker S. The language instinct. – New York: William Morrow and Company, 1994. – 483 p.
- Pires-daSilva A., Sommer R.J. The evolution of signalling pathways in animal development // Nature Reviews Genetics. – 2003. – Vol. 4, № 1. – P. 39–49. DOI: 10.1038/nrg977

- Prinz R. Nothing in evolution makes sense except in the light of code biology // BioSystems. – 2023. – Vol. 229, Article ID 104907. DOI: 10.1016/j.biosystems. 2023.104907
- Radford A. Syntactic theory and the structure of English: a minimalist approach. – Cambridge: Cambridge University Press, 1997. – 347 p.
- Raible W. Linguistics and genetics: systematic parallels // Haspelmath M., König E., Oesterreicher W., Raible W. (eds.) Language typology and language universals. Vol. 1. – Berlin: Walter de Gruyter, 2001. – P. 103–123.
- Ruden D.M., Rastegar M. Editorial: Insights in epigenomics and epigenetics: 2022 // Frontiers in Genetics. – 2023. – Vol. 14, Article ID 1205975. DOI: 10.3389/fgene. 2023.1205975
- Searls D.B. The language of genes // Nature. – 2002. – Vol. 420, № 6912. – P. 211–217.
- Shannon C.E. A mathematical theory of communication // Bell System Technical Journal. – 1948. – Vol. 27, № 3. – P. 379–423.
- Spirov A.V. Languages of unfolding hereditary information in embryogenesis: linguo-semiotic analogues and analogies // Herald of the Russian Academy of Sciences. – 2025. – Vol. 95, N 1 – P. 93–101. DOI: 10.1134/S101933162560088 X
- TF-COMB – discovering grammar of transcription factor binding sites / Bentsen M., Heger V., Schultheis H., Kuenne C., Looso M. // Computational and Structural Biotechnology Journal. – 2022. – Vol. 20. – P. 4040–4051. DOI: 10.1016/j.csbj. 2022.07.025
- Thomason S.G., Kaufman T. Language contact, creolization, and genetic linguistics. – Berkeley: University of California Press, 1988. – 411 p.
- Tosti E., Boni R., Gallo A. Ion currents in embryo development // Birth Defects Research C: Embryo Today. – 2016. – Vol. 108, № 1. – P. 6–18. DOI: 10.1002/bdrc. 21125
- Uhl L.F.K., Gérard A. Modes of communication between T cells and relevance for immune responses // International Journal of Molecular Sciences. – 2020. – Vol. 21, № 8, Article ID 2674. DOI: 10.3390/ijms21082674
- Valverde S., Solé R.V. Punctuated equilibrium in the large-scale evolution of programming languages // Journal of the Royal Society Interface. – 2015. – Vol. 12, № 107, Article ID 20150249. DOI: 10.1098/rsif. 2015.0249
- Weingarten-Gabbay S., Segal E. The grammar of transcriptional regulation // Human Genetics. – 2014. – Vol. 133, № 6. – P. 701–711. DOI: 10.1007/s00439-013-1413-1
- Wilkinson D.G. Balancing cell behavior at boundaries // Journal of Cell Biology. – 2015. – Vol. 208, № 6. – P. 659–660. DOI: 10.1083/jcb. 201501107
- Zolyan S. From matter to form: the evolution of the genetic code as semio-poiesis // Linguistic Frontiers. – 2021. – Vol. 3, № 2. – P. 44–56. DOI: 10.2478/lf-2021-0006
- Zolyan S. On the minimal elements of the genetic code and their semiotic functions (degeneracy, complementarity, wobbling) // BioSystems. – 2023. – Vol. 231, Article ID 104962. DOI: 10.1016/j.biosystems. 2023.104962

A.V. Spirov¹

**Languages of the Unfolding of Hereditary Information in Embryogenesis:
Some Linguistic Analogies and Semiotic Aspects**

Abstract. The article addresses the problem of the unfolding of hereditary information in embryogenesis from the interdisciplinary perspectives of systems biology, linguistics, and biosemiotics. The author proposes to view the processes of individual development as a multilayered system of sign interactions, in which gene regulatory networks, intercellular signaling pathways,

¹ Spirov Alexander Vladimirovich, candidate of biological sciences, INION RAN; alexander.spirov55@gmail.com

and distant neurohumoral regulations constitute specific “languages” of coordination. The concept of a hierarchy of languages is discussed in detail, encompassing four levels: the language of inter-gene interactions, the intercellular signaling language, the language of distant biochemical regulations, and the languages of immune and nervous system communication. The analysis highlights the importance of context, syntactic and semantic rules, and emergent properties arising from the integration of signals across levels. Comparing these processes to human languages, including their vocabularies, grammar, and contextual dependence, allows for a deeper understanding of the mechanisms coordinating gene expression and the spatiotemporal organization of embryogenesis. Analogies are drawn with fate maps and the “political geography” of morphogenetic fields, as well as with programming languages, underscoring the universality of principles of hierarchical information organization. The paper emphasizes the significance of Howard Pattee’s concepts of constraints and scaffolding, Jesper Hoffmeyer’s ideas on the transition from chemical interactions to semiotic processes, and Terrence Deacon’s views on the emergent origin of signs. It is shown that integrating these conceptual frameworks opens new perspectives for a systems-level interpretation of development and may contribute to the creation of formal models of the “grammar” of embryogenesis.

Keywords: embryogenesis; gene regulatory networks; biosemiotics; intercellular communication; morphogenetic fields; language analogies.

For citation: A.V. Spirov. (2024) Languages of the Unfolding of Hereditary Information in Embryogenesis: Some Linguistic Analogies and Semiotic Aspects. *METHOD: Moscow quarterly journal of social studies / RAN, INION*. – Moscow, 2024. – Part 14. Vol. 4, No 4, P. 73–102. DOI: 10.31249/metod/2024.03.

References

- Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K., & Walter, P. (2002). Molecular biology of the cell (4 th ed.). Garland Science.
- Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., Morgan, D., Raff, M., Roberts, K., & Walter, P. (2014). Molecular biology of the cell (6 th ed.). Garland Science.
- Avsec, Ž., Weilert, M., Shrikumar, A., Krueger, S., Alexandari, A., Dalal, K., Fropf, R., McAnany, C., Gagneur, J., Kundaje, A., & Zeitlinger, J. (2021). Base-resolution models of transcription-factor binding reveal soft motif syntax. *Nature Genetics*, 53(3), 354–366. <https://doi.org/10.1038/s41588-021-00782-6>
- Barbieri, M. (2003). The organic codes. Cambridge University Press.
- Baur, B., Shin, J., Zhang, S., & Roy, S. (2020). Data integration for inferring context-specific gene regulatory networks. *Current Opinion in Systems Biology*, 23, 38–46. <https://doi.org/10.1016/j.coisb.2020.09.005>
- Bentsen, M., Heger, V., Schultheis, H., Kuenne, C., & Looso, M. (2022). TF-COMB – Discovering grammar of transcription factor binding sites. *Computational and Structural Biotechnology Journal*, 20, 4040–4051. <https://doi.org/10.1016/j.csbj.2022.07.025>
- Berger, S.L., Kouzarides, T., Shiekhattar, R., & Shilatifard, A. (2009). An operational definition of epigenetics. *Genes & Development*, 23(7), 781–783. <https://doi.org/10.1101/gad.1787609>
- Chaudhari, P., Rahate, M., Pokale, M., Shaikh, K., & Kasbe, S. (2025). Evolution & trends of programming language. *International Research Journal of Engineering Science Technology and Innovation*, 12(3), 397–402.
- Chomsky, N. (1957). Syntactic structures. Mouton.
- Chomsky, N. (1965). Aspects of the theory of syntax. MIT Press.
- Chowdhary, P. (2020). On the evolution of programming languages. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2007.02699>

- Cooper, G.M. (2000). *The cell: A molecular approach* (2 nd ed.). Sinauer Associates.
- Davidson, E.H. (2006). *The regulatory genome: Gene regulatory networks in development and evolution*. Academic Press.
- Davidson, E.H., & Erwin, D.H. (2006). Gene regulatory networks and the evolution of animal body plans. *Science*, 311(5762), 796–800. <https://doi.org/10.1126/science.1113832>
- Deacon, T.W. (2011). *Incomplete nature: How mind emerged from matter*. W.W. Norton & Company.
- Deacon, T.W. (2012). Rethinking evolution: The revolution will not be teleological. *Biology & Philosophy*, 27(5), 663–680. <https://doi.org/10.1007/s10539-012-9309-0>
- Deacon, T.W. (2021). How molecules became signs. *Biosemiotics*, 14, 537–559. <https://doi.org/10.1007/s12304-021-09453-9>
- Durbin, R., Eddy, S.R., Krogh, A., & Mitchison, G. (1998). *Biological sequence analysis: Probabilistic models of proteins and nucleic acids*. Cambridge University Press.
- Fillmore, C.J. (1982). Frame semantics. In *Linguistics in the morning calm* (pp. 111–137). Hanshin Publishing.
- Fodor, J.A. (1983). *The modularity of mind*. MIT Press.
- Freeman, M. (2000). Feedback control of intercellular signalling in development. *Nature*, 408(6810), 313–319. <https://doi.org/10.1038/35042500>
- Gilbert, S.F. (2007). Fate maps, gene expression maps, and the evidentiary structure of evolutionary developmental biology. In *From embryology to evo-devo: A history of developmental evolution* (pp. 358–374). MIT Press.
- Gruber, T., Lechner, F., Krieger, J.P., & García-Cáceres, C. (2025). Neuroendocrine gut-brain signaling in obesity. *Trends in Endocrinology and Metabolism*, 36(1), 42–54. <https://doi.org/10.1016/j.tem.2024.05.002>
- Levin, M. (2012). Morphogenetic fields in embryogenesis, regeneration, and cancer: Non-local control of complex patterning. *BioSystems*, 109(3), 243–261. <https://doi.org/10.1016/j.biosystems.2012.04.005>
- Lightfoot, D. (1999). *The development of language: Acquisition, change, and evolution*. Blackwell.
- Lim, L., & Ansaldi, U. (2015). *Languages in contact*. Cambridge University Press.
- Manning, C.D., & Schütze, H. (1999). *Foundations of statistical natural language processing*. MIT Press.
- Miller, G.A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63(2), 81–97. <https://doi.org/10.1037/h0043158>
- Monod, J. (1971). *Chance and necessity: An essay on the natural philosophy of modern biology*. Alfred A. Knopf.
- Pattee, H.H. (1968). The physical basis of coding and reliability in biological evolution. In C.H. Waddington (Ed.), *Towards a theoretical biology* (Vol. 1, pp. 67–93). Edinburgh University Press.
- Pattee, H.H. (1969). How does a molecule become a message? In A. Lang (Ed.), *Communication in development. Developmental biology supplement* (pp. 1–16). Academic Press.
- Pattee, H.H. (1973). *Hierarchy theory: The challenge of complex systems*. G. Braziller.
- Pattee, H.H. (1995). Evolving self-reference: Matter, symbols, and semantic closure. *Communication and Cognition – Artificial Intelligence*, 12(1–2), 9–28.
- Pattee, H.H. (2001). The physics of symbols: Bridging the epistemic cut. *BioSystems*, 60, 5–21. [https://doi.org/10.1016/S0303-2647\(01\)00104-6](https://doi.org/10.1016/S0303-2647(01)00104-6)
- Perrimon, N., Pitsouli, C., & Shilo, B.Z. (2012). Signaling mechanisms controlling cell fate and cell shape. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 13(2), 98–109. <https://doi.org/10.1038/nrm3270>

- Peter, I.S., & Davidson, E.H. (2015). Genomic control process: Development and evolution. Academic Press.
- Pinker, S. (1994). The language instinct. William Morrow and Company.
- Pires-daSilva, A., & Sommer, R.J. (2003). The evolution of signalling pathways in animal development. *Nature Reviews Genetics*, 4(1), 39–49. <https://doi.org/10.1038/nrg977>
- Prinz, R. (2023). Nothing in evolution makes sense except in the light of code biology. *BioSystems*, 229, 104907. <https://doi.org/10.1016/j.biosystems.2023.104907>
- Qi, Z., Jung, C., Bandilla, P., Ludwig, C., Heron, M., Kiesel, A.S., Museridze, M., Philippou-Massier, J., Nikolov, M., Renna, M., Schnepf, A., Unnerstall, U., Ceolin, S., Mühlig, B., Gompel, N., Soeding, J., & Gaul, U. (2022). Large-scale analysis of *Drosophila* core promoter function using synthetic promoters. *Molecular Systems Biology*, 18(2), e9816. <https://doi.org/10.15252/msb.20209816>
- Radford, A. (1997). Syntactic theory and the structure of English: A minimalist approach. Cambridge University Press.
- Raible, W. (2001). Linguistics and genetics: Systematic parallels. In M. Haspelmath, E. König, W. Oesterreicher, & W. Raible (Eds.), *Language typology and language universals* (Vol. 1, pp. 103–123). Walter de Gruyter.
- Ruden, D.M., & Rastegar, M. (2023). Editorial: Insights in epigenomics and epigenetics: 2022. *Frontiers in Genetics*, 14, 1205975. <https://doi.org/10.3389/fgene.2023.1205975>
- Searls, D.B. (2002). The language of genes. *Nature*, 420(6912), 211–217. <https://doi.org/10.1038/nature01255>
- Shannon, C.E. (1948). A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*, 27(3), 379–423. <https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x>
- Spirov, A.V. (2025). Languages of unfolding hereditary information in embryogenesis: Linguo-semiotic analogues and analogies. *Herald of the Russian Academy of Sciences*, 95(1), 93–101. <https://doi.org/10.1134/S101933162560088X>
- Su, J., Song, Y., Zhu, Z., et al. (2024). Cell–cell communication: New insights and clinical implications. *Signal Transduction and Targeted Therapy*, 9, 196. <https://doi.org/10.1038/s41392-024-01888-z>
- Thomason, S.G., & Kaufman, T. (1988). Language contact, creolization, and genetic linguistics. University of California Press.
- Tosti, E., Boni, R., & Gallo, A. (2016). Ion currents in embryo development. *Birth Defects Research C: Embryo Today*, 108(1), 6–18. <https://doi.org/10.1002/bdrc.21125>
- Uhl, L.F.K., & Gérard, A. (2020). Modes of communication between T cells and relevance for immune responses. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(8), 2674. <https://doi.org/10.3390/ijms21082674>
- Valverde, S., & Solé, R.V. (2015). Punctuated equilibrium in the large-scale evolution of programming languages. *Journal of the Royal Society Interface*, 12(107), 20150249. <https://doi.org/10.1098/rsif.2015.0249>
- Vaquerizas, J.M., Kummerfeld, S.K., Teichmann, S.A., & Luscombe, N.M. (2009). A census of human transcription factors: Function, expression and evolution. *Nature Reviews Genetics*, 10(4), 252–263. <https://doi.org/10.1038/nrg2538>
- Weingarten-Gabbay, S., & Segal, E. (2014). The grammar of transcriptional regulation. *Human Genetics*, 133(6), 701–711. <https://doi.org/10.1007/s00439-013-1413-1>
- Wilkinson, D.G. (2015). Balancing cell behavior at boundaries. *Journal of Cell Biology*, 208(6), 659–660. <https://doi.org/10.1083/jcb.201501107>
- Zolyan, S. (2021). From matter to form: The evolution of the genetic code as semio-poiesis. *Linguistic Frontiers*, 3(2), 44–56. <https://doi.org/10.2478/lf-2021-0006>
- Zolyan, S. (2023). On the minimal elements of the genetic code and their semiotic functions (degeneracy, complementarity, wobbling). *BioSystems*, 231, 104962. <https://doi.org/10.1016/j.biosystems.2023.104962>

Казанский А.Б.¹
Трансдисциплинарный характер некоторых
моделей физических и биологических процессов²

Аннотация. В работе предпринята попытка критически рассмотреть сходство и различие некоторых холистических моделей, взятых из некоторых интерпретаций квантовой механики и холистических моделей в биологии. Главным образом, это касается идеи голономии (“holonomy”), имплицитного порядка (“implicate order”), эксплицитного порядка (“explicate order”), также становления (“becoming”) Дэвида Бома и отчасти, «квантовый компьютеринг». Глубокая историчность всех биологических явлений приводит к особенностям в реализации холистических концепций в биологии. Историчность, биологических явлений связана с их процессуальностью, эволюционным конструктивизмом. Голономия соответствует рефлексивности биологических систем, как транзитным квазистойчивым образованиям в ходе эволюционного процесса. Имплицитный порядок соотносится с различными видами памяти в биологических системах, эксплицитный порядок – с реализацией процесса становления, квантовый компьютеринг – с процессами в мозгу. Поддерживается вывод, сделанный рядом ученых о необходимости очередного синтеза в биологии, объединяющий идеи не только самоорганизации, эволюционного конструктивизма, биосемиотики, но и процессуальности и нелокальности, связанной с холистическим характером ряда процессов в организме.

Ключевые слова: Голономия; бутстррап; становление; нелокальность; процессуальность.

Для цитирования: Казанский А.Б. Трансдисциплинарный характер некоторых моделей физических и биологических процессов // МЕТОД: московский ежеквартальник трудов из обществоведческих дисциплин / ИНИОН, РАН. – Москва, 2025. – Вып. 14, Т. 4, № 4. – С. 103–116. – DOI: 10.31249/metod/2024.04.04

Введение

Ряд идей и моделей, рождающихся в каких-то областях теоретической и прикладной физики, нередко оказываются универсальными и в чем-то перекликаются с системными подходами в теоретической биоло-

¹ Казанский Александр Борисович – старший научный сотрудник Института эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова Российской Академии Наук, Санкт-Петербург; kazansky@bk.ru

² Работа выполнена в рамках государственного задания Института эволюционной физиологии и биохимии Российской Академии Наук.

гии. Более того, достижения биологии влияют на развитие технологий (“bio-inspiring”). Феномен волн, в том числе нелинейных волн, солитонов присущ не только механическим и электромагнитным явлениям, но и наблюдается в биологических системах очень широкого спектра. Модель солитона хорошо описывает поведение роя саранчи, процессы захвата территории монокультурами ряда растений и в то же время, подходит для описания распространения нервного импульса в нейронах. Гипотетически, солитоно-подобные модели поведения были характерны для экспансии цианобактериальных матов в первые тысячелетия после появления жизни на Земле [Kovalev O.V., Kazansky, 1999, р. 9]. В свою очередь, идеи волновых движений положены в основу неоклассических моделей квантовой механики, которые развивались А. Эйнштейном, В. Гейзенбергом, Де-Бройлем, Вижье, Дэвидом Бомом и их последователями. Усилия физиков к созданию “The Grand Unified Theory” or “The Theory of Everything”, т.е. к созданию «единой универсальной физической модели» оказались плодотворными для развития теоретической физики и одновременно породили ряд перспективных для развития биологии идей. Так, идеи голономии, голодвижения имплицитного и эксплицитного порядка, развивавшиеся Дэвидом Бомом и другими учеными [Bohm, 1980], модель адронного бутстрапа (bootstrap)¹ [Chew, 1968] в отношении микрокосмоса могут быть интересны и для системной биологии, хотя и не принимаются разработчиками стандартной модели квантовой механики. Разумеется, живые организмы, биологические системы разного уровня организации возникли из неживой материи и имеют ту же материальную основу. Они не только неизбежно подчиняются законам физики, вписываясь в них, но и часто активно используют их для реализации различных процессов и выживания в изменяющейся среде. Живые организмы, биологические системы – это принципиально новый этап эволюции космоса, эволюции сложности с дополнительными принципиально новыми законами функционирования и развития, поэтому аналогии с перечисленными выше физическими принципами часто являются частичными или очень отдаленными. Тем не менее, некоторые концепции, заложенные, например, в различных интерпретациях квантовой механики, по-своему перекликаются с современными концепциями системной биологии и социологии. В следующих разделах рассмотрены некоторые особенности биологических организмов и биологических систем и, в связи с этим, особенности воплощения на новом системном уровне части из перечисленных выше концепций.

Ключевые термины, такие как «бутстрап», «голономия» и др. определены и подробно рассмотрены ранее в работе «Бутстрап – система, как развитие модели биологической автономии применительно к эволюции биосферы» [Whitehead, 2010].

¹ «Бутстрап – система», как развитие модели биологической автономии применительно к эволюции биосферы» [Kazansky, 2017].

“The universe is a participatory universe” Werner Heisenberg

Голономия мира живого

Метафизика процессуальности (process-based metaphysics) [Dupre, Nicholson, 2018] приобретает особый универсальный смысл в мире живого. Все биологические системы от клетки, организма до популяции, экосистемы и др. являются временными метастабильными феноменами, результатами сложных процессов, доступных для наблюдения в реальных масштабах времени. С одной стороны, эта особенность выражается в том, что любой организм – это своего рода «проточная» (“flux”), материально открытая и в то же время, организационно относительно замкнутая система. Процесс сохранения целостности, формы и организационного статуса организма осуществляется путем непрерывного согласованного колективного самоконструирования, самообновления материальных компонент и их связей. Процесс этот может быть многоуровневым, так как компоненты также могут быть такими квазистабильными образованиями. С другой стороны, все живые системы могут непрерывно изменяться, и эволюционировать в иных, более длительных масштабах времени.

Некоторые моменты процесса самоконструирования, направленного на поддержание статуса организма отражены в модели автопоэзиса У. Матураны и Ф. Варелы [Varela, 1979], в их абстрактной минималистской модели автономной организации живого организма (клетки). Именно этой организации авторы приписывают свойство «агентности» (“agency”) и «биологического наблюдателя». Во многих отношениях эта модель является попыткой свести все процессы живого к обобщенному метаболизму. Но жизнь не могла зародиться без изначальной способности эволюционировать. Для этого она должна была обладать кроме организационной автономии одновременно и способностью размножаться благодаря наличию инструментов репликации. Кроме того, модель автопоэзиса не учитывала роль среды, как поставщика энергии и материальных ресурсов, необходимых для процесса конструирования, роли информации, конструирования клеткой замкнутой системы материальных лимитирующих структур (“constraints”). Наконец, организмы участвуют в многоуровневом эволюционном процессе, который изменяет организмы, их среду и биосферу в целом. Единство органического мира связано общим эволюционным происхождением от единого общего предка, сходным биохимическим составом организмов, сходными условиями существования на Земле, универсальностью метаболических процессов и различных функциональных блоков поведения. Все это способствует согласованной совместной эволюции живых организмов, установления кооперативных связей между ними. Как известно, организмам свойственна в разной степени подвижность, активное, целенаправленное адаптивное поведение. В поведении важна роль памяти и антиципации (упреждающая реакция), развитые органы чувств, механизмы сознания. Все это способствовало экспан-

ции организмов не только во внешнюю, общую для организмов среду, но и во внутреннюю среду друг друга (interpenetration). В этом смысле, организмы действительно, можно назвать симбионтами или «кооперонами» (“cooperons” [Levchenko, 2014]). Разнообразные паразиты, превращаются в ходе коэволюции либо в полезных для организмов симбионтов, либо в патогенных агентов. Возникают эндо-симбиотические и экзо-симбиотические взаимовыгодные для организмов отдельных видов объединения.

Таким образом, все организмы в процессе эволюции, которая включает в себя механизмы коэволюции, симбиогенеза, материального и информационного обмена превратились в холобионты (holobionts) внутри себя и экзосимбионтами во внешней среде. Холобионт (holobiont) – это организм (хозяин) и микробиом. Микробиом – это экологическое сообщество комменсалов, симбиотических и патогенных микрорганизмов, которые населяют телесное пространство хозяина. Наконец, геном всех организмов содержит некодирующие участки белка, в том числе целое эволюционирующее сообщество транспозонов, т.е. мобильных генетических элементов, способных вызывать сложные мутации.

Разумеется, на надорганизменном уровне организмы вступают между собой в разнообразные экологические отношения, образуют семьи, прайды, популяции, сообщества, экосистемы и наконец, биосферу в целом.

Такая сложная картина экспансии и взаимопроникновения делает картину мира, основанную на атомарности, фундаментальной элементной базе условной, чисто инструментальной и изменяющейся в процессе эволюции. В этом отношении интересной для биологии представляется идея чисто реляционной космологии (strongly relational cosmology), уход от дуализма частицы и взаимодействия, фиксации их ролей, т.е. от статично-го атомизма. Так, Физик Джейффи Чу разработал так называемую «бутстрап»-модель субатомных частиц адронов, согласно которой при сильных взаимодействиях никакая частица не является более фундаментальной, чем другие, каждая частица как бы содержит все остальные [Chew, 1968]. Это нетрадиционная, коллективная форма элементарности.

Эти подходы интересны для биологии, учитывая процессуальный характер всех явлений в живых организмах и в других относительно автономных биологических или экологических образованиях. Как отмечалось выше, любой организм – это и целый микрокосм, симбионт и одновременно, экзосимбионт, а также элемент целой иерархии надорганизменных систем организмов. К тому же, любой организм – это совокупность процессов, когда относительно устойчивые во времени формы и структуры являются чем-то вроде неподвижных точек функциональных операторов, которые достигли состояния self-reference, само-ссылочности, когда отдельные элементы замкнутой причинной сети являются одновременно и операторами, и операндами.

Эволюционное, процессуальное единство органического мира в некотором смысле перекликается с холистическими парадигмами квантовой

механики. Голономия, как ее определяет Д. Бом – это локальная в пространстве голограмма (“patch hologram”). Это понятие использовано К. Прибрамом и Д. Бомом при разработке голографической модели функционирования мозга [Pribram, 1986]. Поскольку в каждой клетке многоклеточного организма содержится одинаковый геном, и в процессе развития одновременно участвуют все клетки, то структура организма напоминает организационно автономную «голономную» организацию. Геном напоминает «имплицитный порядок» (“implicate order”) в концептуальной модели Дэвида Бома. В то же время не следует забывать, что геном начинает работать лишь в среде живой клетки и многоуровневых сред вне клетки. Так что, имплицитный порядок здесь – это сочетание генома и всей «эксплицитной среды», целой биосферы, и даже космоса. Онтогенез, индивидуальное развитие можно с натяжкой представить как «голодвижение» (“holomovement”). Правда, в случае развития многоклеточного организма идет деление и дифференциация клеток, формирование органов, т.е. происходит непрерывное развитие. Эксплицитный порядок (“explicate order”) можно условно соотнести с каждой промежуточной стадией развития организма. На над-организменном уровне, когда организмы размножаются и участвуют в совместном эволюционном процессе, они превращают всю биоту и даже целую биосферу в единый голономный мир. Разумеется, голономия здесь уже понимается скорее метафорически, как материально связанное взаимно рефлексирующее сообщество организмов.

Как отмечалось ранее [Kazansky, 2010], именно единство, своего рода голономная организация жизни, свойства само-изменения, саморазвития и одновременно изменения среды в процессе совместной жизнедеятельности организмов способствовали экспансии жизни на Земле.

При этом любой организм участвует одновременно в процессах индивидуального развития, микроэволюции, макроэволюции таксонов разного уровня, глобальной эволюции биосферы, в феноадаптационном процессе и текущей жизнедеятельности. Характерные временные масштабы этих процессов охватывают диапазон от миллиардов и сотен миллионов лет до часов и даже долей секунд. В разномасштабных временных процессах голономия, взаимосвязанность проявляется по-разному.

Чем более глобален и более длителен эволюционный процесс, тем в большей степени проявляется степень голономии на макроуровне, когда проявляется историческое единство биоты и среды. Если же рассматривать процессы в организме животного и человека, то здесь все фантастически ускоряется и достигается высшая степень связанности, голономии, особенно в процессах высшей нервной деятельности.

Итак, фундаментальная эволюционная конструктивистская процессуальность жизни превращает и голономность и становление (смотри ниже) в исторический процесс.

Идея становления в квантовой физике и в биологических процессах

Существует известный вариант интерпретации квантовой механики, при котором при квантовом процессе объект в результате наблюдения переходит из онтологического статуса потенциальности в статус реальной вещи. Такая трактовка восходит к Вернеру Гейзенбергу (Werner Heisenberg), который ссылался на понятие “*dynamis*”, или «бытия в возможности» греческого философа Аристотеля.

Скрытый порядок “*implicit order*” и явный, наблюдаемый “*explicit order*” Дэвида Бома применительно к квантовому миру и космологии укладывается в эту парадигму.

Позже, этот подход к интерпретации квантовой механики обстоятельно развил советский физик В.А. Фок [Fock, 1971]. В последнее время эту идею по-своему развивает русский физик Ю.С. Владимиров в его теоретической модели бинарной геометрофизики [Vladimirov, 1995]. Квантовый объект при этом изначально существует в состоянии суперпозиции и не является ни частицей, ни волной, как в начальный момент эволюции космоса, еще до существования пространства и времени. В настоящее время данная парадигма развивается и в алгебраических «пре-геометрических» моделях [Meschini, Lehto, Pillonen, 2008]. В данном контексте интересна также модель универсальной переписывающей системы (universal rewrite system) и нильпотентной квантовой механики [Rowlands, 2019].

Парадигма становления, когда объект переходит из онтологического статуса потенциальности в статус реальной вещи, процесса, события, или, по М. Хайдеггеру, выходит из статуса пребывания в скрытости к несокрытости, выходу к наличному бытию, представляется довольно универсальной. Как уже отмечалось выше, в предыдущем разделе, геномная, рефлексивная и реляционная картина в физике в чем-то созвучна тому факту, что каждая клетка биологического организма содержит полный геном. Но геном – это лишь потенция к реализации процесса развития организма, это не программа развития в целом, а программа поведения отдельной клетки в разных контекстах, стадиях развития. Далее запускается процесс самоорганизации. Как уже отмечалось выше (см. раздел 2) эта реализация возможна только в конкретной многослойной среде, включающей ядро клетки, клетку в целом, организм, популяцию, биом, экосистему, климатическую зону, биосферу, планетарные физические факторы и др., т.е. в многоуровневом эволюционно сформированном контексте. В этом смысле настоящий процесс становления произошел только в момент происхождения жизни. Далее в живых системах могло происходить только «гибридное» становление в различных жизненных процессах.

Идея становления, перехода из одного онтологического статуса в другой выражается в конструктивистском понимании многих процессов живого. Например, это любой целенаправленный поведенческий акт, онтогенез, или индивидуальное развитие. В добавок к общим физическим

свойствам биологические процессы демонстрируют совершенно новые типы самоорганизации, приводящие к появлению особых структур, а также информационно связанных корпоративных автономий – организмов: стай, популяций, сообществ, биомов, экосистем, симбиозов и др. Все это стало возможным благодаря использованию информационных процессов в виде сигналов, знаков, кодов. Эти аспекты изучает относительно молодая транс-дисциплинарная область биологии – биосемиотика.

Активное использование информации привело к проявлению активного целенаправленного и антиципаторного поведения (способность к упреждающему действию, реакции), что стало толчком к дальнейшему эволюционному усложнению организмов и их поведения. Как известно, кроме генетической памяти организмы обладают иммунной и разными видами нейронной памяти. Внешние ситуации, встречавшиеся в прошлом и отношение организма к ним (энграммы) записываются в компактном виде в нейронных популяциях и сетях в разных частях мозга. А.А. Ухтомский назвал такие пространственно-временные субъективные образы «хронотопами». Раскодирование и воспроизведение этих энграмм при встрече со сходной ситуацией определяет цель и тактику предстоящего поведения. Процесс подготовки и реализации целенаправленного поведенческого акта реализуется в интегративном процессе развития доминанты, по А.А. Ухтомскому, и формирования функциональной системы [Sokolova, 2015; Kazansky, 2014]. М. Барбери предложил целое направление, так называемую «кодовою биологию» (“code biology”) [Barbiry, 2018]. В качестве кода, по его мнению, может выступать не только геном, но и другие структуры, так называемые органические коды (“organic codes”), которые выявляются не только в биологии, но и в биохимии [Shestopalov, 2007], культуре и других областях. Можно ли назвать такие памятные следы пережитых ситуаций, таких, как хронотоп или энграмма кодами – это вопрос дискуссионный.

Параллельный процесс в мозге и в квантовом компьютере

Нейрофизиологи давно наблюдают синхронное возбуждение далеко отстоящих нейронов в ответ на восприятие отдельных объектов или в процессе формирования целенаправленного поведенческого акта. Что за процесс поддерживает такие точно настроенные корреляции между далеко расположеннымми осциллирующими нейронами? Возникла идея, что именно квантовый процесс предлагает единственное реальное объяснение, учитывая, что нелокальность квантовых корреляций хорошо установлена. Эта идея подвигла ряд ученых предположить, что мозг является своего рода квантовым компьютером. Этому отчасти способствовали работа лауреата Нобелевской премии математика и физика Р. Пенроуза и анестезиолога С. Хамероффа [Hameroff, Penrose, 1996]. Они предположили, что в

нейронных сетях с прямыми и параллельными связями вместе с процессами в микротрубочках в цито-скелете клеток имеются квантовые свойства, и они связаны друг с другом. Таким образом, сознание связано с квантовыми процессами в мозге. В теории квантовой корреляции Хамероффа-Пенроуза сознание возникает из квантовых корреляционных процессов в мозгу – «Бозе-Эйнштейновского конденсата»¹.

Несмотря на определенное сходство, параллельный процесс в мозгу человека и в квантовом компьютере реализуется, скорее всего, по-разному. Априорно, кубиты, элементарные ячейки памяти квантового компьютера находятся в неопределенном состоянии (суперпозиция) и они жестко связаны со всеми другими кубитами (квантовая запутанность), что обеспечивает фантастическую скорость вычислений за счет квантовой параллельности, а в мозге это достигается колоссальной связанностью нейронов через синаптическую передачу сигналов и параллельно, не синаптическую и молекулярную. Кроме того, группы клеток объединены в специализированные комплексы. В итоге, при формировании, например, доминанты и функциональной системы целенаправленного поведения, так или иначе, принимают участие практически все нейроны.

Эти таинственные процессы похожи, скорее, на полевые, не дискретные, но которые в процессе формирования доминанты переходят в нечто упорядоченное, в функциональную систему. Это напоминает переход от хаоса к порядку в процессе самоорганизации, только здесь это не хаос, а пространство, насыщенное разнообразными памятными следами («творческий хаос»). Поражает фантастическая скорость организации всего этого «творческого» пространства в целенаправленное действие. Организм превращается в трансформер, быстро перестраивающийся, подготавливая себя к новому целенаправленному действию. При этом следует учитывать хорошо известные антиципаторные (упреждающие) свойства мозга при подготовке реакции на новую программу целенаправленного действия.

Специалистам известно, что живое часто использует одни и те же надежные, хотя и не всегда оптимальные механизмы организации каких-то функций. Селекционный эволюционный процесс является ярким примером. Он реализуется в макроэволюции, микроэволюции, в приобретенном иммунитете и других процессах. Возможно, подобный процесс реализуется и в процессе формирования новой доминанты и функциональной системы.

¹ Конденсат Бозе-Эйнштейна (бозе-эйнштейновский конденсат, бозе-конденсат) – агрегатное состояние вещества, основу которого составляют бозоны, охлажденные до температур, близких к абсолютному нулю (меньше миллиардной доли кельвина). В таком сильно охлажденном состоянии достаточно большое число атомов оказывается в своих минимально возможных квантовых состояниях, и квантовые эффекты начинают проявляться на макроскопическом уровне.

Конечно, мозг куда более гибок и сложен, чем любой компьютер. Он обладает рефлексией, сознанием. В его работе большую роль имеют эмоциональные процессы и фантастическая способность к творчеству, недоступная компьютерам. Да и вообще, мозг, и все живое не алгоритмизуемы. В мозге нейроны одновременно операторы и операнды, и в процессе работы и поступления информации они могут менять связи (“Wetware”) и вообще, изменяться. Это своего рода бутстррап, о котором говорилось выше. Поведение подобных само-рефлексивных систем еще предстоит понять.

В технологии активно следят за достижениями в квантовой механике, биологии и экологии и пытаются создать механизмы, приборы и др., используя, хоть и не прямо идеи, взятые из этих областей знания. В настоящее время бурные усилия направлены не только на создание так называемых квантовых компьютеров. Ведутся также активные работы по созданию так называемого, «нейроморфного» компьютера [Neuromorphic, 2021]. Нейроморфная архитектура существенно отличается от традиционной архитектуры фон Неймана, в которой разделение процессора и памяти является узким горлышком, которое ограничивает скорость и эффективность вычислений. В нейроморфном компьютере переработка и хранение информации происходят одновременно в тех же структурах, как в мозгу человека. Развитие мероморфных архитектур обещает небывалый прогресс также в робототехнике и медицине.

Заключение и выводы

Некоторые модели и парадигмы интерпретации квантовой механики, в частности, голограмичность, голономия, становление (*becoming*), состояния суперпозиции и «запутанности» или связанности могут быть интересны для осмыслиения сущности биологических процессов, их отличия от процессов неживой природы. Конечно, холистические подходы к биологии проявляются по-иному. В квантовой механике становление (“*becoming*”), – это инкарнация из состояния суперпозиции “*implicate order*”, непонятного квантового полевого состояния в реальное для нашего макромира, наблюдаемое событие, “*explicate order*”. В случае биологической эволюции такое событие имело место только в момент происхождения жизни. Далее шел эволюционный бутстррап (“*bootstrap*”) и в воспроизведстве потомка участвует не только геном, но и механизмы воспроизведения, а также негенетические структуры родительской клетки и в целом родительский организм или организмы обоих полов. Так что роль имплицитного порядка (“*implicate order*”) выполняет история целой эволюционной линии вида, а если продолжать далее, целой эволюционной истории жизни на Земле и даже нашего космоса. На психофизиологическом уровне роль имплицитного порядка можно соотнести с энграммами, нейронными памятными следами, закодированными в нейронных ансамблях и сетях. Они

являются самообучаемой поведенческой памятью и участвуют в реализации целенаправленного поведенческого или регуляторного акта в процессе развития Доминанты по А.А. Ухтомскому [Kazansky, 2014]. Голографичность или голономия в биологии превращается из системного понятия в процессуальное и связана с историческим, эволюционным единством всех организмов на Земле и историческим и функциональным единством клеток многоклеточного организма, имеющих одинаковые геномы и клеточные механизмы, но подвергающиеся дифференциации в процессе развития. В основе жизни лежит особый вид процессуальности, связанной с непрерывным конструированием структур, организаций, функциональных систем, осуществлением метаболизма, управлением, поддержанием гомеостаза, осуществлением поведения. Можно говорить о тотальном конструктивизме и историчности жизни во всех ее проявлениях. Если приглядеться, многие стороны конструктивного процесса носят черты эволюции. Так, индивидуальное развитие, организма реализуется в холистическом, по сути, интегративном процессе, который носит выраженный временной характер. Фактически, это направляемый генной памятью самоорганизационный процесс. Это можно трактовать и как внутренний эволюционный процесс в многоуровневой голономной среде (в организме). Приобретенный иммунный ответ согласно селекционно-клональной теории фактически представляет собой целенаправленный селективный процесс подбора антител к антигену. Восприятие, согласно концепции автопоэзиса реализуется как ко-эволюционный процесс. Наконец, внутри организмов, которые, по сути, являются голобионтами (*holobionts*) происходят эволюционные и экологические процессы разного уровня, например, конкуренция и отбор в микробиоме, ко-эволюционные процессы в сообществе транспозонов – подвижных генетических элементов в геноме и др.

Итак, жизнь – это многоуровневый эволюционный конструктивистский процесс. Он также характеризуется целостностью и усложняющейся рефлексивностью благодаря эволюции знаковой коммуникации, которая необходима как для управления процессами внутри организма, так и для ориентации организма в среде. Иногда это жестко контролируемый чисто или частично эквифинальный процесс, как в случае онтогенеза, иммунного ответа или простого поведенческого акта в виде рефлекса или, как в случае макроэволюции, это еще и непредсказуемый (“open-ended”) процесс. Интегративные процессы в мозгу выходят на психофизиологический уровень и реализуют творческий процесс, выходящий за рамки биологии. Такой процесс можно соотнести со становлением (*becoming*).

Вопрос о моделировании эволюционных рефлексивных процессов и многих других жизненных процессов остается во многом открытым и представляется как развитие подходов к моделированию процессов развития и эволюции голономных (по Д. Бому) систем, а попытки его формализации похожи на своего рода эволюционную рефлексивную «монадологию».

Что касается имитационного моделирования эволюционных процессов, то многие исследователи, начиная с Р. Розена отмечают, что описание жизненных процессов (в том числе и естественного интеллекта) в целом нельзя свести к алгоритмам, а, следовательно, и к моделям, реализованных на современных компьютерах, основанных на схеме фон Неймана и по возможным другим схемам. Это справедливо и для эволюционных алгоритмов всех типов. Нельзя их описать и с помощью моделей классической математической физики. Некоторым исключением являются имитационные модели динамики популяций и сообществ животных, но и здесь наиболее реалистичным является эволюционное имитационное моделирование [Menshutkin, Kazansky, Levchenko, 2010].

Интересно отметить, что биологические концепции иногда оказываются плодотворными в определенных областях физики или химии, как, например, идея селекции применительно к процессам самоорганизации в физических системах или использование понятия кода в физике [Swenson, 1988].

В заключение, необходимо подчеркнуть, что в настоящее время наблюдается ускоряющийся рост трансдисциплинарности знания, когда идеи из одной области знания творчески переносятся на другую, например, взятые из биологии (“*bio inspired*”) подходы в робототехнике. Это давно осознанный научным сообществом отход от фрагментарности знания. Например, перед системной биологией и интегративной медициной стоит серьезная и актуальная проблема переосмысливания соотношения процесса и системности. Данная проблема уже поставлена и уже начато ее осмысление в рамках направления процессуальной биологии (“*Process biology*”).

Список литературы

- Barbiery M. What is code biology? // BioSystems. – 2018. – Vol. 164. – P. 1–10.
- Bohm D. Wholeness and the Implicate Order. – Routledge, 1980. – 220 p.
- Chew G.F. “Bootstrap”: a scientific idea? // Science. – 1968. – Vol. 161, N 3843. – P. 762–763.
- Dupre J., Nicholson D.J. A Manifesto for a Processual Philosophy of Biology // D.J. Nicholson and John Dupre (Ed.). Everything Flows: Towards a Processual Philosophy of Biology. – Oxford: Oxford University Press, 2018. – P. 2–44.
- Fock V.A. Quantum Physics and Philosophical Problems // Found. Phys. – 1971, N 1. – P. 293–306.
- Hameroff S., Penrose R. Orchestrated Objective Reduction of Quantum Coherence in Brain Microtubules: The «Orch OR» Model for Consciousness: архивная копия. – 1996. – URL: https://www.esalq.usp.br/lepsc/imgs/conteudo_thumb/Orchestrated-Objective-Reduction-of-Quantum-Coherence-in-Brain-Microtubules.pdf
- Kazansky A.B. Bootstrapping of Life through Holonomy and Self-modification // Computing Anticipatory Systems: Proceedings of the Ninth International Conference on Computing Anticipatory Systems / edited by D.M. Dubois; AIP Conference Proceeding. – Melville; New York: American Institute of Physics, 2010. – Vol. 1303. – P. 297–306.
- Kazansky A.B. Anticipatory View of Life Self-Design: Agential Anticipation in Central Nervous System // International Journal of Computing Anticipatory Systems. – 2014. – Vol. 29. – P. 141–156.

- Kazansky A.B. BOOTSTRAP – SYSTEM AS THE DEVELOPMENT OF THE MODEL OF BIOLOGICAL AUTONOMY APPLYING TO BIOSPHERE EVOLUTION // Sciences of Europe. – 2017. – Vol. 1, N 20. – P. 35–46.
- Kovalev O.V., Kazansky A.B. Two Faces of Gaia. Gaia Circular. – 1999. – Vol. 2, issue 2. – P. 9.
- Levchenko V.F. Living Systems are Cooperons // International Journal of Computing Anticipatory Systems. – 2014. – Vol. 29. – P. 157–163.
- Menshutkin V.V., Kazansky A.B., Levchenko V.F. History of Development of Evolutionary Methods in St. Petersburg School of Computer Simulation in Biology// Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology. – 2010. – Vol. 46, N 6. – P. 537–549.
- Meschini D., Lehto M., Pillonen J. Geometry, pregeometry and beyond. – 2008. – (arXiv:gr-qc/0411053 v3).
- Rowlands P. Constructing the Standard Model fermions // IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1251. – 2019. – P. 1–76.–012004 IOP Publishing. DOI: 10.1088/1742-6596/1251/1/012004
- Neuromorphic electronics based on copying and pasting the brain / Ham Donhee, Park Hongkun, Hwang Sungwoo, Kim Kinam // Nature. Electronics. – 2021. – N 4(9). – P. 635–644. – DOI: 10.1038/s41928-021-00646-1. ISSN 2520–1131. S2 CID 240580331.
- Pribram K.H. Holonomic brain theory in imaging and object perception // Acta Psychol (Amst). – 1986. – Vol. 63, N 1/3. – P. 175–210. – DOI: 10.1016/0001
- Shestopalov B.V. Simulation of formation of α -helices and β -hairpins in water-soluble proteins by code-based physics // Cell and Tissue Biology. – 2007. – Vol. 41, N 4. – P. 420–426.
- Sokolova L.V. On the Legacy and Life Academician of Alexei Uktomsky // M. Nadin, (ed.). Anticipation: Learning from the Past. – Springer International Publishing Switzerland, 2015. – Vol. 25. – P. 101–112. –(Cognitive Systems Monographs). – DOI: 10.1007/978-3-319-19446-2_6
- Swenson R. Spontaneous order, evolution, and autocatakinetics: The nomoloical basis for the emergence of meaning // Van De Vijver G., Sathe S.N., Delpo M. (eds). Evolutionary Systems: Biological and Epistemological Perspectives on Selection and Self-Organization. – Kluwer; Dordrecht, 1988. – P. 155–180.
- Varela F.J. Principles of Biological Autonomy. – New York: North Holland, 1979. – 306 p.
- Vladimirov Yu.S. Binary Geometrophysics: Space-Time, Gravitation // Gravitation and Cosmology. – 1995. – Vol. 1, N 3. – P. 301–307.
- Whitehead A.N. Process and Reality. – Simon and Schuster, 2010. – 448 p.

Kazansky A.B.¹
Transdisciplinary Character Of Some Models
Of Physical And Biological Processes

The paper attempts to critically consider the similarity and difference of some holistic models, taken from some interpretations of quantum physics and holistic models of biological processes. This mainly concerns the concepts of “holonomy”, “implicit order” and “explicit order”, as well as “becoming” by David Bohm.

The deep historicity of all biological events, is associated with their processual, constructive essence on all levels: functional, developmental and evolutionary ones. Holonomy is associated with reflexivity of biological systems on all levels, which are really the dynamic, transit quasi-stable objects, implicit order corresponds to different kinds of memory in biological sys-

¹ **Kazansky Alexander B.** – Sechenov Institute of Evolutionary Physiology and Biochemistry of the Russian Academy of Sciences, Russia, Saint – Petersburg, Senior Researcher; kazansky@bk.ru

tems, genetic, immune, neuronal, psychological ones. Explicit order corresponds to realization of process of “becoming”, coming into living being and quantum computing – with some processes in brain.

The conclusion is supported, that it is necessary to realize a new synthesis in systems biology. This synthesis should comprise ideas of self-organization, evolutionary constructivism, biosemiotics and non-locality of many processes in organism, related with holistic character of many processes in organism.

Keywords: Holonomy; bootstrap; non-locality; process.

For citation: Kazansky A.B. Transdisciplinary Character of Some Models Of Physical and Biological Processes. *METHOD: Moscow quarterly journal of social studies* / RAN, INION. – Moscow, 2024. – Part 14. Vol. 4, No 4, P. 103–116. DOI: 10.31249/metod/2024.04.04.

References

- Barbier, M. (2018) What is code biology? *BioSystems*, Vol. 164, pp. 1–10.
- Bohm D. (1980) *Wholeness and the Implicate Order*. Routledge.
- Chew G.F. 1968 “Bootstrap”: a scientific idea? *Science*. Vol. 161, No 3843, pp. 762–763.
- Dupre J. and Nicholson D.J. (2018) A Manifesto for a Processual Philosophy of Biology. In: D J Nicholson and John Dupre. (Ed.) *Everything Flows: Towards a Processual Philosophy of Biology*. Oxford University Press, pp. 2–44.
- Fock V.A. (1971) Quantum Physics and Philosophical Problems. *Found. Phys.*, 1, 293–306.
- Hameroff, S., Penrose R. (1996). Orchestrated Objective Reduction of Quantum Coherence in Brain Microtubules: The «Orch OR» Model for Consciousness. – Режим доступа: https://www.esalq.usp.br/lepe/imgs/conteudo_thumb/Orchestrated-Objective-Reduction-of-Quantum-Coherence-in-Brain-Microtubules.pdf
- Neuromorphic electronics based on copying and pasting the brain / Ham, Donhee; Park, Hong-kun; Hwang, Sungwoo; Kim, Kinam. (2021) *Nature Electronics*. 4 (9): 635–644. DOI:10.1038/s41928-021-00646-1. ISSN 2520-1131. S2 CID 240580331
- Kazansky A.B. (2017) BOOTSTRAP – SYSTEM AS THE DEVELOPMENT OF THE MODEL OF BIOLOGICAL AUTONOMY APPLYING TO BIOSPHERE EVOLUTION. *Science of Europe*, Vol 1, No 20, pp. 35–45.
- Kazansky A.B. (2010) Bootstrapping of Life through Holonomy and Self-modification. // *Computing Anticipatory Systems*: Proceedings of the Ninth International Conference on Computing Anticipatory Systems, edited by D.M. Dubois, AIP Conference Proceeding, Melville, New York: American Institute of Physics, V. 1303, P. 297–306.
- Kazansky A.B.(2014) Anticipatory View of Life Self-Design: Agential Anticipation in Central Nervous System. *International Journal of Computing Anticipatory Systems*, Vol. 29, pp. 141–156.
- Kovalev O.V., Kazansky A.B.(1999) Two Faces of Gaia. *Gaia Circular*, vol. 2, issue 2.
- Levchenko V.F. (2014) Living Systems are Cooperons. *International Journal of Computing Anticipatory Systems*, Vol. 29, pp. 157–163.
- Menshutkin V.V., Kazansky A.B., Levchenko V.F. (2010) History of Development of Evolutionary Methods in St. Petersburg School of Computer Simulation in Biology. *Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology*, Vol. 46, No. 6, pp. 537–549.
- Meschini D., Lehto M., Pillonen J. (2008) *Geometry, pregeometry and beyond* (arXiv: gr-qc/0411053 v3).
- Rowlands P. (2019) Constructing the Standard Model fermions. IOP Conf. Series: *Journal of Physics*: Conf. Series 1251 pp. 1–76. – 012004 IOP Publishing doi:10.1088/1742-6596/1251/1/012004.

- Pribram K.H. (1986) Holonomic brain theory in imaging and object perception. *Acta Psychol (Amst)*. 63(1–3), pp. 175–210. – doi: 10.1016/0001-0544(86)90011-2
- Shestopalov B.V. (2007) Simulation of formation of α -helices and β -hairpins in water-soluble proteins by code-based physics. *Cell and Tissue Biology*. Vol. 41, No. 4, pp. 420–426.
- Sokolova L.V. (2015) On the Legacy and Life Academician of Alexei Ukhomsky in: M. Nadin, (ed.) *Anticipation: Learning from the Past*. Springer International Publishing Switzerland, Cognitive Systems Monographs, Vol 25, pp. 101–112. DOI 10.1007/978-3-319-19446-2_6
- Swenson, R. (1988) Spontaneous order, evolution, and autocatakinetics: The nomoloical basis for the emergence of meaning. In: Van De Vijver G, Sathe SN, Delpo M. (eds) *Evolutionary Systems: Biological and Epistemological Perspectives on Selection and Self-Organization*, 1988, pp. 155–180.
- Varela F.J. (1979) *Principles of Biological Autonomy*. New York, North Holland/
- Vladimirov Yu.S. (1995) Binary Geometrophysics: Space-Time, Gravitation. *Gravitation and Cosmology*. Vol. 1, No. 3, P. 301–307.
- Whitehead A.N. (2010) *Process and Reality*. Simon and Schuster,
- .

Скипин Н.С.¹
Влияние И. Канта на развитие идейной
основы инвайронментализма²

Аннотация. Статья исследует влияние философии Иммануила Канта на идеологию инвайронментализма, подчеркивая значимость его этических взглядов в формировании современных экологических теорий. Три формулировки категорического императива – универсального закона, человечества как цели и автономии воли – интерпретируются как метапринципы, способные противостоять утилитарной эксплуатации природы. Универсализация максим, таких как «неограниченное использование ресурсов», вскрывает их противоречивость: биосферный коллапс делает невозможным существование человечества как рационального субъекта. Телеология Канта, рассматривающая природу как целесообразное целое, предвосхищает современные концепции биосферной целостности, а его эстетический подход формирует основу для этической защиты экосистем.

Ключевые слова: Кант; категорический императив; экологическая этика; антропоцентризм; «Глобальная хартия Зелёных»; инвайронментализм.

Для цитирования: Скипин Н.С. Влияние И. Канта на развитие идейной основы инвайронментализма // МЕТОД: Московский ежеквартальный трудов из обществоведческих дисциплин / РАН, ИНИОН. – Москва, 2024. – Вып. 14, Т. 4, № 4. – С. 117–126. – DOI: 10.31249/metod/2024.04.05

Введение

Современный экологический кризис, проявляющийся в сокращении биоразнообразия [Гуламов, 2024], таянии ледников (потери Гренландского ледяного щита составили до 8.3 трлн тонн за 1992–2020 гг. [Antarctic ..., 2021]) и др., требует не только технологических решений, но и переосмысливания философских парадигм взаимодействия человека и природы. В этом контексте этическая система Иммануила Канта, основанная на принципах автономии разума и универсальной морали, приобретает новое звучание, несмотря на ее кажущийся антропоцентризм.

¹ Скипин Николай Сергеевич, научный сотрудник ИНИОН РАН, skipin@inion.ru

² Исследование выполнено за счет гранта РНФ № 22-18-00383-П «Междисциплинарные методологические основания расширенного эволюционного синтеза в науках о жизни и обществе» в Институте научной информации по общественным наукам Российской академии наук (НИИОН РАН).

Попытка рассмотреть как три формулировки категорического императива – универсального закона, человечества как цели и автономии воли – становятся метапринципами экологической этики, вскрывая противоречия утилитарного отношения к природе имеет исследовательские перспективы. Телеология Канта, рассматривающая природу как целесообразную систему, предвосхищает современные концепции биосферной целостности [Корнилов, 2020], а его эстетическое восприятие природы формирует основу для ее этической защиты [Белоусов, 2019]. Кроме того, видящая природу как целесообразное целое, кантовская телеология задает границы антропоцентризма, где «механизм природы как зависимость живых существ от непреднамеренно действующих сил» требует этического уважения к биосфере [Мартынова, 2023], что усиливает защиту природы как часть морального становления человека.

Прослеживая историческую рецепцию кантовских идей – от натурфилософии Гумбольдта до экофеминизма и теории «Парламента вещей» Бруно Латура, – текст раскрывает их трансформацию в инструменты осмысливания экологических проблем. Практическое воплощение этих принципов в «Глобальной хартии Зеленых» и климатической политике ЕС подтверждает их эвристическую ценность.

Однако критика кантовского антропоцентризма, а также синтез его этики с буддистской экологией и феминистской этикой заботы, показывают: ответ на вызовы антропоцене требует не буквального следования традиции, но творческого диалога между философским наследием и новыми парадигмами. Так, критики кантовского антропоцентризма подчеркивают, что его этика, фокусирующаяся на рациональности как источнике моральной ценности, оставляет природу за пределами моральных действий, вследствие чего жестокость к животным может привести к моральному регрессу человека [Ogar, Bassey, 2023]. Это усиливает необходимость синтеза с новыми парадигмами, где кантовская добрая воля и категорический императив служат основой для экологической этики, ориентированной на предотвращение деградации человеческой морали через эксплуатацию природы.

Философские основания: деконструкция антропоцентризма

Категорический императив Канта, представленный в работе «Основы метафизики нравственности» (1785), приобретает новое звучание в контексте экологической этики. Его три формулировки, изначально направленные на регулирование межличностных отношений, раскрывают скрытый экологический потенциал при переосмысливании через призму взаимодействия человека и природы.

Первая формула – универсального закона – провозглашает: «Поступай только согласно такой максиме, руководствуясь которой ты в то же время можешь пожелать, чтобы она стала всеобщим законом» [Кант, 1994, с. 145]. Экологическая интерпретация этого принципа вскрывает противоречивость антропоцентрических практик. Например, максима неограниченной эксплуатации природы, будучи универсализированной, ведет к коллапсу биосферы, что нарушает кантовский критерий непротиворечивости.

Экологическая проекция категорического императива выходит за рамки запретов, предлагая позитивную программу. Максима «сохранять биоразнообразие как условие устойчивости биосферы», будучи универсализированной, соответствует кантовскому идеалу: ее реализация обеспечивает сохранение экосистемных процессов и даже управление ими: от опыления сельхозкультур до регуляции климата, что служит основой для существования будущих поколений.

Это звучно глобальным инициативам, таким как «Цели устойчивого развития» ООН, где экологическая ответственность трактуется как универсальный моральный долг¹. Даже в политике климатического нейтралитета ЕС прослеживается логика кантовского императива – например, механизм трансграничного углеродного регулирования (СВАМ) по сути требует, чтобы экологические стандарты стали «всеобщим законом» для всех участников рынка [Прокофьев, 2022].

Таким образом, кантовский принцип, изначально сформулированный для межличностной этики, оказывается ключом к преодолению экологического кризиса. Он не только разоблачает саморазрушительность антропоцентризма, но и задает рамки для новой парадигмы, где уважение к автономии природы становится условием выживания человечества как морального сообщества.

Вторая формула – человечество как цель – трансформируется в экологическом ключе в требование рассматривать природу не только как ресурс, но и как необходимое условие реализации человеческого достоинства. Уничтожение экосистем, таких как торфяные болота, поглощающие углекислый газ, ставит под угрозу выживание будущих поколений, превращая их в заложников краткосрочных экономических интересов. Это прямо противоречит кантовскому императиву, запрещающему использовать разумные существа исключительно как средство.

Третья формула – автономии воли – находит отражение в принципах глобального экологического управления. Организации вроде Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) воплощают идею «царства целей», где решения принимаются коллективно, на основе научного консенсуса, а не диктата отдельных государств [Троцак, 2015]. Это подчеркивает необходимость перехода от национального эго-

¹ Центр ЦУР по достижению Цели 11: Устойчивые города и населенные пункты. – URL: <https://www.un.org/ru/110945> (дата обращения: 20.03.2024).

изма к транснациональной кооперации, соответствующей масштабу экологических вызовов.

Историческая рецепция: от романтизма до экофеминизма

Идеи Канта получили развитие в трудах ученых и философов, синтезировавших научный подход с этической рефлексией. Александр фон Гумбольдт в монументальном труде «Космос» (1845) расширил кантовское представление о единстве природы, интегрировав климатические, геологические и биологические процессы в целостную систему [Humboldt, 1845]. Его концепция «природного равновесия» стала предтечей современного экосистемного подхода.

Эрнст Геккель, создав термин «экология» (1866), трансформировал кантовский тезис о взаимосвязи как основе познания в научную парадигму. Он утверждал, что изучение организмов невозможно вне их среды, подчеркивая, что даже мельчайшие формы жизни играют роль в поддержании баланса биосфера [Haeskel, 1866]. Этот подход,озвученный кантовской телеологии, где части существуют ради целого, заложил методологический фундамент для современных исследований биоразнообразия и климатических изменений.

Альберт Швейцер в «Этике благоговения перед жизнью» (1923) радикализировал императив долга, распространив его на все живое, что стало мостом между антропоцентризмом Канта и биоцентризмом современной экологической этики [Швейцер, 1992].

В XX–XXI вв. кантовское наследие переосмысливается в контексте новых философских течений. Ханс Йонас в «Принципе ответственности» (1979) модифицирует категорический императив, формулируя его как обязанность гарантировать сохранение условий для будущей жизни на Земле [Йонас, 2004].

Экофеминистки, такие как Вандана Шива и Вэл Пламвуд, критикуя абстрактный рационализм Канта, предлагают этику заботы, где природа становится равноправным субъектом взаимодействия [Пророкова, 2020]. Однако даже в этой критике сохраняется связь с кантовским уважением к автономии, переосмысленной через призму взаимозависимости.

Бруно Латур в концепции «Парламента вещей» идет еще дальше, включая в «царство целей» не только людей, но и реки, виды и экосистемы, что расширяет рамки моральной субъектности в духе кантовского универсализма [Latour, 2004].

«Глобальная хартия Зеленых» (2001): кантовские принципы в действии

Переходя от теоретических оснований к их реализации, рассмотрим, как кантовские принципы отражаются в современных экологических инициативах.

Экологическая идеология инвайронментализма находит практическое воплощение в деятельности политических партий и неправительственных организаций глобального масштаба. Ее концептуальной основой служит «Глобальная хартия Зеленых» – документ, который был принят и поддержан экологически ориентированными политическими силами по всему миру в качестве стратегической платформы для действий [Скипин, 2024]. Этот документ, принятый международным экологическим движением, демонстрирует структурное соответствие с этикой Канта.

Следует сказать, что уже существует исследование связи «Глобальной хартии зеленых» и немецкой классической философии [Скипин, 2023]. В исследовании проанализировано влияние идей уже упоминавшегося Александра фон Гумбольдта, а также Гегеля, Маркса и Энгельса на становление принципа «экологическая мудрость». Учитывая влияние философии Канта на системы упомянутых мыслителей, можно заключить, что уже этим Кант причастен к формированию идейной основы инвайронментализма.

Но связь философии Канта и концептуальной платформы движения «Зеленых» намного глубже. Так, например, принцип экологической мудрости, требующий опоры на научное знание и практический разум, воплощен в проектах вроде Millennium Ecosystem Assessment (2005), оценивающих последствия антропогенного воздействия [“Bio to bits”..., 2022]. Межпоколенческая справедливость, трактуемая как долг перед будущими поколениями, материализуется в таких инициативах, как Норвежский Sovereign Wealth Fund, направляющий доходы от нефти в инвестиции в устойчивые технологии [Gasparini, 2023].

Климатическая политика ЕС служит практическим примером применения кантовских принципов. Принцип «Не наносить значительного вреда» (DNSH), закрепленный в Таксономии ЕС, прямо запрещает экономические действия, противоречащие экологическим целям, что созвучно формуле универсального закона [Pozhilova, 2024]. Механизм трансграничного углеродного регулирования (СВАМ), устанавливающий единые стандарты для импортируемых товаров, воплощает логику всеобщности, исключая экологический демпинг и создавая условия для справедливой конкуренции [Прокофьев, 2022].

Кантовский антропоцентризм, отрицающий внутреннюю ценность неразумных существ, сталкивается с вызовами современной экологической мысли. Однако его телеология, рассматривающая виды как функциональные элементы биосфера, позволяет обосновать их защиту через

призму системной целостности. Абстрактность категорического императива преодолевается в работах Джона Ролза, который в «Теории справедливости» (1971) [Ролз, 2010] адаптирует кантовский подход через «вуаль неведения» – гипотетическую ситуацию, где участники не знают своего места в будущих поколениях, что заставляет их выбирать справедливые экологические правила [Морозов, 2024]. Все это позволяет уложить концепцию устойчивого развития на кантинанские рельсы [Чалый, 2023].

Синтез кантовской этики с альтернативными традициями обогащает ее потенциал. Буддистская экология, представленная Тхить Нят Ханем, дополняет идею долга концепцией «природы взаимного существования», подчеркивая взаимозависимость всех форм жизни [Нижников, Ле, 2022]. Подобные синкретические подходы демонстрируют, что кантовское наследие остается живым инструментом для ответа на вызовы антропоцену, требуя не догматического следования, но творческого переосмысливания в диалоге с другими философскими традициями.

Заключение

Современный экологический кризис, отмеченный беспрецедентной потерей биоразнообразия, таянием ледников и деградацией экосистем, ставит перед человечеством вопрос не только о технологических решениях, но и о фундаментальном пересмотре этических оснований взаимодействия с природой. В этом контексте философия Иммануила Канта, казалось бы, ограниченная антропоцентризмом, обретает новую актуальность, демонстрируя потенциал для формирования экологической этики. Три формулировки категорического императива – универсального закона, человечества как цели и автономии воли – трансформируются в метапринципы, способные противостоять утилитарному отношению к природе. Их экологическая интерпретация вскрывает внутренние противоречия эксплуатационных практик: универсализация максим, подобных «неограниченному использованию ресурсов», ведет к логическому тупику, где биосферный коллапс делает невозможным само существование человечества как рационального субъекта.

Практическое воплощение этих принципов в «Глобальной хартии Зеленых» и климатической политике ЕС подтверждает их действенность. Принципы экологической мудрости, межпоколенческой справедливости и коллективной автономии, закрепленные в документах и инициативах, отражают логику кантовского императива. Наиболее явно это воплощается в политике, где кантовские принципы доброй воли и категорического императива подразумевают косвенные обязанности по отношению к природе, что работает на предотвращение экологического кризиса как угрозе человеческой морали [Ogar, Bassey, 2023]. Это так же усиливает взаимосвязь настоящего и будущих поколений, в следствие чего забота о природе ста-

новится условием для поддержания рациональной этики в глобальных инициативах. Например, трансграничное углеродное регулирование (СВАМ) и принцип «Не наносить значительного вреда» (DNSH) в ЕС воплощают требование универсальности экологических стандартов, исключая двойные стандарты в глобальной экономике.

Критика кантовского антропоцентризма, отрицающего внутреннюю ценность природы, не отменяет значимости его наследия. Телеологический подход Канта, рассматривающий виды как элементы целостной биосферы, позволяет обосновать их защиту через призму системной устойчивости. Синтез с альтернативными традициями – буддистской экологией взаимозависимости или феминистской этикой заботы – обогащает кантовскую этику, превращая ее в гибкий инструмент для ответа на вызовы антропоцена. Кроме того, критика антропоцентризма Канта усиливается идеей о том, что его этика позволяет обосновать ответственность к будущим поколениям через телеологический подход, где сохранение биосферы становится моральным императивом, требующим прогресса от человечества [Eterović, 2021].

Таким образом, философия Канта, пройдя через горнило исторической рецепции и критики, остается живым интеллектуальным ресурсом. Ее сила – не в догматическом следовании канону, а в способности к диалогу с наукой, активизмом и глобальной экоповесткой. Ответ на экологический кризис требует не отказа от наследия Просвещения, но его творческого переосмысливания, где уважение к автономии природы становится условием выживания человечества как морального сообщества.

Список литературы

- Белоусов П.А. Экологическая красота как культурная ценность // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия Философия. Социология. Право. – 2019. – Т. 44, № 4. – С. 676–683. – DOI: 10.18413/2075-4566-2019-44-4-676-683
- Гуламов М.И. Современные проблемы сокращения биоразнообразия и пути их решения // Universum: общественные науки. – 2024. – № 2(105). – С. 23–26. – DOI: 10.32743/UniSoc. 2024.105.2.16851
- Йонас Г. Принцип ответственности. – Москва: Айрис-Пресс, 2004. – 480 с.
- Кант И. Основоположения метафизики нравов // Кант И. Собр. соч.: в 8 т. – Москва, 1994. – Т. 4. – 630 с.
- Корнилов С.В. На пути к современной философии биологии: опыт критики телеологической способности суждения // Вестник Томского государственного университета. – 2020. – № 456. – С. 73–77. – DOI: 10.17223/15617793/456/7.
- Мартынова С.А. Рубежи экологической этики: философия И. Канта в диалоге с тезисом о «конце человеческой исключительности» // Кантовский сборник. – 2023. – Т. 42, № 4. – С. 86–111. – DOI: 10.5922/0207-6918-2023-4-5
- Морозов К.Е. Принцип различия и склонность к риску // Дискурсы этики. – 2024. – № 2(22). – С. 11–32.

- Нижников С.А., Ле. Т.Т. «Социально вовлеченный буддизм» Тхить Нят Ханя в диалоге культур // Вестник Калмыцкого университета. – 2022. – № 4(56). – С. 166–174. – DOI: 10.53315/1995-0713-2022-56-4-166-174.*
- Прокофьев К.И. Влияние механизма трансграничного углеродного регулирования (СВАМ) на мировую торговлю // Инновации и инвестиции. – 2022. – № 6. – С. 29–33.*
- Пророкова М.Н. Отчуждаемое природное: понятие природы в радикальном и культурном экофеминизме // Полилог. – 2020. – Т. 4, № 3. – С. 6. – DOI: 10.18254/S258770110012506–8.*
- Ролз Д., Ролз Дж. Теория справедливости / пер. с англ., науч. ред. и предисл. В.В. Целищева. – Изд. 2-е. – Москва: URSS, 2010. – 536 с. – ISBN 978-5-382-01051-9.*
- Скипин Н.С. Инвайронментализм как постидеология: концептуальная рамка постмодерна // Контуры глобальных трансформаций: политика, экономика, право. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 196–208. – DOI: 10.31249/kgt/20.*
- Скипин Н.С. Красные оттенки зеленой идеологии: влияние немецкой философии XIX в. на становление принципа «экологическая мудрость» // Человек: образ и сущность. Гуманистические аспекты. – 2023. – № 2(54). – С. 9–21. – DOI: 10.31249/chel/2023.02.01.*
- Троцак А.И. От "царства целей" Канта к экономической модели // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. – 2015. – № 6. – С. 55–62.*
- Центр ЦУР по достижению Цели 11: Устойчивые города и населенные пункты. – URL: <https://www.un.org/ru/110945> (дата обращения: 20.03.2024).
- Чалый В.А. Возвращая «культурный мандат»: Идея устойчивого развития в кантинской перспективе // Кантовский сборник. – 2023. – Т. 42, № 2. – С. 68–94. – DOI: 10.5922/0207-6918-2023-2-4*
- Швейцер А. Благоговение перед жизнью: пер. с нем. / сост. и посл. А.А. Гусейнова; общ. ред. А.А. Гусейнова, М.Г. Селезнева. – Москва: Прогресс, 1992. – 576 с.*
- Antarctic and Greenland Ice Sheet mass balance 1992–2020 for IPCC AR6 (Version 1.0) [Data set]. / Shepherd A., Ivins E., Rignot E., Smith B., van den Broeke M., Velicogna I., Whitehouse P., Briggs K., Joughin I., Krinner G., Nowicki S., Payne A., Scambos T., Schlegel N.A.G., Agosta C., Ahlström A., Babonis G., Barletta V.,..., Wuite J. // UK Polar Data Centre, Natural Environment Research Council, UK Research & Innovation. – 2021. – DOI: 10.5285/77 b64 c55–7166–4 a06–9 def-2 e400398 e452.*
- “Bio to bits”: the Millennium Ecosystem Assessment (MA) as a metaphor for Big Data ecosystem assessment / S. Ghazinoory, Sh. Nasri, R. Dastranj, A. Sarkissian // Information Technology & People. – 2022. – Vol. 35, N 2. – P. 835–858. – DOI: 10.1108/itp-08–2020–0579.*
- Eterović I. Grounding Responsibility to Future Generations from a Kantian Standpoint // Environmental ethics. – 2021. – Т. 43, № 4. – P. 315–337. – DOI: 10.5840/enviroethics202211433.*
- Gasparini A. Norway’s opportunities via the Sovereign Wealth Fund and the European Green Deal // International Journal of Environmental Studies. – 2023. – Vol. 80, N 5. – P. 1445–1455. – DOI: 10.1080/00207233.2022.2037335.*
- Haeckel E. Generelle Morphologie der Organismen. Bd. 1. Allgemeine Anatomie der Organismen. – Berlin: Georg Reimer, 1866. – 574 p.*
- Humboldt A.V. Kosmos. Entwurf einer physischen Weltbeschreibung: 5 Bände. – Stuttgart; Tübingen: Cotta, 1845–1862.*
- Latour B. Politics of nature. How to bring the sciences into democracy. – Cambridge: Harvard University Press, 2004. – 320 p.*
- Ogar T., Bassey S. The implications of Kantian Ethics for Non-rational Nature/Beings: A Study in Environmental Ethics // International Journal of Environmental Pollution and Environmental Modelling. – 2023. – Т. 6, № 2. – P. 93–103.*
- Pozhilova N. The concept of sustainable development and financial mechanisms: green hydrogen and blue bonds // Reliability: Theory & Applications. – 2024. – Vol. 19, N S6(81). – P. 1050–1060. – DOI: 10.24412/1932–2321–2024–681–1050–1060.*

Skipin N.S.¹

**Influence of I. Kant on the development
of the ideological basis of environmentalism**

Abstract. The article explores the influence of Immanuel Kant's philosophy on environmentalist ideology, emphasizing the significance of his ethical views in shaping modern ecological theories. The three formulations of the categorical imperative – the universal law, humanity as an end, and the autonomy of will – are interpreted as meta-principles capable of countering the utilitarian exploitation of nature. The universalization of maxims such as 'unrestricted resource use' reveals their inherent contradiction: a biospheric collapse renders the existence of humanity as a rational agent impossible. Kant's teleology, which views nature as a purposive whole, anticipates contemporary concepts of biospheric integrity, while his aesthetic approach lays the groundwork for the ethical protection of ecosystems.

Keywords: Kant Immanuel; categorical imperative; environmental ethics; anthropocentrism; Global Green Charter; environmentalism.

For citation: Skipin N.S. Influence of I. Kant on the development of the ideological basis of environmentalism // METHOD: Moscow quarterly journal of social studies / RAN, INION. – Moscow, 2024. – Part 14. Vol. 4, No. 4, P. 117–126. DOI: 10.31249/metod/2024.04.05

References

- Belousov P.A. (2019). Ecological beauty as a cultural value. *Belgorod State University Scientific Bulletin. Philosophy. Sociology. Law series.* 44 (4): 676–683. DOI 10.18413/2075-4566-2019-44-4-676–683 (In Russian)
- Gulamov M.I. (2024). Current problems of biodiversity reduction and ways to solve them. *Universum: Obshchestvennye nauki.* 2(105). 23–26. – DOI 10.32743/UniSoc. 2024.105.2.16851 (In Russian)
- Jonas H. Responsibility principle, Moscow, Iris, 2004, 480 p. (In Russian)
- Kant I. (1994). Fundamentals of the metaphysics of morals. Kant I. Sobr. op. in 8 volumes. Anniversary edition 1794–1994. Under the general editorship of A.V. Gulyga. T. 4. M.: Choro. 630 p. (In Russian)
- Kornilov S.V. (2020). Towards a Modern Philosophy of Biology: Critique of the Teleological Judgment. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta – Tomsk State University Journal,* 2020, 456, pp. 73–77. – DOI 10.17223/15617793/456/7 (In Russian)
- Martynova, S.A. (2023). The Boundaries of Ecological Ethics: Kant's Philosophy in Dialog with the "End of Human Exclusiveness" Thesis. *Kantian Journal,* 42(4), pp. 86–111. DOI 10.5922/0207-6918-2023-4-5 (In Russian)
- Morozov, K.E. (2024). The difference principle and risk propensity. *Discourses of Ethics,* 2(22), pp. 11–32. (In Russian)
- Nizhnikov, S.A., Le Thi Tuyet. (2022) «Socially engaged Buddhism» of Thich Nhat Hanh in the dialog of cultures. *Vestnik Kalmytskogo universiteta,* 4 (56), pp. 166–174. DOI: 10.53315/1995-0713-2022-56-4-166-174 (In Russian)
- Prokofyev K.I. (2022). Impact of carbon border adjustment mechanism (cbam) on world trade. *Innovation & Investment.* № 6. 29–33. (In Russian)
- Prorokova M. (2020). The alienated natural: the concept of nature in radical and cultural ecofeminism. *Polylogos.* vol. 4, no. № 3 (13). P. 6. DOI: 10.18254/S258770110012506-8 (In Russian)

¹ Skipin Nikolai Sergeevich, research fellow at INION RAN, skipin@ionion.ru

- Rawls J. (2010) Teoriya spravedlivosti [A Theory of Justice] [in Russian] (Trans. from english), *Moscow: LKI Publishers*. 536 p. (In Russian)
- Skipin N.S. (2024). Environmentalism as a Postideology: A Conceptual Framework of Postmodernity. *Outlines of Global Transformations: Politics, Economics, Law*, vol. 17, no. 1, pp. 196–208. DOI: 10.31249/kgt/2024.01.10 (In Russian)
- Skipin N.S. (2023). Red shades of green ideology: the influence of the 19 th century german philosophy on the formation of the principles of “ecological wisdom”. *Human Being: Image and Essence. Humanitarian Aspects*. № 2(54). 9–21. DOI: 10.31249/chel/2023.02.01 (In Russian)
- Trotsak A.I. (2015). From Kant’s “kingdom of ends” to an economic model. *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University*, (6), 55–62. (In Russian)
- UNAI SDG Hub 11: Sustainable Cities and Communities. URL: <https://www.un.org/ru/110945> (date of access 20.03.2024)
- Chaly, V.A. (2023). Reclaiming the “Cultural Mandate”: The Idea of Sustainable Development in the Kantian Perspective. *Kantian Journal*, 42(2). (In Russian)
- Shveytser, A. (1992). Reverence for life / translated from German. – M.: *Progress*, 576 p. (In Russian)
- Shepherd, A., Ivins, E., Rignot, E., Smith, B., van den Broeke, M., Velicogna, I., Whitehouse, P., Briggs, K., Joughin, I., Krinner, G., Nowicki, S., Payne, A., Scambos, T., Schlegel, N.A.G., Agosta, C., Ahlström, A., Babonis, G., Barletta, V., ... Wuite, J. (2021). Antarctic and Greenland Ice Sheet mass balance 1992–2020 for IPCC AR6 (Version 1.0) [Data set]. *UK Polar Data Centre, Natural Environment Research Council. UK Research & Innovation*. DOI: 10.5285/77 b64 c55-7166-4 a06-9 def-2 e400398 e452.
- Eterović I. (2021). Grounding Responsibility to Future Generations from a Kantian Standpoint. *Environmental ethics*. T. 43. №. 4. P. 315–337. DOI 10.5840/enviroethics202211433.
- Gasparini A. (2023). Norway’s opportunities via the Sovereign Wealth Fund and the European Green Deal. *International Journal of Environmental Studies*. Vol. 80, No. 5. P. 1445–1455. DOI: 10.1080/00207233.2022.2037335.
- Ghazinoory S., Nasri Sh., Dastranj R., Sarkissian A. (2022). “Bio to bits”: the Millennium Ecosystem Assessment (MA) as a metaphor for Big Data ecosystem assessment. *Information Technology & People*. Vol. 35, No. 2. P. 835–858. DOI: 10.1108/itp-08–2020–0579.
- Haeckel E. (1866). Generelle Morphologie der Organismen. Bd. 1. Allgemeine Anatomie der Organismen. Berlin: *Georg Reimer*. 574 p.
- Humboldt A.V. (1845–1862). Kosmos. Entwurf einer physischen Weltbeschreibung. 5 Bände. *Stuttgart; Tübingen: Cotta*, 1845–1862.
- Latour B. (2004). Politics of nature. How to bring the sciences into democracy. *Cambridge: Harvard University Press*, 2004. 320 p.
- Ogar T., Bassey S. (2023). The implications of Kantian Ethics for Non-rational Nature/Beings: A Study in Environmental Ethics. *International Journal of Environmental Pollution and Environmental Modelling*. T. 6, № 2. P. 93–103.
- Pozhilova N. (2024). The concept of sustainable development and financial mechanisms: green hydrogen and blue bonds. *Reliability: Theory & Applications*. Vol. 19, No.S6(81). P. 1050–1060. DOI: 10.24412/1932-2321-2024-681-1050-1060.

Кант И.
Всеобщая естественная история
и теория неба
Часть первая
1755
(Извлечения)

Печатается по: Кант И. Сочинения: в 8-ми т. Т. 1. – Москва: ЧОРО, 1994. – С. 135–148.

Часть первая
ОЧЕРК СИСТЕМЫ НЕПОДВИЖНЫХ ЗВЕЗД,
А ТАКЖЕ О МНОГОЧИСЛЕННОСТИ ПОДОБНЫХ СИСТЕМ
НЕПОДВИЖНЫХ ЗВЕЗД

**Краткий очерк важнейших основных положений Ньютона учения
о мире, необходимых для понимания последующего**

Шесть планет, три из которых имеют спутники, – Меркурий, Венера, Земля со своей Луной, Марс, Юпитер с четырьмя и Сатурн с пятью спутниками, описывающие круги вокруг Солнца, как вокруг центра, а также кометы, обращающиеся вокруг него во всех направлениях и по очень удлиненным орбитам, образуют систему, которая называется Солнечной системой, или же планетным миром. Движение всех этих тел, будучи кругообразным, замкнутым, предполагает наличие двух сил, одинаково необходимых при построении любой теории, а именно *метательной силы*, благодаря которой они в каждой точке своего криволинейного пути продолжали бы двигаться в прямом направлении и удалились бы в бесконечность, если бы некоторая *другая сила*, какой бы она ни была, постоянно не вынуждала их оставлять это направление и двигаться по замкнутой кривой, в центре которой находится Солнце. Эта вторая сила, как с несомненностью доказывается геометрией, повсюду устремлена к Солнцу и поэтому называется силой падения, центростремительной силой или же

силой тяготения. Если бы орбиты небесных тел были правильными окружностями, то самое простое разложение суммы криволинейных движений показало бы, что для этого требуется постоянное стремление к центру; но хотя орбиты всех планет и комет представляют собой эллипсы, в общем фокусе которых находится Солнце, все же высшая геометрия с помощью закона Кеплера (согласно которому радиус-вектор, т.е. линия, проведенная от планеты к Солнцу, всегда отсекает от эллипса орбиты площади, пропорциональные времени [движения]) неопровергимо доказывает, что некая сила должна неустанно направлять планету к центру Солнца на всем протяжении ее пути. Эта центростремительная сила, господствующая на всем пространстве планетной системы и действующая по направлению к Солнцу, есть, таким образом, общепризнанное явление природы. Столь же достоверно доказан закон, согласно которому эта сила распространяется от центра в даль. Она всегда убывает в такой же мере, в какой возрастают квадраты расстояний от центра. С такой же непогрешимостью этот закон вытекает и из величины времени, которое требуется планетам, находящимся на различных расстояниях, для их обращений. Времена обращения планет всегда относятся друг к другу как квадратные корни из кубов их средних расстояний от Солнца; отсюда следует, что сила, влекущая эти небесные тела к центру их обращения, должна уменьшаться обратно пропорционально квадратам их расстояния.

Тот же самый закон, которому подчинены планеты в своем обращении вокруг Солнца, имеет место и для малых систем, а именно для систем, образуемых спутниками, движущимися вокруг своих центральных планет. Периоды их обращений связаны тем же соотношением с их расстояниями и указывают на существование такой же направленной к планете центростремительной силы, какой планета притягивается к Солнцу. Все это установлено раз и навсегда безошибочным геометрическим путем, на основании неопровергимых наблюдений. Сюда следует добавить еще ту мысль, что эта центростремительная сила есть то же устремление, которое на поверхности планеты называется тяжестью и которое по мере удаления от нее постепенно уменьшается согласно вышеприведенному закону. Это явствует из сравнения силы тяжести на поверхности Земли с силой, влекущей Луну к центру ее обращения: эти силы относятся друг к другу, как силы притяжения во всем мироздании, а именно обратно пропорционально квадрату расстояний. Вот почему часто упоминаяемая центральная сила называется также тяготением.

Далее, так как в высшей степени вероятно, что там, где какое-то действие имеет место только в присутствии некоторого тела и происходит пропорционально близости к нему, и так как это действие точно направлено к этому телу, то можно полагать, что это тело, каково бы оно ни было, есть причина данного действия; в этом усмотрели достаточное основание для того, чтобы всеобщее падение планет по направлению к Солнцу при-

писать притягательной силе последнего и этой способностью притяжения наделить все небесные тела вообще.

Если свободно предоставить тело этому импульсу, заставляющему его падать по направлению к Солнцу или какой-нибудь планете, то оно будет падать со все возрастающей скоростью и в короткий срок соединится с его массой. Но если оно при этом получило толчок в боковом направлении, то в случае, когда толчок не настолько силен, чтобы точно уравновесить силу тяготения, тело будет падать к центральному телу по кривой линии; если же сила сообщенного ему толчка столь велика, что до соприкосновения с поверхностью центрального тела оно удаляется от перпендикулярного направления на половину толщины этого тела, то оно не коснется его поверхности, а, обогнув его вплотную в своем полете, снова поднимется, благодаря приобретенной в падении скорости, на ту же высоту, с какой оно падало, с тем чтобы совершать постоянно это круговое обращение.

Различие между орбитами комет и планет заключается, следовательно, в различном соотношении бокового движения и силы тяготения: чем ближе к равновесию эти две силы, тем больше орбита приближается к форме круга, и чем больше разница между ними, чем слабее метательная сила по сравнению с центральной, тем орбита удлиненнее или, как говорят, тем она эксцентричнее, так как в этом случае небесное тело в одной части своего пути гораздо ближе подходит к Солнцу, чем в другой. Так как во всей природе ничто не рассчитано с совершенной точностью, то и ни одна планета не движется по правильному кругу, а орбиты комет больше всего далеки от этой формы, так как то боковое движение, которое было им сообщено, было меньше всего пропорционально центральной силе, действовавшей на их первоначальном расстоянии.

В настоящем трактате я часто буду применять выражение *системное устройство мироздания*. Для того чтобы без труда ясно представить себе, что я под этим подразумеваю, скажу по этому поводу несколько слов. В сущности все планеты и кометы, принадлежащие нашему мирозданию, образуют *систему* уже по одному тому, что они вращаются вокруг общего центрального тела. Я употребляю, однако, это выражение и в более узком смысле, имея в виду более точные отношения, в силу которых связь между небесными телами стала регулярной и единообразной. Орбиты планет лежат почти в одной общей плоскости, а именно в продолженной экваториальной плоскости Солнца; отклонение от этого правила встречается только у крайней границы системы, там, где всякое движение постепенно прекращается. Так вот, когда известное число небесных тел, расположенных около общего центра и вращающихся вокруг него, вместе с тем ограничено некоторой плоскостью, так что они могут лишь минимально отклоняться от нее в обе стороны, когда это отклонение происходит постепенно только у тех тел, которые больше всего удалены от

центра и поэтому меньше других участвуют в общей связи, тогда я говорю, что эти тела связаны между собой в некоторую *систему*.

О системном устройстве неподвижных звезд

Учение о всеобщем устройстве мироздания не обогатилось со времен Гюйгенса заметными приобретениями. И в настоящее время мы знаем не больше того, что было известно уже тогда, а именно: что шесть планет с десятью спутниками, орбиты которых лежат почти в одной плоскости, и вечные шары комет, разбегающиеся во все стороны, образуют систему, имеющую своим центром Солнце, к которому все тяготеет, вокруг которого небесные тела совершают свое движение и от которого все они получают свет» тепло и жизнь; наконец, что неподвижные звезды подобно, солнцам представляют собой центры таких же систем, в которых, вероятно, все устроено столь же величественно и слаженно, как в нашей системе, и что все бесконечное мировое пространство наполнено мирами, число и величие которых соответствуют неизмеримому могуществу их творца. Множество неподвижных звезд теряло здесь характер системы, которая связывает обращающиеся вокруг своих солнц планеты, и казалось, что между звеньями Вселенной нет тех закономерных связей, которые наблюдаются в малом масштабе. Неподвижные звезды не имеют закона, который определял бы их взаимное расположение; считалось, что они наполняют все небеса и небо всех небес без всякого порядка и без всякой цели. Но с тех пор как человек поставил свою любознательность в такие рамки, ему ничего иного не оставалось, как вывести отсюда величие того, кто обнаружил себя в столь непостижимо величественных творениях, и изумляться ему.

Англичанину Райту Дэрхему удалось сделать наблюдение, которому сам он, по-видимому, не придавал большого значения и использовать которое для серьезных выводов он и не думал. Он рассматривал неподвижные звезды не как беспорядочную и хаотично рассеянную массу и считал, что в целом они составляют некоторую систему и что все они находятся в определенном отношении к одной главной плоскости в занимаемом ими пространстве. Мы постараемся развить высказанную им мысль и дать ей такое направление, при котором она может привести к плодотворным выводам; окончательное подтверждение этих выводов должно быть предоставлено будущим временам.

Всякий, кто в ясную ночь наблюдает звездное небо, замечает на нем светлую полосу, которая дает ровный свет, получивший название *Млечного Пути*: здесь скопилось больше звезд, чем в других местах, и из-за дальности расстояния они стали неразличимы. Достойно удивления, что особенности этого ясно видимого на небе пояса уже давно не побудили наблюдателей неба сделать из них выводы о необычном расположении

неподвижных звезд. В самом деле, мы видим, что Млечный Путь проходит в виде огромного круга через все небо, и притом непрерывной полосой – два условия, показывающие столь строгую определенность и столь явно свидетельствующие об отсутствии здесь случайности, что внимательные астрономы должны были бы, естественно, задуматься над объяснением подобного явления. Так как звезды расположены не на кажущемся полым небосводе, но, будучи удалены на различные расстояния от места нашего наблюдения, теряются в глубине неба, то отсюда следует, что на различных своих расстояниях от нас они не рассеяны как попало во все стороны, а группируются преимущественно около одной определенной плоскости, которая проходит через точку нашего наблюдения и к которой они должны находиться как можно ближе.

Это отношение представляет собой столь несомненное явление, что даже остальные звезды, не входящие в беловатую полосу Млечного Пути, кажутся нам тем гуще и чаще, чем ближе они расположены к кругу Млечного Пути, так что из 2000 звезд, видимых на небе невооруженным глазом, большая часть находится в не очень широком поясе, середину которого занимает Млечный Путь. Если мы представим себе плоскость, проведенную через звездное небо в безграничную даль, и предположим, что все неподвижные звезды и звездные системы относятся к этой плоскости таким образом, что их местоположение должно быть ближе к ней, чем к другим областям, то глаз, находящийся в той же плоскости, бросая взгляд на звездное поле, увидит на полой сферической поверхности небесного свода наиболее плотное их скопление в направлении этой плоскости в виде довольно сильно светящегося пояса. Эта светлая полоса будет простираясь по огромному кругу, если место наблюдателя находится в самой плоскости. В этом поясе будет бесчисленное множество звезд, которые ввиду неразличимо малой величины светлых точек, порознь скрытых от глаза, и ввиду их кажущейся густоты дадут ровное беловатое мерцание – одним словом, представлят Млечный Путь. Остальные небесные светила, связь которых с проведенной плоскостью постепенно уменьшается, или же те из них, которые находятся ближе к месту наблюдения, будут казаться более рассеянными, хотя по своей густоте расположеными в той же плоскости. Наконец, отсюда следует, что наш солнечный мир, поскольку система неподвижных звезд кажется с того места огромным кругом, сам также находится в этой большой плоскости, образуя одну систему с остальными мирами.

Для того чтобы возможно лучше проникнуть в характер всеобщей связи, господствующей в мироздании, попытаемся уяснить причину, которая заставляет неподвижные звезды располагаться в одной общей плоскости. Притягательная сила Солнца действует не только на узкий круг планетного мира. По всей видимости, это действие распространяется бесконечно далеко. Кометы, выходящие очень далеко за орбиту Сатурна, вынуждены под влиянием притяжения Солнца возвращаться обратно и

двигаться по орбитам. И хотя для силы, присущей материи, было бы, по-видимому, естественнее быть безграничной, что и действительно признается сторонниками учения Ньютона, мы хотим лишь добиться признания, что это притяжение Солнца простирается примерно до ближайшей неподвижной звезды, что неподвижные звезды, сами будучи солнцами, в такой же степени действуют на все окружающее и что, стало быть, в силу этого притяжения вся масса звезд стремится приблизиться друг к другу. Но тогда в результате непрестанного и беспрепятственного взаимного сближения все мировые системы рано или поздно образовали бы единую массу, если только эта гибель не предотвращалась бы, как и в нашей планетной системе, действием центробежных сил: отклоняя небесные тела от прямолинейного падения, эти силы в сочетании с силами притяжения заставляют их вечно двигаться по кругу, благодаря чему мироздание предохранено от разрушения и способно существовать бесконечно.

Итак, все солнца небесной тверди совершают круговое движение либо вокруг одного общего центра или же вокруг многих. Однако здесь можно провести аналогию с тем, что мы наблюдаем при орбитальных движениях в нашем солнечном мире. А именно подобно тому как причина, сообщившая планетам центробежную силу, которая заставляет их совершать круговое движение, расположила их орбиты в одной общей плоскости, так же причина, какова бы она ни была, давшая силу обращения солнцам верхнего мира – множеству планет высшего порядка, в то же время расположила их орбиты, насколько возможно, в одной плоскости и постаралась не допустить отклонения от этой плоскости. На основании этого взгляда можно в некоторой степени представить систему неподвижных звезд как планетную систему, увеличенную до бесконечности. В самом деле, если вообразить себе вместо 6 планет с их 10 спутниками многие тысячи их, а вместо 28 или 30 известных нам комет – сотни и тысячи их и если предположить, что эти тела обладают собственным светом, то глазу тех, кто наблюдает их с Земли, представился бы как раз такой свет, какой исходит от неподвижных звезд Млечного Пути. Тогда эти воображаемые планеты, благодаря своей близости к их общей плоскости движения, представились бы нам, находящимся вместе с нашей Землей в той же самой плоскости, в виде пояса, густо усеянного бесчисленными светящимися звездами и расположенного в плоскости большого круга. Эта светлая полоса была бы повсюду в достаточной мере усеяна звездами, хотя, согласно нашему предположению, они блуждающие звезды и, следовательно, не прикреплены к одному месту, ибо, поскольку звезды постоянно перемещаются, их всегда будет достаточное количество в каждом данном месте, хотя бы другие звезды и покинули его.

Ширина этой светящейся полосы, представляющей собой нечто вроде зодиака, будет определена различной степенью отклонения этих блуждающих звезд от плоскости их расположения и наклонением их орбит к этой плоскости; а так как большинство их близко к этой плоскости,

то по мере удаления от нее они будут казаться более рассеянными; кометы же, проходящие по всем без различия направлениям, будут покрывать небо по обе стороны. Небо неподвижных звезд, следовательно, приобретает свой вид именно потому, что они составляют такую же систему большого масштаба, какую образует планетное мироздание в небольшом масштабе, ибо все солнца составляют систему, для которой общей плоскостью группирования служит Млечный Путь; те из них, которые меньше всего группируются около этой плоскости, видны в стороне от нее, но именно потому они менее скучены, что они более рассеяны и редки. Это, так сказать, кометы среди солнц.

Наша новая теория приписывает, однако, солнцам поступательное движение, а между тем все считают их неподвижными и изначально прикрепленными к своим местам. Название, которое поэтому получили неподвижные звезды, как будто подтверждается наблюдениями всех веков и не должно вызывать сомнения. Если бы это было действительно так, то изложенная нами теория была бы опровергнута. Однако, судя по всему, эти звезды только кажутся неподвижными. Это потому, что они движутся чрезвычайно медленно вследствие большой удаленности от общего центра их обращений или же это движение незаметно из-за дальности расстояния от места наблюдения.

Попытаемся установить степень вероятности этого вывода, исчисляя движение, которое имела бы близкая к нашему Солнцу неподвижная звезда, если предположить, что наше Солнце – центр ее орбиты. Если принять, по Гюйгенсу, что ее расстояние [от Солнца] в 21 тысячу раз превышает расстояние от Солнца до Земли, то на основании всем известного закона, согласно которому время обращений пропорционально квадратным корням из кубов расстояний от центра, время, необходимое этой звезде, чтобы совершить один оборот вокруг Солнца, будет превышать полтора миллиона лет, что привело бы за 4 тысячи лет к перемещению ее только на один градус. А так как, возможно, лишь очень немногие из неподвижных звезд столь близки к нашему Солнцу, как полагал Гюйгенс относительно Сириуса, так как удаленность остальных небесных светил, быть может, далеко превосходит удаленность Сириуса, и, значит, для такого периодического обращения требуются гораздо более продолжительные отрезки времени, и так как, кроме того, более вероятно, что движение солнц звездного неба совершается вокруг общего центра, расстояние от которого необычайно велико, вследствие чего смещение звезд может быть крайне медленным, то отсюда можно с вероятностью заключить, что всего того времени, в течение которого производились наблюдения над небом, еще недостаточно для того, чтобы заметить изменения, произошедшие в расположении звезд. Впрочем, не следует терять надежды, что со временем и эти изменения будут обнаружены. Для этого нужен осторожный и добросовестный наблюдатель, который сравнивал бы наблюдения, отделенные друг от друга очень большим промежутком времени. Наблюдения эти сле-

довало бы преимущественно направлять на звезды Млечного Пути – главной плоскости всех движений. Господин Брэдли наблюдал еле заметные смещения звезд. Древние наблюдали звезды в определенных местах неба, а мы видим новые звезды в других местах. Кто знает, не прежние ли это звезды, которые лишь переменили свое место? Точность инструментов и совершенствование астрономической науки дают нам основание надеяться на открытие столь удивительных явлений. Достоверность самого факта, имеющего основание в природе и аналогии, настолько подкрепляет эту надежду, что она может побудить естествоиспытателей попытаться ее осуществить.

Млечный Путь – это, так сказать, зодиак новых звезд, которые только здесь и почти нигде в других местах на небе то появляются, то исчезают. Если это попеременное их появление и исчезновение зависит от их периодического удаления от нас и приближения к нам, то из описанного выше системного устройства созвездий, по-видимому, вытекает, что подобное явление должно наблюдаться преимущественно только в области Млечного Пути. Действительно, это ведь звезды, которые по весьма удлиненным орбитам обращаются вокруг других неподвижных звезд, как спутники вокруг своей главной планеты. И так как в нашем планетном мире только небесные тела, близкие к общей плоскости движений, имеют спутники, то можно по аналогии заключить, что только звезды, расположенные в Млечном Пути, имеют вращающиеся вокруг них солнца.

Я подхожу теперь к той части излагаемой теории, которая, давая возвышенное представление о плане мироздания, больше всего делает эту теорию привлекательной. К этому пункту привели меня некоторые простые мысли. Их можно изложить следующим образом. Если система неподвижных звезд, расположенных около одной общей плоскости, как мы видим это в Млечном Пути, настолько удалена от нас, что даже в телескоп нельзя различить отдельные звезды, из которых она состоит, если расстояние ее от звезд Млечного Пути относительно такое же, как расстояние Солнца от нас, – словом, если такой мир неподвижных звезд рассматривается наблюдателем, находящимся вне его, с подобного неизмеримо дальнего расстояния, то под малым углом зрения этот звездный мир представится глазу в виде слабо светящегося пятнышка – совершенно круглой формы, когда его плоскость обращена прямо к глазу, и эллиптической, когда его рассматривают сбоку. Слабость света, форма и заметная величина диаметра будут резко отличать такое явление, если оно имеет место, от всех звезд, наблюдаемых порознь.

Искать это явление среди наблюдений астрономов нам придется не очень долго. Оно было отчетливо замечено различными наблюдателями. Необыкновенность его вызывала удивление, о нем строили догадки, отдавая дань то диковинным фантазиям, то мнимо научным понятиям, в действительности, однако, столь же необоснованным, как и первые. Я полагаю, что это туманные звезды, или, вернее, один из видов их, о котором госпо-

дин Мопертюи пишет следующее: «На темном небесном своде встречаются небольшие слабо светящиеся пятна, несколько более освещенные, чем темные пространства пустого неба, и общее у них всех то, что они представляют собой более или менее открытые эллипсы, свет которых, однако, гораздо слабее всякого иного света, наблюдавшегося на небе». Автор «Астрономии» вообразил, что это – отверстия в небе, сквозь которые, как он полагал, видно огненное небо. Философ с более просвещенными взглядами, только что упомянутый нами господин Мопертюи, считает их, принимая во внимание их форму и видимый диаметр, необычайно большими небесными телами, которые сбоку кажутся эллипсами вследствие большой сплошности, называемой силой вращения.

Легко убедиться, что это последнее объяснение также не может считаться состоятельным. Ведь такого рода туманные звезды, без сомнения, должны отстоять от нас по крайней мере так же далеко, как и остальные неподвижные звезды, а потому пришлось бы удивляться не только их величине, которой они должны были бы превосходить во много тысяч раз даже самые большие звезды, но и – что самое странное – крайне тусклому и слабому свету, который дают эти светящиеся тела и солнца при столь необычайной величине.

Гораздо естественнее и понятнее предположение, что это не отдельные огромные звезды, а системы многих звезд, которые ввиду своей отдаленности кажутся расположеными на столь узком пространстве, что свет, незаметный от каждой звезды в отдельности, дает при бесчисленном множестве звезд однообразное бледное мерцание. Сходство с нашей Солнечной системой, их форма, которая как раз такова, какую она должна быть согласно нашей теории, слабость их света, указывающая на бесконечно большое расстояние, – все это заставляет нас считать эти эллиптические фигуры такими же системами миров и, так сказать, млечными путями, как те, устройство которых мы только что разбирали, и если сопоставления и наблюдения вполне согласуются между собой и друг друга подкрепляют, то основанное на них предположение имеет такую же силу, как строгие доказательства и не может быть сомнений, что эти системы существуют.

Наблюдатели неба имеют теперь достаточно оснований обратить свое внимание на этот вопрос. Все неподвижные звезды, как мы знаем, расположены около некоторой общей плоскости и благодаря этому образуют одно связное целое, мир миров. Мы видим, что в бесконечной дали существует еще много таких звездных систем и что вся беспрепятственная Вселенная имеет характер системы и части ее находятся во взаимной связи. Можно было бы еще предположить, что и эти миры высшего порядка каким-то образом связаны друг с другом и благодаря этой взаимной связи в свою очередь образуют еще более необъятную систему. В самом деле, мы видим, что эллиптические формы того рода туманных звезд, которые приводит господин Мопертюи, весьма близки к плоскости Млечного Пути. Здесь перед нами широкое поле для открытий, ключ к которым долж-

ны дать наблюдения. Собственно так называемые туманные звезды, а также те звезды, относительно которых идет еще спор, можно ли их так называть, надлежало бы исследовать, руководствуясь нашей теорией. Тот, кто рассматривает различные области природы целенаправленно и планомерно, открывает такие свойства, которые остаются незамеченными и скрытыми, когда наблюдения ведутся беспорядочно и бессистемно.

Изложенная нами теория открывает нам вид на безграничное поле творения и дает такое представление о действиях Бога, которое соответствует бесконечному могуществу великого зодчего. Если уже обширность планетного мира, в котором Земля кажется малой песчинкой, повергает ум в изумление, то каким восторгом проникается он при созерцании бесчисленного множества миров и систем, заполняющих Млечный Путь; но насколько возрастает это изумление, когда узнаешь, что все эти необъятные звездные миры в свою очередь составляют единицу от того числа, конца которому мы не знаем и которое, быть может, столь же непостижимо велико и тем не менее само составляет лишь единицу нового соединения чисел. Мы видим первые члены непрерывного ряда миров и систем, и первая часть этой бесконечной прогрессии уже дает нам возможность представить, каково целое. Здесь нет конца; здесь бездна подлинной неизмеримости, перед которой бледнеет всякая способность человеческого понимания, хотя бы и подкрепленного математикой. Мудрость, благость и могущество, которые открылись нам, бесконечны и в такой же мере плодотворны и деятельны; поэтому и сфера их проявления должна быть столь же бесконечной и беспредельной.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛОЦИЯ

DOI: 10.31249/metod/2024.04.06

М. Фридман
А priori Канта в науке и философии:
Современные споры
(Реферат)

Реферат книги: Майкл Фридман. А priori Канта в науке и философии: Современные споры. – Москва: Канон+ РООИ «Реабилитация», 2025. – 464 с.

Аннотация. Главное внимание уделено составляющей центральную часть книги работе М. Фридмана «Релятивизированное а priori», в том числе представленной в ней теме синтетической истории – основному методологическому подходу Фридмана в исследовании кантовского и посткантовского априоризма. В нем реализуется особенно тесная взаимосвязь истории науки и истории философии, включающая разбор и сопоставление физико-математических научных теорий и философских идей от Канта до современности. В реферате рассмотрены разделы работы Фридмана, посвященные научно-теоретическому и философскому контексту формирования новоевропейской науки до Канта, самой кантовской философии науки, а также посткантовскому развитию науки и философии. Итогом является рассмотрение раздела «Динамика разума», к которому Фридман суммировал результаты своего исследования. В реферате также отражены и другие материалы, включенные в книгу – «Манифест синтетического подхода к истории и философии науки» и ряд статей различных авторов, посвященных обсуждению подхода Фридмана.

Ключевые слова: Кант; Фридман; а priori; трансцендентальная философия; математика; физические теории; синтетическая история; динамика разума.

Для цитирования: Авдонин В.С. А priori Канта в науке и философии: Современные споры // МЕТОД: Московский ежеквартальный трудов из обществоведческих дисциплин / РАН, ИНИОН. – Москва, 2024. – Вып. 14, Т. 4, № 4. – С. 137–163. – [Реф. книги: Майкл Фридман. А priori Канта в науке и философии: Современные споры. – Москва: Канон+ РООИ «Реабилитация», 2025. – 464 с.]. – DOI: 10.31249/metod/2024.04.06

Кант и синтетическая история

Подготовленная в год 300-летия Канта в московском издательстве «Канон+» книга Майкла Фридмана «А Priori Канта в науке и философии:

современные споры»¹ продолжает знакомить широкий круг русскоязычных читателей с творчеством этого выдающегося американского философа и историка новоевропейской науки, во многом вдохновленного кантовскими мотивами. Имя Майкла Фридмана на обложке издания вполне оправдано, так как основой книги является раздел его работ, собранных под заголовком «Релятивизированное A Priori». В этот том, изданный в цикле «Библиотека аналитической философии», также включены наиболее известные статьи его сторонников и критиков, посвященные различным аспектам проблематики априоризма и отражающие контекст и влияние идей Фридмана в современной философии науки. Во вводной статье известный российский специалист по философии науки и философии математики В.В. Целищев (с. 7–20²), выполнивший перевод текстов книги на русский, отмечает, что темы кантовского a priori важны для Фридмана и как средство сближения преимущественно англо-американской аналитической философии с так называемой «континентальной» философией Европы, разрыв между которыми обозначился еще в 30-е годы XX в. и о причинах которого рассказывалось в предыдущем томе того же издательства, с тем же автором и переводчиком³. Еще один момент, отмеченный во вводной статье Целищева, связан с представляемым Фридманом направлением «синтетической истории» науки, акцентирующим тесную связь или «синтез» истории и философии науки, для чего кантовские традиции играли и продолжают играть существенную роль.

С этого сюжета собственно и начинается сама книга – она открывается переводом статьи Мэри Домски и Майкла Диксона «Манифест синтетического подхода к истории и философии науки», опубликованной в 2010 году (с. 21–40). В ней авторы ставят целью привлечь внимание к работам Майкла Фридмана по истории и философии науки, подчеркивая становление в них нового и очень плодотворного «синтетического метода» исследования предмета. Его синтетичность базируется на более тесном, чем общепринято, взаимодействии истории науки и истории философии, включающем не только и не столько отдельные примеры из истории науки или широкие обобщения в истории философии, сколько, так называемое «мелкозернистое» исследование «причинно-следственных связей» между ними (с. 24–25). Авторы отмечают, что, начиная со статей 1990-х годов, Фридман стремился создать и отточить свой синтетический метод на материалах исследования становления новоевропейской науки в XVII–XVIII вв. и революционных преобразований в физике в начале XX в.

¹ Книга вышла из печати в начале 2025 года, а в марте того же года стало известно о кончине в США Майкла Фридмана.

² Ссылки в тексте даны на страницы в книге: Фридман М. А ріогі Канта в науке и философии: Современные споры. – Москва: Канон+ РОИ «Реабилитация», 2025. – 464 с.

³ Ранее в том же издательстве вышла книга: Фридман М.Ф. Философия на перепутье: Карнап, Кассирер и Хайдеггер / пер. с англ. В.В. Целищева. – Москва: Канон+ РОИ «Реабилитация», 2021. – 352 с.

И философия в этих процессах была не сторонним наблюдателем или внешним арбитром, а активным участником, тесно вовлеченным в историю науки. С этой точки зрения, Кант для Фридмана оказывается «парадигмальной фигурой». Будучи вовлеченным в проблемы науки своего времени, Кант создает свое философские учение с учетом рефлексии этих проблем, а дальше его рефлексии включаются в дальнейшее развитие и науки, и философии, создавая «парадигму» для последующих «синтезов» науки и философии – и в начале XX вв., и в современных условиях.

Авторы пытаются рассмотреть наиболее характерные черты этого «синтетического» подхода, выделяя в нем три основных. Во-первых, это умение связать синтез с анализом, имеется в виду, что в явлении путем анализа надо выявить основной, главный элемент (фактор, причину), определяющий явление в целом. Во-вторых, надо вернуться к «синтезу», к целостному явлению, но уже с пониманием в нем главного, определяющего фактора. В-третьих, надо уметь внести в исследование своего рода «переключение регистров», т.е. улавливать, что в «синтезе» в тот или иной момент является главным и уметь привлечь к этому основное внимание. Все эти черты искусно применяются Фридманом в его исследованиях «синтетической» истории науки и философии, позволяя извлекать из нее нетривиальные выводы и обобщения, имеющие значение не только для лучшего понимания прошлого науки и философии, но и для их настоящего и будущего.

Релятивизированное *a priori*

Центральную и основную часть книги (с. 41–320) составляет раздел работ самого Майкла Фридмана, озаглавленный «Релятивизированное *a priori*¹» с подзаголовком (Синтетическая история). Уже во вводных абзацах он поясняет, что такое «синтетическая история»: «Общее интеллектуальное начинание под названием “Синтетическая история” в самом широком смысле означает подход к истории науки, придающий особое значение ее связи с историей философии, и подход к истории философии, придающий особое значение ее связи с наукой». А девиз такой истории «заключается в том, что ни история философии без истории науки, ни философия науки без такой интегрированной истории невозможны» (с. 41). И далее он говорит о двух «центрах притяжения», позволявших ему в течение многих лет вести работу по осуществлению проекта «синтетической истории». Это – «Кант и его взаимоотношения с ньютоновской наукой, с одной стороны, и логические эмпиристы и их взаимоотношения с эйн-

¹ Название заимствовано из работы Фридмана 2001 года. В этой части собраны статьи о Канте, ответы критикам, а также разделы, посвященные истории новоевропейской науки и философии.

штейновской теорией относительности, с другой. Более того, не будет преувеличением сказать, что место Канта в истории как современной философии, так и науки модерна, было моим главным фокусом» (там же).

Свое исследование Канта Фридман начинает с «синтетического» осмыслиения того, что он называет «ньютоновской наукой» («ньютоновской эрой»). В качестве центральной он выделяет в ней задачу демонстрации совмещения идущей от Галилея новой математической науки «с духом и буквой христианского вероучения». «Она стала центральной практически для всех натурфилософов, начиная с Декарта, включая, конечно, Ньютона и Лейбница» (с. 42). По Фридману, в отличие от Декарта, склонного подчеркивать в математике привилегию «бестелесного совершенства», Ньютон был более склонен к учету математической мудрости древних, наделявших мир некоторыми совершенными математическими свойствами. Он полагал, что пространство создано божественной эманацией и обладает абсолютными чертами, достаточными для существования всех форм и фигур, изучаемых в чистой математике. При этом оба мыслителя, как показывает Фридман, каждый по-своему стараются преодолеть в науке разрыв «между чистой математикой и материальным миром» (с. 46).

Но им противостоит в этот период другой выдающийся ум эпохи – Готфрид Лейбниц. Своим учением о «живой силе» (*vis viva*) он внес в представления Декарта и Ньютона о роли чистой математики в науке аристотелевский мотив энтелехии, «а именно: того внутреннего (непространственного) принципа, с помощью которого конечная простая субстанция или монада определяет все будущее развитие своего внутреннего состояния.» (с. 47) По Фридману, это означает, что Лейбниц вновь сводит пространство и материальный мир к чертам феномена, а его фундаментом делает метафизическое представление об энтелехии и иерархии монад.

Именно в этот мир философских споров о ньютоновской науке, который в Германии середины XVIII в. концентрировался преимущественно на расхождениях подходов Ньютона и Лейбница, начинает включаться Кант. Как пишет Фридман, он старается примирить эти подходы, «начав с лейбницевской метафизики монад, а затем построив ньютоновскую метафизику пространства, так сказать, поверх монадной метафизики» (с. 50). Фридман подробно описывает эти усилия Канта, объясняя отдельные повороты в развитии его мысли и подкрепляя их трактовками из ряда современных исследований.

Решающий поворот к новому подходу, разрывающему как с традицией лейбницевской метафизики, так и с ньютоновскими представлениями о пространстве, происходит в работах Канта начала 1770-х годов. В них он впервые четко формулирует мысль о различиях между двумя рациональными способностями человеческого разума: чистым рассудком и чистой чувственностью. Первая воплощает понятия рациональной (лейбницевской) метафизики, но именно вторая – концепции и принципы чистой математики, чьи знания связаны не с формами чистого рассудка, а с формами

ми чистой чувственности. Далее Фридман описывает, как Кант в этот период работает над решением вопроса о взаимодействии двух этих способностей. Понятия чистого интеллекта сами по себе, по Канту, проявляются в чисто логических формах и могут быть развиты в виде «логических суждений». Но в «отношении объекта» они «совершенно пусты» и какие-либо научно-теоретические знания «об объектах» в них невозможны. Для получения такого знания интеллект должен взаимодействовать с «явлениями», данными в формах чистой чувственности – пространства и времени. Для этого интеллект должен построить «схему» взаимодействия с «явлением», с помощью которой понятия рассудка могут быть представлены в пространственно-временных формах. (с. 53) Процессы такой «схематизации» или, как говорит Фридман, «внедрения нашего чистого интеллекта в наши чистые формы чувственности» Кант называет «трансцендентальным синтезом воображения» и помещает в область исследования «трансцендентального» или «априорных условий возможного опыта», что и излагается затем в первом издании «Критики чистого разума» и в последующих работах.

В области философских основ новоевропейской («ньютоновской») науки поворот Канта, по Фридману, заключался в «реконфигурации отношений между пространством, законами природы и идеей Бога. Потому что идея Бога тоже является регулятивной идеей разума.» «Кант увидел глубокую аналогию между сообществом всех разумных существ в моральной сфере целей и всеобъемлющей общностью, осуществляющей между всеми материальными телами во Вселенной ... , и это, по сути, является основой для окончательного переосмысливания им ньютоновской доктрины о божественной вездесущности...» (с. 56).

Кантовская философия науки

В рассмотрении взглядов Канта критического периода на науку и научное познание Фридман выделяет два основных раздела: «Философию математики» и «Философию естествознания». В них он пересматривает ряд своих предшествующих оценок подхода Канта к познавательным способностям разума и сосредотачивает внимание на наиболее спорных вопросах его интерпретации.

Философия математики

Фридман подчеркивает, что по-настоящему «адекватная интерпретация кантовской философии математики должна освободить место для элементов как «логического», так и «феноменологического» подходов». Он отмечает, что Кант, как известно, находит основное место априорного математического знания скорее в чувственности, нежели в интеллекте и

«отводит абсолютно центральную роль в математике (особенно, в геометрии) тому, что он называет «чистым продуктивным воображением». Таким образом, самая важная проблема в интерпретации кантовской философии математики состоит в том, чтобы объяснить, каким образом, по мнению Канта, чувственность и воображение – способности, традиционно связанные со схватыванием «чувственных партикулярий», – могут дать действительно универсальные и необходимые знания» (с. 59).

Для ее решения Фридман выделяет у Канта различие между «попыткой посредством концепций» и «попыткой посредством конструирования концепций», добавляя слова Канта о том, что конструировать концепцию – это значит показывать соответствующую ей априорную интуицию. «Философия держится только всеобщих концепций, а математика ничего не может добиться посредством одних лишь концепций и тотчас спешит перейти к интуиции, в которой она рассматривает концепцию *in concreto* – однако не эмпирически, а лишь в такой интуиции, которую она показывала *a priori*, т.е. сконструировала, и в которой то, что следует из универсальных условий конструирования, должно быть значимо также и для объекта конструируемой концепции» (с. 59–60).

Далее Фридман подробно рассматривает, как Кант иллюстрирует свою идею априорной конструктивной интуиции на примерах математических доказательств из «Начал» Эвклида. И приходит к выводу, что у Канта природа априорной конструктивной интуиции в математике заключается, в конструировании схемы «чисто чувственной концепции», отличной от любого конкретного *образа* объекта. Анализируя особенности этих схем, Фридман объясняет, почему Кант считает, что «чистая математика включает существенно не-дискурсивные и не-концептуальные когнитивные ресурсы, которые, тем не менее, обладают всей универсальностью и необходимостью концептуального мышления» (с. 63). В этих объяснениях Фридман прибегает к некоторым представлениям современной полиадической (многоместной) логики, в частности, к представлениям об итеративности, об экзистенциальных допущениях и о зависимостях между интенсионалом и экстенсионалом логических концепций. Он обнаруживает определенное сходство этих представлений с подходом Канта к априорным основаниям математики, что позволяет понять, почему Кант включает в них схемы конструктивной чувственной интуиции, а не чисто концептуального или интеллектуального мышления (с. 68).

Зафиксировав это понимание, Фридман переходит к рассмотрению того, как способность конструктивной чувственной интуиции связана у Канта с формами чистой чувственности – пространством и временем. Для этого он показывает различие у Канта метафизического и геометрического пространства. Первое рассматривается как чистая априорная форма или бесконечная возможность, в которой могут быть заданы любые объекты (в том числе и геометрические построения), а второе – «состоит из бесконечно расширяемого (но всегда конечного) многообразия геометрических объектов, которые

(на любой конечной стадии) могут быть действительно сконструированы» (с. 70). Данное различие помогает, по Фридману, лучше понять характер их взаимосвязи в кантовской философии математики.

Взаимосвязь этих различий Фридман анализирует через установление у Канта связи между его теорией пространства как формы внешней интуиции и теорией геометрии как последовательного выполнения евклидовых построений в пространстве чистого воображения, приводящих к геометрическому пространству. Форма интуиции в этом случае включается в процедуры евклидовых доказательств, что отличает геометрические рассуждения от числа логических рассуждений. Тем самым, в кантовском учении о математике, по Фридману, устанавливается связь феноменологического и логического подхода.

Фридман также добавляет, что для понимания своеобразия этого «переплетения логики и феноменологии» в кантовском учении о пространстве и геометрии следует учесть то, о чем говорилось в начале работы, т.е. попытки Канта объединить идеи Лейбница и Ньютона. Их результатом стала кантовская концепция чистой математики, «включающая необходимое взаимодействие между лейбницевским чистым интеллектом и способностью восприятия, смоделированной на основе ньютоновского абсолютного пространства». Такой итог явился «глубоко проницательным ответом» на ситуацию, сложившуюся в философии математики в тот период.

Разумеется, после Канта и математика, и логика продолжали развиваться, и его подходы в этой области были преодолены в последующих учениях Б. Больцано, Г. Фреге, в аксиоматике Д. Гильберта. Тем не менее этап Канта в этом развитии Фридман считает принципиально важным. «Точно уловив глубокую напряженность во взаимоотношениях между логикой и чистой математикой, возникшую в ньютоновскую эпоху, Кант тем самым подготовил путь к более формальным и аксиоматическим концепциям в логике и чистой математике, которые должны были появиться» (с. 80).

Философия естествознания

Переходя к кантовской философии естествознания, Фридман отмечает, что прежде всего она изложена в работе критического периода «Метафизические начала естествознания» (1786). Отдельные проясняющие ее моменты имеются в «Пролегоменах» (1783) и во Введении ко Второму изданию «Критики чистого разума» (1787). Но для ее понимания в духе упомянутой выше «синтетической истории» философии и науки, необходим и более широкий историко-интеллектуальный контекст, включающий и докритические работы самого Канта, и разработки и дискуссии того времени в области физической теории, механики, астрономии и ряда других наук.

Кантовская философия естествознания, по Фридману, типологически сходна с философией математики в том смысле, что обе должны ответить на вопрос: «как возможны синтетические суждения a priori?». В математике этот ответ Кант дает, как мы уже видели, через конструирование математических объектов как схем априорной чувственной интуиции в пространстве чистого воображения. Но в естествознании очевидная трудность состоит в том, что его объекты – это объекты природы, они даны нам исключительно эмпирически, в опыте, поэтому их конструирование a priori требует особых гарантий соответствия между апостериорным явлением и априорным конструированием («синтетическим a priori»).

Ответ Канта на эту трудность в кратком виде представлен в Прологенах, где поясняется, что чистое естествознание основывается на конструктивной способности чистого рассудка и его категорий, обеспечивающих возможность мышления и опыта. Фридман в этой связи замечает, что в отличие от математики, где в априорном синтезе принимает участие прежде всего чистая интуиция и категория количества, то в естествознании в априорный синтез вовлечены посредством схематизма все категории чистого рассудка (с. 86).

Более развернутый и подробный ответ Канта на то, как все это происходит в естествознании, представлен в «Метафизических началах естествознания». Фридман внимательно разбирает все четыре главы этой работы, в которых речь идет о принципах или постуатах чистого мышления (аксиом Интуиции, аксиом Предвосхищения восприятия и аксиом Аналогии с опытом) и об их применении к явлению движения в «разных модальностях»: к движению как таковому (в *фарономии*); движению в *динамике*; движению в *механике*. При этом он все время имеет в виду и контекст кантовского подхода, т.е. представления о характере движения, материи, пространства и т.д. в физических теориях той эпохи.

Само по себе движение, по Канту, может определяться a priori исключительно через категорию величины в отношении его скорости, направленности, а также состава (сложное движение) и изучаться в «фарономии как чистой теории величины движений». При этом никаких других свойств, кроме подвижности, тому, что движется, не приписывается, поэтому оно может рассматриваться просто как математическая точка или как некое абстрактное «тело». И это, по Канту, необходимо сделать, чтобы представить движение как математическую величину в чистой интуиции.

Движение же вместе с тем, что движется, т.е. с материей и ее свойствами (сила, упругость, масса) рассматривается в следующем разделе о динамике. К движению как чистой величине, присутствующей в чистых интуициях пространства и времени, добавляется категория качества, которую Кант вводит, опираясь на свою «динамическую теорию материи». И здесь Фридман обращается к сравнительному анализу докритических работ Канта и его работ критического периода, и показывает, что тот переходит от теории «дискретных простых субстанций» («модифицирован-

ная монадология Лейбница») к «континуальной теории материи». Последняя означает, что материя или субстанция «состоит из бесконечного числа или континуума материальных точек, каждая из которых проявляет две фундаментальные силы – притяжение и отталкивание». «Материальная или феноменальная субстанция больше не рассматривается как простая и неделимая, а представляет собой подлинный континуум, занимающий все (геометрические) точки пространства, заполняемого им» (с. 93–94).

Переход Канта к континуальному взгляду на материю, был продиктован, как показывает Фридман, не только его критической философией, но и достижениями физической теории того времени, в частности математическими моделями текучих и упругих материалов, которые разрабатывались во второй половине XVIII в., например, Эйлером, который писал, что «сами принципы механики будут применяться непосредственно к телам физического опыта, а «частица» должна означать только математическую точку в континуальной модели материи» (с. 95). Сходным образом рассуждает и Кант в Метафизических началах естествознания, где он «смог заменить атомизм дискретных силовых центров истинным (динамическим) континуальным взглядом на материю»¹ (с. 98).

Особую роль во взглядах Канта Фридман придает также принципу «уравновешенности» сил отталкивания и притяжения, в рамках которого осмысливается концепция «количества материи». Последняя связывается в разделе о Механике со скоростью, импульсами, количеством движения и ведет к обоснованию вывода об общем сохранении материи («...количество материи ... может быть оценено только через обмен количества движения (импульсами), отсюда следует, что сохранение общего количества материальной субстанции – эквивалентно сохранению импульса» (с. 110).

Далее Фридман переходит к объяснению критической позиции Канта в философии естествознания, опираясь на пример материи как пространственно протяженного и непрерывного «агрегата движимого», обладающего определенной степенью заполнения пространства или плотностью в каждой его точке. При этом, согласно Канту, «эта степень плотности существенно зависит от общего «агрегата движимого» в пространстве вокруг каждой точки, т.е. увеличение или уменьшение плотности в любой точке коррелирует со сжатием и расширением всего пространства, заполненного соответствующим количеством материи. Следовательно хотя интенсивная величина плотности действительно может непрерывно уменьшаться до нуля в любой заданной (конечной) пространственной области, это обязательно будет сопровождаться компенсирующим увеличением исходного

¹ В специальном комментарии Фридман отмечает сходство «континуального поворота» во взглядах Канта с основами современных физических теорий силовых полей (например, электромагнитных), которые разрабатывались во второй половине XIX в. Фарадеем и Максвеллом.

вещества в более обширной области, так что общее количество материи в обеих областях будет оставаться постоянным» (с. 112–113).

Только таким образом, как отмечает Фридман, Кант критического периода может «связать сущностный закон сохранения, необходимый для метафизического основания физики (сохранение общего количества импульса во всех взаимодействиях материи) с метафизической концепцией субстанции и ее постоянства» (там же). Более того, этим подходом он совершают «глубокую революцию» во всей предшествующей традиции представлений о субстанции. «Кант в критический период решительно порывает как с абсолютной простотой (феноменальной) субстанции, так и с идеей о том, что (феноменальная) субстанция как таковая характеризуется чисто внутренними или присущими свойствами “репрезентации”» (с. 114). Подчеркивая связь субстанции с пространством («субстанция в критическом смысле обязательно пространственна») и действием («...каузальность приводит к понятию действования, а это последнее – к понятию силы и через него к понятию субстанции, ... поскольку субстанция, по видимому, обнаруживается лучше и легче посредством действий, чем посредством постоянности явления»), на что также обращает внимание Фридман, Кант оказывается вовлеченным в «радикальную трансформацию» «самого смысла метафизики, который практиковался его предшественниками» (с. 119).

Основной поворот критического Канта в философии естествознания Фридман иллюстрирует кантовскими цитатами с критикой взглядов Лейбница на чистый рассудок. Эти взгляды вели к приравниванию внутренних свойств вещей к понятиям мышления, т.е. к «интеллектуализации явлений» и не позволяли проводить принципиальное различия между ноуменальной субстанцией, постигаемой только чистым рассудком, и феноменальной субстанцией, действительно имеющей место в природе. По Канту, к природе «применимо только *схематизированное* понятие субстанции при ее восприятии в опыте и, соответственно, там никогда нельзя найти ни абсолютно простых субстанций, ни умопостигаемых монад» (с. 120). Этот поворот в философии естествознания Фридман поясняет также через вводимое Кантом понятие «специальной метафизики телесной природы», отличное от «общей метафизики». По существу, это означает применение к естествознанию и, в частности, к физике, трансцендентальной философии, сконцентрированной не на «природе вещей», а на априорных возможностях нашего познания и опыта.

Посткантовское развитие науки и философии

В развитии науки и философии после Канта Фридман последовательно выделяет и рассматривает несколько этапов, воплощенных в творчестве ряда известных мыслителей и ученых. Принципы синтетической

истории, о которых говорилось выше, требуют именно такого подхода, максимально сближающего историю философии и историю науки. Поэтому линию посткантовского развития Фридман прочерчивает через сопоставление идей и подходов философов науки и собственно ученых, особенно, внесших выдающийся вклад в развитие физических теорий и математических концепций.

Существо кантовского подхода к познанию Фридман резюмирует как «различие между пассивной, или восприимчивой, способностью чистой интуиции, или чувственности, и активной, или интеллектуальной, способностью чистого рассудка, и именно это различие затем приводит к ди-хотомии между явлениями (пространственно-временными объектами, данными нашей чувственности) и вещами в себе (чисто интеллектуальными объектами, мыслимыми только рассудком)» (с. 122). В посткантовском развитии это фундаментальное различие часто оспаривалось и уничижительно именовалось «кантовским дуализмом», которому, например, у Шеллинга и Гегеля, противопоставлялся «абсолютный идеализм», вернувшийся в какой-то мере к традиционной концепции взаимоотношений между духом и природой».

В книге отношениям кантовской философии естествознания с натурфилософией Шеллинга посвящен специальный раздел. Фридман отмечает, что «органический» взгляд на природу у Шеллинга мог формироваться как своего рода ответ на проблемы, с которыми сталкивалась критическая система Канта в условиях бурного роста новых достижений науки в области химии, биологии, электромагнетизма и др. Трансцендентальный подход Канта в философии естествознания во многом строился на осмыслении априорных оснований ньютоновской физической науки, но сохранял скептицизм, или по крайней мере лишь некоторые надежды в отношении априорного познания многих других феноменов природы. Для Шеллинга это было проблемой, которую он старался преодолеть в своей натурфилософии, рассматривая природу как «диалектически эволюционирующую из “мертвой” и инертной материи, рассматриваемой в статике и механике, в существенно динамические формы взаимодействия, рассматриваемые в химии, и, наконец, в живую или органическую материю, рассматриваемую в биологии» (с. 128). Ключом здесь являлись, как указывает Фридман, «диалектическое продолжение и проработка оригинальной динамической теории материи Канта» (там же). По Шеллингу, динамическая теория Канта уже привнесла в природу диалектический и эволюционный элемент (силы притяжения и отталкивания), но их равновесие является времененным, первым шагом, ведущим к дальнейшему диалектическому продолжению динамического процесса. Такое видение Шеллинг подкреплял новыми впечатляющими открытиями в области электрохимических процессов и полагал, что здесь мы можем объединить динамическую теорию материи Канта с диалектической теорией материи в натурфилософии.

Далее Фридман отмечает, что сам Кант в поздних работах пытался распространить свою динамическую теорию материи на область химии с учетом различий между конститутивными и регулятивными способностями разума, но многие важные достижения в химии, электричестве, магнетизме, биологии оставались ему фактически неизвестны и не могли стать предметом его критического философского анализа. На этом фоне органическая концепция природы, развитая в натурфилософии Шеллинга, оказалась более востребованной в бурно развивающейся экспериментальной науке середины XIX вв. и оказала на нее плодотворное влияние. Хотя она, как замечает Фридман, фактически означала упразднение всех фундаментальных различий Канта и его критической философии.

Но затем стремительное развитие науки и философии заставило искать выходы за пределы натурфилософии и пост-кантовского идеализма. И здесь, как считает Фридман, наиболее важный шаг был сделан «одним из самых выдающихся умов своей эпохи Германом фон Гельмгольцем». Подробно разбирая разнообразные труды Гельмгольца в области физиологии, оптики, геометрии, а также его эпистемологические фрагменты, Фридман показывает, как он во многих аспектах этой предметной проблематики возвращается к Канту с его фундаментальными различиями, постановкой вопросов и критическим анализом познавательных способностей. В то же время Фридман выделяет в научной эпистемологии Гельмгольца ряд трансформаций кантовской критической философии, что было связано уже с другим историко-интеллектуальным контекстом эпохи. Среди них он называет, в частности, кантовскую доктрину причинности как выражения концептуальной познавательной способности. Гельмгольц ее разделяет, но акцентирует в ней, скорее, регулятивный, а не конститутивный характер, размывая четкие границы между этими принципами. Следующий момент – кантовская концепция пространства как априорной формы внешней чувственной интуиции. Здесь эпистемология Гельмгольца тоже в целом признает кантовский подход, но модифицирует в нем евклидовы основания «внешней интуиции пространства», учитывая появление неевклидовых геометрий, «объединяемых общим геометрическим свойством постоянной кривизны».

Гельмгольц, как заключает Фридман, стоял на пороге новой научной эпохи и был выдающимся практиком новой экспериментальной психофизической науки, и его эпистемологические интересы во многом формировались под влиянием эмпирической практики этой научной области. Тем показательнее его обращение в этих условиях к Канту, обнаруживающее связь кантовского подхода с передовыми рубежами экспериментальной науки. Хотя с собственно трансцендентальной философией Канта эмпирические мотивы эпистемологии Гельмгольца были не вполне совместимы.

Еще один ученый, на которого обращает внимание Фридман в связи с проблематикой посткантовского априоризма, – Эрнст Мах. Его значение он видит, прежде всего, в том, что Мах в своем знаменитом сочинении

«Наука механики», обсуждая важную для развития физики конца XIX в. концепцию инерциальной системы отсчета, сопоставлял его с ньютоновскими взглядами на пространство, время и движение. Фридман видит в этом концептуальную связь с подобным же обсуждением взглядов Ньютона в кантовской философии естествознания. Тем самым, как считает Фридман, мы обнаруживаем содержательный «концептуальный мост» между оригинальным кантовским обсуждением ньютоновской науки и ее обсуждением в теоретической физике конца XIX в.

Пуанкаре и Эйнштейн

Таким образом, пишет Фридман, «вместе с Махом мы оказываемся на пороге еще более глубокой трансформации, осуществленной Эйнштейном» (с. 157). Но, чтобы в полной мере оценить путь самого Эйнштейна, Фридман предлагает обратить внимание на то влияние, которое оказал на разработку теории относительности выдающийся математик Анри Пуанкаре. Отмечая существенный вклад Пуанкаре в различные области математики и математической физики, Фридман особенно подробно останавливается на его работе «Наука и гипотеза» (1902), в которой предлагалась так называемая «конвенционалистская» эпистемология математики. Пуанкаре излагает ее через иерархию наук, «начиная с наук, в которых свободные конвенции наиболее очевидны – где мы имеем дело с “каркасами, которые мы сами навязываем миру”, – и заключая физическими и эмпирическими науками» (с. 160). В первом ряду здесь указаны математические науки (науки о математических величинах), проистекающие из интуиции и «игры ума» и основанные на постуатах в виде конвенций; далее идут науки о пространстве (геометрии), в которых интуиции чувственного опыта также соединяются с математическими концепциями из предшествующего ряда наук, что придает им строгую форму (евклидова геометрия здесь может быть одним из возможных вариантов, обусловленным удобством и простотой ее применения, при этом возможны и другие, самые разнообразные варианты); следующий уровень – это науки, где изучаются движения в пространстве и времени, массы и силы (механика), здесь также используются концепции пространства из предыдущего ряда (евклидово пространство, но возможны и другие), (Фридман отмечает, что на этом уровне Пуанкаре формулирует принцип «относительности», т.е. независимости движения от неких абсолютных параметров); наконец, на самом нижнем уровне иерархии находятся эмпирические физические науки (электродинамика, оптика и др.), данные которых тоже должны вытекать и согласовываться с концепциями наук из предшествующих рядов.

Фридман считает, что во многом, исходя из этой иерархии математических и физических наук, связанной с «конвенционалистской» эпистемологией, Пуанкаре старался разрабатывать и обосновывать свою теорию

относительности. Он обнаруживал и раскрывал связи разных уровней, их концепций и экспериментальных данных, находя решения важных проблем. Фридман также отмечает решающий вклад Пуанкаре в развитие преобразований Лоренца, сыгравших затем важную роль в специальной теории относительности Эйнштейна. Он даже пишет, что «есть веские основания полагать, что на Эйнштейна в значительной мере повлияло знакомство с книгой “Наука и гипотеза”» (с. 172).

Раздел о самом Эйнштейне начинается как раз с упоминания об интенсивном чтении и обсуждении им книги Пуанкаре «Наука и гипотеза» в Берне в 1902–1904 гг. и фактическом использовании методологического подхода Пуанкаре в работе 1905 г. «Об электродинамике движущихся тел». Но уже в ней обнаруживаются и существенные отличия Эйнштейна от Пуанкаре. По Фридману, они состояли в принципиально иной трактовке Эйнштейном принципа относительности, вытекающей из его нового определения относительности одновременности: «...отношение одновременности варьируется в том, что мы сейчас называем различными инерциальными системами отсчета (поскольку постоянная скорость c , согласно принципу относительности, сама по себе *инвариантна* в различных системах отсчета), и тогда мы можем вывести, как прямое следствие этого, “относительность длин и времен”» (с. 176). «Таким образом, – добавляет Фридман, – сокращение длины и замедление времени являются прямыми, чисто кинематическими следствиями нового определения Эйнштейном одновременности, и никаких специальных гипотез, связанных с электронной структурой материи ... не требуется вообще» (там же).

Пуанкаре так и не принял такого определения принципа относительности и продолжал считать, что оно носит скорее гипотетический и конвенциональный характер. Фридман отмечает, что Пуанкаре продолжал считать, что ««закон относительности» представляет собой «не столько физический, сколько чисто геометрический принцип. ... и непосредственно основывается на однородности и изотропии пространства, что... является необходимой предпосылкой для нашего применения геометрии к физическому пространству...»» (с. 177).

Для Эйнштейна, напротив, то, что он называет принципом относительности, является результатом строгой экстраполяции экспериментальных данных электродинамики движущихся тел. И, хотя в этом он следует примеру Пуанкаре по «возведению» экспериментального закона в ранг универсального принципа, дальше их пути расходятся. Для Эйнштейна здесь нет никаких априорных принципов, связанных с геометрией пространства, а существует лишь подтвержденная экспериментом гипотеза, что законы электромеханики справедливы во всех инерциальных системах отсчета. А далее Эйнштейн непротиворечиво комбинирует эту гипотезу с другим эмпирическим постулатом о том, что свет имеет определенную постоянную скорость c , не зависящую от скорости источника. «Тем самым, – заключает Фридман, – мы получаем чисто кинематическую интер-

претацию сокращения длины и замедления времени» (с. 180). Т.е. Эйнштейн воплощает принцип относительности непосредственно на уровне кинематики, показывая, что этой «новой не-ньютоновской кинематики» достаточно для решения текущих проблем электродинамики без обращения к специфическим гипотезам других уровней. «Таким образом, Эйнштейн полностью игнорирует иерархическую концепцию математических и физических наук, разработанную Пуанкаре» (с. 180).

Далее Фридман показывает, что современная физическая теория в трактовке принципа относительности следует подходу Эйнштейна (включающему также преобразования Лоренца и четырехмерное пространство Минковского), а не Пуанкаре. Фундаментальная ошибка последнего, по Фридману, «заключалась в том, что он сосредоточился в первую очередь на трехмерной геометрии физического пространства и, соответственно, полностью упустил из виду всеобъемлющую важность четырехмерной геометрии пространства-времени для относительности движения» (с. 181).

Вторым важным шагом Эйнштейна стало решение проблемы взаимосвязи между новой электродинамикой и гравитацией с помощью принципа эквивалентности. «Важнейшее физическое открытие Эйнштейна, пишет Фридман, – состояло в том, что поскольку было известно, что гравитационная и инертная массы строго равны, можно предположить, что гравитация и инерция – это одно и то же физическое явление» (с. 184). Эту гипотезу Эйнштейн назвал принципом эквивалентности, что было полностью реализовано в его общей теории относительности (разработана в 1915–1916 гг.), в которой «действие гравитации рассматривалось как геометрическое возмущение в четырехмерной аффинной структуре пространства-времени Минковского»¹.

Эпистемологические аспекты этого подхода Эйнштейна были изложены в статье «Геометрия и опыт» (1921), «которая затем оказала огромное влияние на философию геометрии на протяжении всего двадцатого века» (с. 185). В ней Эйнштейн, с одной стороны, отстаивает концепцию чистой математической геометрии в духе формальной и «бессодержательной» аксиоматики Гильберта, полностью независимой от интуиции и опыта. Однако, с другой стороны, он также отстаивает концепцию прикладной или физической геометрии, основанной на наблюдаемом поведении «практически твердых тел» и их «ситуационных возможностях». В многочисленных примечаниях и ссылках на работы исследователей творчества Эйнштейна Фридман показывает, что основным мотивом такой позиции была полноценная интеграция в общую теорию относительности псевдоевклидовой метрики пространства – времени Минковского. «Идея о том, что действие гравитации может быть представлено в виде четырехмерной геометрии с переменной кривизной – посредством (метрической) аффин-

¹ Далее на этой же странице (с. 184) Фридман дает более развернутое и точное изложение этого определения.

ной связности в возмущении пространства-времени Минковского, – наконец-то нашла свое место» (с. 189).

Фридман приводит знаменитую цитату Эйнштейна из работы 1921 г., посвященную взаимосвязи геометрии и физических законов, из которой следует то, что наряду с конвенциональностью это взаимодействие должно «отдавать должное опыту», приобретающему в нем «равный эпистемологический статус» (там же). Фридман отмечает, что этот же подход Эйнштейн применял в специальной теории относительности, где роль «возведенного» в теорию эмпирического принципа играл «принцип света» (инвариантность скорости света). На этот раз ту же функцию в общей теории относительности и на более высоком уровне геометрии пространства-времени выполняет принцип эквивалентности. Эйнштейн, тем самым, делает еще один шаг от иерархической и конвенционалистской концепции науки Пуанкаре в сторону эмпирической науки, следуя, как говорит Фридман, «по пути Гельмгольца». Он пишет: «Таким образом, результатом общей теории относительности является концепция взаимосвязи между геометрией и физикой, которая является гораздо более «целостной», чем иерархическая концепция Пуанкаре, поскольку геометрия и эмпирическая физика (т.е. теория гравитации) теперь составляют одно неделимое целое»¹ (с. 192).

Карнап

Последний раздел посткантовского развития Фридман в основном посвящает видному логику Рудольфу Карнапу и его логико-философскому проекту обоснования науки. Фридман прослеживает формирование и эволюцию подхода Карнапа, развивавшегося какое-то время в рамках логического эмпиризма. В этом течении мысли Фридман выделяет два главных источника – проблемы и достижения современных наук, особенно, теоретической физики, связанной с Эйнштейном, и новую математическую логику, связанную с именами Фреге и Рассела. На этом фоне Карнап принадлежал скорее к логико-математическому направлению, но также проявлял значительный интерес вопросам применения логики к эмпирическому естествознанию. Фридман отмечает, что эта работа позволила ему постепенно создать «последовательный каркас» логико-математических трактовок этой проблематики, в результате чего «возникла радикально новая концепция роли и характера научной философии по отношению к математике и (математизированным) эмпирическим наукам» (с. 197).

¹ В дальнейшем Д. Говард (см. далее) отметил, что этот подход Эйнштейна вряд ли согласуется с концепцией аргумента Фридмана. В связи с чем последний указал, что Эйнштейн в данном случае действовал в историческом контексте динамики разума, связывая конститутивные и регулятивные принципы аргумента (см. далее).

Анализируя основные работы Карнапа 1920–1940-х годов, Фридман прослеживает этапы становления этой логико-философской позиции Карнапа. На первом этапе (1920-е) в ней наиболее ярко выражено приоритетное значение формальных логико-математических (аналитических) знаний перед синтетическими знаниями эмпирических наук. Но затем (в конце 1920-х – нач. 1930-х), столкнувшись с «кризисом» в основаниях математики (интуитивистская математика Брауэра, теоремы Геделя), Карнап обращается к так называемой синтаксической трактовке логико-математических концепций, выделяя в их описании разные синтаксические (языковые и метаязыковые) уровни, обеспечивающие их независимость от фактуального содержания. Но наиболее важным, по мнению Фридмана, является выдвинутый в этот период Карнапом «принцип толерантности». Он означает, что разные типы логико-математических систем «должны быть синтаксически описаны и исследованы, и выбор между ними, если таковой имеется, должен быть сделан из pragматических соображений, а не на основе предшествующих, чисто философских убеждений» (с. 202).

В дальнейшем (конец 1930-х) Карнап приходит к следующему, так называемому семантическому этапу, на котором логико-математические концепции рассматриваются уже через способы их применения в эмпирическом естествознании. Этот этап особенно интересен для Фридмана, так как в фокусе внимания Карнапа оказывается именно то взаимодействие, на которое нацелен и сам Фридман. Но еще важнее, по его мнению, то, что на этом этапе принцип толерантности трансформируется у Карнапа в принципы новой философии науки. Суть этих принципов в том, чтобы отказаться от обсуждения в науке спекулятивных и метафизических вопросов и противоречий, «которые представляют собой постоянное препятствие на пути прогресса как в науке, так и в философии.» Новые принципы открывают возможность нового типа непрерывного философского взаимодействия с наукой, которое обещает быть особенно плодотворным для обеих сторон. Они означают, что философ, т.е. логик науки, располагая современными логико-математическими средствами может участвовать вместе с учеными в формулировании и разработке логических схем для эмпирических теорий и их проверки экспериментальными методами.» Кроме того, логика науки также включает разработку систематического метода исключения из науки неразрешимых метафизических противоречий (с. 210).

В последние годы жизни (50-е – 60-е годы) Карнап работал в области логико-математического анализа эмпирической науки, перенеся центр тяжести с традиционных логико-дедуктивных подходов на вероятностные и статистические, в которых он тоже проводил четкое различие между двумя концепциями вероятности – логико-эпистемологической (степень подтверждения) и эмпирической (относительная частота в долгосрочной перспективе).

Подводя итог развитию взглядов Карнапа в области философии и методологии науки, Фридман обнаруживает в них немало кантовских мотивов, к которым он относит предварительное формальное (логико-математическое) структурирование требований к эмпирическому знанию; идею устранения неразрешимых метафизических споров и противоречий. Но в ряде важных аспектов философию науки (или «логику науки») Карнапа он отличает от кантовской традиции и характеризует как вполне оригинальный и даже уникальный проект (с. 214).

Трансцендентальная философия после Канта

В посткантовской эволюции трансцендентальной философии Фридман уделяет внимание и дает характеристики трем версиям или проектам: неокантианскому идеализму Марбургской школы (Когену и, особенно, Кассиреру), логическому эмпиризму и феноменологии Гуссерля. Но сначала он еще раз резюмирует существо трансцендентальной философии самого Канта. Основным в «проекте Канта», по Фридману, было устойчивое разделение априорных чувственных и интеллектуальных способностей познания с одновременным объяснением возможности их гармонии, возможности синтетического *a priori* и, следовательно, возможности теоретического естествознания. Во всех последующих версиях эта базовая тематика Канта сохранялась, но, так или иначе, переосмысливалась, дополнялась и видоизменялась, в том числе и с учетом развития самого теоретического естествознания, прежде всего, развития теорий физической науки.

Основатель неокантианства Марбургской школы Герман Коген стремился переосмыслить трансцендентальный метод Канта, подчеркивая приоритет мысли над чувственностью и опираясь, как говорит Фридман, на «регрессивный» аргумент – на факт существования математических наук в их современной форме. Задача в этом случае в том, «чтобы обобщить и расширить трансцендентальную философию, охватив основные достижения математической науки после Канта» (с. 217). Для Когена это также означает, что «самостоятельного вклада» в познание от «независимой чувственности» просто не существует, а есть «исторический процесс порождения (Erzeugung)» мыслью того, что становится эмпирическим объектом математического естествознания. «Эта генетическая (erzeugende) концепция познания является наиболее характерным вкладом Марбургской школы» (с. 218).

Ученик Когена Эрнст Кассирер развил эту концепцию и дал новую интерпретацию синтетического *a priori*. Он предположил, что надо «сформировать представление о множестве неких окончательных или ограничивающих научных принципов так, чтобы все предыдущие этапы научного теоретизирования можно было рассматривать как приблизительные частные случаи именно этих окончательных принципов» (с. 220). Об этой

«универсальной инвариантной теории опыта» Кассирер пишет: «Цель критического анализа была бы достигнута, если бы удалось установить, что в конечном счете является общим для всех возможных форм научного опыта – в концептуальном закреплении тех элементов, которые сохраняются при переходе от теории к теории, поскольку они являются условиями всех и каждой теории. Эта цель никогда не может быть полностью достигнута на какой-либо данной стадии познания; тем не менее она *требует и определяет* постоянное направление в постоянном раскрытии и развитии самой системы опыта. С этой точки зрения становится очевидным строго ограниченное объективное значение термина «*a priori*». Мы можем называть априори только те окончательные логические инварианты, которые лежат в основе любого определения законоподобной взаимосвязи природы в целом. Познание называется *a priori* не потому, что оно в каком-либо смысле *предшествует* опыту, а скорее потому, что оно содержится в каждом обоснованном суждении о фактах в качестве необходимой *предпосылки*» (с. 220). В качестве примера этой концепции Фридман приводит работу Кассирера «Теория относительности Эйнштейна», в которой показана замена последним пространственной геометрии Евклида гораздо более общей геометрией переменной кривизны, что никоим образом не влечет за собой отказ от правильно понятой критической теории *a priori*.

Далее Фридман разбирает релятивистский аргумент, выдвинутый логическим эмпиризмом (в лице Шлика) против данного подхода, который состоит в том, что тогда вообще любые конкретные утверждения о геометрии пространства или механике движения оказываются под вопросом, а подход Кассирера лишь вносит в эту область дополнительную неопределенность. Ответ Кассирера, как поясняет Фридман, заключается в том, что его концепция *a priori* принципов является не *конститутивной*, а *регулятивной*. Она означает, что мы можем указать некоторое «содержание “универсальной инвариантной теории опыта” в вечно недостижимой точке научного теоретизирования». «Используя всеобъемлющий идеал непрерывный конвергенции к предельной структуре, мы можем разумно требовать – опять же чисто регулятивно – чтобы направление, которому мы следуем дальше, было непрерывно связано именно с тем конвергентным процессом, где мы находимся сейчас». «Чисто регулятивная версия синтетического *a priori* Кассирера, таким образом, направляет научное исследование без конститутивного ограничения его фиксированными, не поддающимися ревизии принципами, но все-таки направляет его» (с. 223).

За этим спором, как полагает Фридман, стоит более глубокий вопрос о том, как абстрактные математические структуры вообще соотносятся с эмпирической реальностью. Для логического эмпиризма (Шлик) это происходит тогда, когда абстрактная математическая структура, построенная по типу аксиоматики Гильберта, приобретает отношение «обозначения» или «координации» с субъективным опытом, «с чем-то полностью субъективным, не-концептуализированным и, в конечном счете, невыразимым».

Для Марбургской школы (Кассирер) – это не так. Фактически мы «никогда не сравниваем совокупность гипотез самих по себе с голыми фактами самими по себе, а можем противопоставить только одну гипотетическую систему принципов другой, более всеобъемлющей и радикальной, нам требуется для этого сравнения окончательная постоянная *мера* в виде высших принципов, которые справедливы для всего опыта в целом». (с. 225) А единственным отношением «координации», которое здесь мы можем установить, – «это связь между более всеобъемлющей концептуальной структурой, возникающей позже в последовательности, и менее всеобъемлющей структурой, существовавшей ранее» (с. 225).

Завершает раздел рассмотрение трансцендентальной феноменологии Эдмунда Гуссерля. Фридман начинает с того, что Гуссерль во многом следует подходу Канта к эмпирическому знанию, которое оформляется и становится возможным благодаря необходимому знанию a priori. Но в вопросе о разделении познавательных способностей на концептуальные и интуитивные отходит от кантовской позиции, утверждая, что все наше знание, как априорное, так и эмпирическое, фундаментально интуитивно. Идея двух изначально независимых способностей он противопоставляет альтернативную трактовку, согласно которой исходной точкой наших познавательных способностей или «невыраженной пресуппозиции Канта» является «окружающий жизненный мир (Lebenswelt) как нечто само собой разумеющиеся и значимое» (с. 230).

Задача всей объективной науки в общем плане должна исходить из теоретических и практических проблем, присущих жизненному миру и на этой основе осуществлять бесконечный, никогда не завершаемый проект систематического исследования и постоянного совершенствования его абстрагирования и идеализаций. Задача трансцендентальной феноменологии, по Гуссерлю, является противоположной. «Вместо того, чтобы оставить эту непосредственно данную и интуитивную область позади в бесконечном процессе познания, постоянно идеализируя и абстрагируя, наша цель состоит в том, чтобы полностью оставаться в пределах этой области, чтобы как можно яснее понять, каким образом изначальный интенциональный смысл всех по-настоящему объективных наук проистекает исключительно из их отношения к жизненному миру» (с. 232).

Жизненный мир, по Гуссерлю, сам по себе интуитивно очевиден, непосредственно задан, нет ничего более очевидного «за» или «под» этим миром, на основании чего основывались бы сомнения в отношении его притязаний на «реальность» и «истинность». Наоборот, все претензии на «реальность» и «истинность», выдвигаемые науками, сами по себе могут быть выдвинуты и обоснованы только на том, что непосредственно интуитивно очевидно в изначально данном жизненном опыте, из которого они неизбежно вытекают.

Проект Гуссерля, заключает Фридман, – это не эпистемологический фундаментализм, а подобно проекту Канта, разработка трансценденталь-

ного объяснения условий, лежащих в основе трансцендентальной субъективности возможностей объективного знания». Разница заключается лишь в том, что «объяснение Канта апеллирует к «гипотезам» о когнитивных способностях трансцендентального субъекта, в то время как Гуссерль находит окончательное обоснование в трансцендентальной структуре самого обычного и всегда присутствующего жизненного мира, как он непосредственно дан всем нам» (с 234–235).

В завершении раздела Фридман сравнивает размышления Гуссерля и Кассирера о развитии математики и физических теорий, в том числе и теории относительности Эйнштейна, и отмечает наличие в них определенных сходств, представленных, в частности, идеи бесконечно расширяющейся последовательности идеализаций и приближений. Но позицию трансцендентальной феноменологии Гуссерля Фридман считает все же более предпочтительной, поскольку она не фокусируется лишь на регулятивной «предельной идее», характерной для Марбургской школы, а учитывает также и «перцептуальные, индексальные и наглядные особенности нашего чувственного опыта, исходно происходящие из жизненного мира». С одной стороны, эту позицию трансцендентальной феноменологии можно рассматривать как естественное продолжение исходного трансцендентального решения Канта, включающего и конститутивные, и регулятивные *a priori* принципы, но, с другой стороны, Гуссерль встраивает историчность в трансцендентальную субъективность, лежащую в основе изначально данного жизненного мира. «Как же тогда мы сможем сформулировать *a priori* принципы в рамках трансц философии? И как мы сможем развить философское понимание эволюции современной науки, которое было бы одновременно подлинно историческим и по-настоящему трансцендентальным?» – задается вопросами Фридман (с. 245). Ведь, если мы откажемся от идеи Канта *a priori* определить структуру всех возможных научных теорий, нам придется просто «ждать, пока исторический процесс покажет нам, что именно возникает *a posteriori*».

С учетом ответов, которые давали на эти вопросы неокантианцы Марбургской школы (Коген, Кассирер) и трансц феноменология (Гуссель), рассмотренные выше, Фридман предлагает свой ответ, который он называет релятивизированным *a priori* или динамикой разума.

Синтетическая история и динамика разума

«То, что я называю динамикой разума, – пишет Фридман, – является попыткой описать исторические события, на которых мы в основном сосредоточились – эволюцию физики пространства-времени от Ньютона до Эйнштейна – в рамках переосмысленной версии кантовской трансц философии» (с. 247). Одновременно он подчеркивает, что теперь мы, конечно, знаем, что кантовские конститутивные *a priori* принципы как «фиксиро-

ванные необходимые условия для всего человеческого опыта в целом, установленные раз и навсегда», таковыми не являются. «И по этой причине исходная версия трансцендентальной философии Канта должна быть радикально переосмыслена» (там же).

На этом пути в первой части раздела Фридман развивает идею *релятивизации* кантовских конститутивных принципов геометрии и механики, опираясь на конкретную историю математико-физических теорий от Ньютона до Эйнштейна. Во многом это изложение кратко повторяет то, что уже было представлено в предшествующем разделе о посткантовском развитии физико-математических наук (от Канта и натурфилософии Шеллинга, через Гельмгольца, Маха, Пуанкаре до Эйнштейна). Фридман называет это кратким историческим нарративом, снабженным неокантианским философским комментарием, связанным с переосмыслением конститутивных а priori принципов. Здесь он подчеркивает два момента: во-первых, то, что переход от Ньютона до Эйнштейна, связанный с последовательностью изменений конститутивных а priori принципов, обнаруживает суть того, что было названо затем несоизмеримостью научных парадигм; во-вторых, «подробный исторический путь от более ранних к более поздним конститутивным принципам демонстрирует их как естественные преобразование предыдущих, как последовательность «минимальных расширений» кантианско-ニュтоновской отправной точки в последовательности новых математических, эмпирических и философских ситуаций» (с. 276–277).

Свою концепцию динамики разума Фридман презентует в качестве альтернативы известной концепции научных революций Томаса Куна с ее идеями *несоизмеримости* научных парадигм и радикальными релятивистскими мотивами в истории науки. Свой пост-куновский подход он определил как синтетическую историю науки (см в начале) и замечает. «То, чего действительно не хватает Куну, – замечает Фридман, – «так это комплементарного рассмотрения параллельных процессов в истории математики и научной философии, которые тесно связаны, в свою очередь, с развитием собственно эмпирических наук, которые он главным образом рассматривает» (с. 275). Поэтому в синтетической истории, тесно связывающей историю физико-математических наук и философию науки, «лучше всего можно найти правильный философский ответ Куну».

Основой и исходным пунктом синтетической истории является кантовское отношение к ньютоновской научной парадигме (пространства и времени), выраженное на кантовском языке как конститутивные принципы а priori, а на языке синтетической истории как локальные конститутивные принципы, действующие в данное время, в данной исторической ситуации. Но обобщение исходной кантовской концепции, по Фридману, является двояким. Во-первых, это сами принципы, которые определяют локально интерсубъективные «правила игры» для определенной парадигмы: ньютоновской, специальной релятивистской или общей релятивистской. Эти конститутивные принципы определяют фундаментальные объ-

екты или предметную область рассматриваемой науки, или, то, что считается реально (физически) возможным. Во-вторых, мы имеем дело с определенным интеллектуальным процессом, ведущим от одного множества локально конститутивных принципов к другому: от ньютоновской механики через специальную теорию относительности к общей теории относительности. Этот процесс делает рациональным (для тех, кто действует в рамках более ранней парадигмы) предвидение истинного расширения пространства доступных интеллектуальных возможностей. И здесь, добавляет Фридман, кантовский язык является особенно подходящим, так как рассматриваемый исторический процесс последовательно развивается из его исходной концепции научной рациональности и объективности. «Именно в этом смысле то, что я называю динамикой разума, представляет собой историзированное обобщение исходного кантовского идеала Просвещения, универсальной трансисторической человеческой рациональности» (с. 278).

Далее Фридман разбирает некоторые вопросы и соображения, высказанные в научных публикациях, вызванных его концепцией динамики разума. Один из них – это вопрос о применимости этого подхода, реализованного в основном на примере механики и геометрии, к изучению структуры и эволюции других наук (например, химии) и науки в целом. Фридман отвечает, что его динамика разума не задумывалась как общая теория научных изменений (в духе концепции научных программ Имре Лакатоса), а представляет собой конкретный исторический нарратив, сопровождаемый определенным философским комментарием. «Суть, на мой взгляд в том, что переход от Ньютона к Эйнштейну – это самый важный вызов научной рациональности эпохи Просвещения, который отстаивал Кант, и я пытаюсь ответить на этот вызов, пересмотрев этот переход в значительно более подробных исторических деталях. Самое важное, что я уделяю равное внимание взаимодополняющим достижениям как в математике, так и в научной философии, которые сопровождают этот переход, и, таким образом, позволяют, на мой взгляд, обобщить и расширить первоначальную кантовскую концепцию...» (с. 279). В то же время в примечании он добавляет, что надеется на то, что подобным же образом, т.е. в духе его динамики разума, будут освещены и случаи других наук. «Точно так же, как исходная концепция научной рациональности Канта, хотя и была сосредоточена в первую очередь на геометрии и механике пространства, времени, материи и движения, все же имела интересные и важные последствия для химии и биологии, и я надеюсь, что мое обобщенное кантинство сможет сделать нечто подобное, рассмотрев последующую историю этих двух дисциплин и посткантинскую рефлексию над ними» (с. 280).

Еще один упоминаемый вопрос, поставленный в статье Алана Ричардсона, – это вопрос о «кантовской или гегелевской динамике разума». Здесь Фридман признает, что в его динамике разума присутствуют определенные гегелевские мотивы, основанные, в частности, на понятии Кассирера об идеальном пределе – теории, к которой стремиться историческая

последовательность математико-физических теорий, а также связанные с тем, что он называет *перспективной* межпарадигмальной (коммуникативной) рациональностью (более поздней концептуальной структуры, рассматриваемой как ряд естественных концептуальных преобразований по сравнению с предыдущей). Но Фридман настаивает на использовании в его концепции и в этих случаях кантовского языка как наиболее адекватного динамике разума. Он позволяет, опираясь на фундаментальное различие между регулятивными и конститутивными а priori принципами, рассматривать релятивизацию последних относительно определенного времени и определенных исторических обстоятельств, показывая всю силу возникающего для исходной кантовской позиции вызова и указывая на средства его преодоления. Эти средства предполагают историзированную (и в этом смысле гегелевскую) версию трансц философии, но тем не менее это все еще версия кантовской транс. философии (с. 282). Так как в ней релятивизация априорных конститутивных принципов позволяет рассматривать их также и в качестве регулятивных а priori принципов, «способных конструктивно направлять процесс перехода от одного множества конститутивных принципов (одного пространства реальных или эмпирических возможностей) к другому без конститутивных ограничений результата» (с. 283).

«Таким образом, развитие наук, о которых идет речь, зависит от сложной системы взаимодействий между тремя различными уровнями: конститутивными принципами, определяющими эмпирические значения развивающегося множества геометро-механических концепций и принципов; регулятивными идеями на философском или метанаучном уровне, опосредующими переход от одного конститутивного каркаса к другому; а также достижения в эмпирическом или экспериментальном исследовании, приводящие к появлению новых конститутивных принципов а процессе новых экспериментов и эмпирических проверок готовых теорий...» (с. 284).

В заключение раздела Фридман также останавливается на вкладе, который в динамику разума внес в своих публикациях философ науки Роберт ДиСалле. Главным в этом вкладе Фридман считает то, что называет «критической философской рефлексией во внутренней практике самой науки», в которой рефлексия функционирует «не только на метанаучном уровне, но и как своего рода внешний источник мотивации перехода от ньютоновской механики к специальной теории относительности, т.е. как существенная часть новой теории Эйнштейна (с. 286); «... моя собственная версия теории динамики разума может быть существенно прояснена, если внимательно рассмотреть ее связь с теорией ДиСалле» (с. 287).

Фридман рассматривает три примера критического концептуального анализа из теории ДиСалле: обсуждение Ньютоном пространства, времени и движения, анализ Эйнштейном одновременности в статье 1905 г. и использование Эйнштейном принципа эквивалентности в основаниях общей теории относительности. Эти примеры показывают, как критический кон-

цептуальный анализ приводит к новым эмпирическим определениям фундаментальных физических концепций, которые в существенном отношении могут быть однозначно определены в рассматриваемом контексте. Это указывает на основную ошибку логического эмпиризма о «произвольности конвенции» и является главной причиной того, что проведенный анализ приводит ДиСалле к отчетливой релятивизированной трансцендентальной необходимости (с. 303).

Фридман отмечает, что согласен в этом с ДиСалле, но со своей стороны хотел бы более убедительно подчеркнуть в развитии науки именно эту релятивизированную трансцендентальную необходимость. «Дело не только в том, что теперь мы можем различать в теориях Эйнштейна принципы, которые в важных отношениях аналогичны тому, что Кант принимал за абсолютно транс принципы ньютоновской теории. Скорее, принципы, которые в настоящее время считаются относит необходимыми в теориях Эйнштейна, сами по себе выведены из концепции Канта в контексте последовательных новых разработок как в математике, так и в эмпирических науках. Исходное прозрение Кантом структуры евклидовой геометрии, ньютоновской физики и эмпирических наук в конце 18 века было настолько глубоким и систематичным, что изменения, последовательно задавшие то одну, то другую сторону кантианского каркаса в том или ином интеллектуальном контексте, отзывались эхом во всей этой системе чрезвычайно продуктивным образом. ... Те же самые интеллектуальные достижения, которые с нашей точки зрения убедительно показывают, что кантовская теория в ее исходном виде больше не является философски также показывают, что приемлемой, также показывают с исторической точки зрения ее замечательную непреходящую плодотворность и силу (с. 306).

На завершающих страницах работы Фридман размышляет, ссылаясь в том числе на работы ДиСалле, о возможностях применения концепции синтетической истории, динамики разума и транс^ц философии к квантовой теории современной физики. Он, например, отмечает, что основатели квантовой теории (Гейзенберг, Паули) считали, что шли в создании этой теории по пути Эйнштейна. Возможно, что в квантовой теории мы видим появление нового вида фундаментальной теоретической структуры (которую можно было бы назвать алгебраической или логической), в качестве конкурента и возможной замены геометро-механической пространственно-временной структуры, которая пока продолжает составлять основу наших классических механических теорий от Ньютона до Эйнштейна. В то же время он оговаривается, что, несмотря на отдельные наработки, пока неясно, как можно было бы применить трансцендентальное понимание к развитию квантовой теории, хотя надежды на это остаются (с. 308),

Другие статьи

В конце тома помещены шесть статей различных авторов, взятых из книги (Discourse on a New Method: Reinvigorating the Marriage of History and Philosophy of Science / Mary Domski, Michael Dickson (Ed.). – Open Court; Chicago; La Salle, 2010.–864 р.) и в той или иной мере связанных с концепцией Фридмана о релятивизированном приори. В большинстве из них выражаются взгляды, дополняющие, уточняющие либо разделяющие позиции Фридмана. О взглядах авторов двух статей – Р. ДиСалле («Синтез, синтетическое а priori и источники современной теории пространства-времени») и А. Ричардсона («Эрнст Кассирер и Майкл Фридман: кантианская или гегелевская динами разума») – прямо говорится в работе самого Фридмана, где они охарактеризованы как «дополняющие» (ДиСалле) и «проясняющие» (Ричардсон) его подход.

Еще в двух статьях – Р. Крита «Конструирование разума: Кант, Карнап, Кун и по ту сторону» и Т. Рикмана «Релятивизированное а priori: оценка и критика» – подход Фридмана рассматривается на более широком идейном и философском фоне, связанным в основном с философией науки. При этом Крит подчеркивает вклад Фридмана в обновление и развитие этой проблематики, в том числе и как альтернативы теории Куна о развитии науки, и как развертывание аргументов против «натуралистического» подхода Куайна. Рикман тоже отмечает вклад Фридмана, но рассматривает его в основном на материале математических и физических теорий, акцентируя критику математического формализма и сближая подход Фридмана с феноменологической традицией.

И лишь в одной статье Д. Говарда «Эйнштейн, общая теория относительности и контингентное а priori» критический мотив в отношении подхода Фридмана преобладает. В основном он реализуется через рассмотрение взглядов самого Эйнштейна на принципы развития и эмпирическое обоснование физических теорий. В них автор выделяет критическое отношение Эйнштейна к априорному знанию в физических теориях и высказывает Фридману упрек в том, что эти взгляды и аргументы Эйнштейна не нашли должного отражения в его подходе.

На этом фоне особняком стоит статья М. Уилсона («Назад к “Назад к Канту”»). Отметив в начале роль Канта в метапарадигмальном подходе Фридмана, автор переходит к обсуждению достаточно специальных проблем «физики сплошных сред», которым фактически и посвящена эта статья.

Авдонин В.С.¹

¹ Авдонин Владимир Сергеевич, д-р полит. наук, вед. науч. сотр. ИИОН РАН; avdoninvla@mail.ru

M. Friedman
Kant's A Priori in Science and Philosophy:
Contemporary Debates
(Summary)

A summary of the Book: Michael Friedman, Kant's A Priori in Science and Philosophy: Contemporary Debates. – Moscow: Canon+ ROOI “Rehabilitation”, 2025. – 464 p.

Abstract. The book focuses on M. Friedman's work “Relativized A Priori,” which forms the central part of the book, including the theme of synthetic history presented therein – Friedman's primary methodological approach to studying Kantian and post-Kantian a priori. This approach embodies a particularly close connection between the history of science and the history of philosophy, including the analysis and comparison of physical and mathematical scientific theories and philosophical ideas from Kant to the present day. This paper examines sections of Friedman's work devoted to the scientific, theoretical, and philosophical context of the formation of modern European science before Kant, Kant's philosophy of science itself, and the post-Kantian development of science and philosophy. It concludes with a discussion of the section “The Dynamics of Reason”, in which Friedman summarized the results of his research. The paper also reflects other materials included in the book – “Manifesto of a Synthetic Approach to the History and Philosophy of Science” and a number of articles by various authors devoted to a discussion of Friedman's approach.

Keywords: Kant; Friedman; a priori; transcendental philosophy; mathematics; physical theories; synthetic history; dynamics of reason.

For citation: Avdonin, V.S.¹ Kant's A Priori in Science and Philosophy: Contemporary Debates. [Book ref.: Michael Friedman Kant's A Priori in Science and Philosophy: Contemporary Debates. – M.: Canon + ROOI “Rehabilitation”, 2025. – 464 p.] // *METHOD*: Moscow quarterly journal of social studies / RAN, INION. – Moscow, 2024. – Part 14. Vol. 4, No. 4 – P. 137–163. DOI: 10.31249/metod/2024.04.06.

¹ **Avdonin Vladimir S.**, Doctor of Science, Leading Researcher INION RAN; avdoninvla@mail.ru

**МЕТОД
МОСКОВСКИЙ ЕЖЕКВАРТАЛЬНИК ТРУДОВ
ИЗ ОБЩЕСТВОВЕДЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН**

**Выпуск 14
(продолжение серии ежеквартальных МЕТОДа)
Том 4 № 4**

Дизайнер (художник) С.И. Евстигнеев
Корректор А.А. Чукаева
Компьютерная верстка К.Л. Синякова

Подписано в свет 20 / XII – 2025 г.
Формат 70×100/16 Бум. офсетная № 1
Усл. печ. л. 13,4 Уч.-изд. л. 10,5

**Институт научной информации
по общественным наукам
Российской академии наук**
Нахимовский проспект, д. 51/21, Москва, 117418
<http://inion.ru>

Отдел печати и распространения
информационных изданий
Тел.: +8 (499) 124-32-15
e-mail: izdat@inion.ru