

УДК 007+519.711

DOI: 10.15372/PS20210208

А.И. Желнин**ОНТОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ БИОЛОГИЧЕСКОГО ТИПА
ИНФОРМАЦИИ И ПЕРСПЕКТИВ УПРАВЛЕНИЯ ИМ**

Информация обладает множеством интерпретаций, но имеются веские доводы в пользу того, что данный феномен объективен и является индикатором сложности системы. Одним из оснований для классификации типов информации может быть иерархия уровней материальной организации. Современное общество перешло к планомерному использованию по большей мере информации физической. Биологическая информация, представленная генетическими, нервными, прочими сигнальными процессами в организме, также внешне имеет физико-химическую (в частности, электромагнитную) оболочку, но не сводится к ней, так как выражает эмерджентные для живой материи свойства самосохранения и адаптации. С другой стороны, физическая информация образовала глобальную информационную среду, инфосферу, которая начала оказывать биологическое (стрессовое, дезадаптивное) влияние на человека. Двудейным ключом к управлению биологической информацией и преодолению ее негативных эффектов является дальнейшее углубление био- и эконания, его активная конвертация в соответствующие технологии. В будущем потенциально возможно регулирование информационных потоков высшего биологического уровня – биосферы, а также переход к управляемой эволюции. Так как управление биоинформационными процессами может напрямую затрагивать витальные стороны жизни человека, то ожидаемо развитие сильных его регуляторов, которые будут иметь как биоэтические, так и биоправовые основы, предполагать комплексную антропологическую экспертизу.

Ключевые слова: информация; биологическая информация; управление; биоуправление; самосохранение; адаптация; информационная среда; инфосфера; управляемая эволюция

A.I. Zhelnin**ONTOLOGICAL ANALYSIS OF THE BIOLOGICAL TYPE
OF INFORMATION AND THE PROSPECTS OF ITS
MANAGEMENT**

Information has many interpretations, but there are strong arguments in favor of the fact that this phenomenon is objective and serves as an indicator of the complexity of the system. One of the bases for classifying its types may be the hierarchy of levels of material organization. Modern society has moved on to the systematic use of mostly physical information. Biological information, which is represented by genetic, nervous, and other signaling processes in organism, also appears to have a physical (in particular electromagnetic) and chemical shell, but is not reduced to the latter, because it expresses the properties of self-preservation and adaptation that are emergent qualities of the living

© Желнин А.И., 2021

matter. On the other hand, physical information has formed the global information environment, that is the infosphere, which has begun to have biological (stressful, maladaptive) effects on humans. The dual key to managing biological information and overcoming these negative effects is the further deepening of bioknowledge and ecknowledge, as well as its active conversion into appropriate technologies. In the future, it becomes possible to regulate the information flow of the highest biological level, i.e. the biosphere, as well as to transit to the directed evolution. Since the management of bioinformation processes can directly affect the vital aspects of human life, the development of its strong limiting regulators is expected. They will have both bioethical and biolegal bases and suggest a complex anthropological expertise.

Keywords: information; biological information; bioinformation; management; biomanagement; self-preservation; adaptation; information environment; infosphere; directed evolution

Понятие информации, ставшей одним из главных ресурсов современного общества отражает целый ряд разнородных феноменов. Долгое время информация отождествлялась исключительно со знанием, и только в XX в. с развитием кибернетики и теории связи очевидным становится факт, что информация присутствует в обмене данными между сложными системами, не обладающими сознанием [4; 13]. С современной научной точки зрения информация не может быть отождествлена с ее духовными, идеальными коррелятами и является прежде всего материальным феноменом. Известный пример гетерогенности понимания информации – спор о том, является ли информация неотъемлемым свойством всей материи (атрибутивный подход) или же эксклюзивным свойством только материи живой. Полагаем, между данными подходами нет противоречия: оба они правомерны в зависимости от того, как информация изначально определяется, т.е. если провести математическую аналогию, какая аксиоматика кладется в основание.

Мы попытаемся оттолкнуться от более общего понимания информации. Так, широко известна триада «вещество – энергия – информация», изменения и взаимопревращения элементов которой претендуют на исчерпывающее объяснение всего многообразия мировых процессов. К.К. Колин определяет информацию как «объективное свойство реальности, которое проявляется в неоднородности (асимметрии) распределения материи и энергии в пространстве и времени, в неравномерности протекания всех процессов» [8, с. 96]. Небезосновательно популярно понимание информации как меры организации, упорядоченности, равной энтропии, взятой с обратным знаком. Информация как мера упорядоченности идет рука об руку с таким всеобщим феноменом, как сложность. Г. Хакен связывает информацию с процессами самоорганизации, которые также протекают во всех областях реальности, рассматривает ее как залог скоординированности, когерентности частей сложной динами-

ческой системы: «Совершенно очевидно, что все эти высоко координированные, когерентные процессы становятся возможны только путем обмена информацией, которая должна быть произведена, передана, принята, обработана, преобразована в новые формы информации и должна участвовать в обмене информацией между различными частями системы и между различными иерархическими уровнями... она может также приобретать роль своего рода среды, существование которой поддерживается отдельными частями этой среды – среды, из которой эти части получают конкретную информацию относительно того, как им функционировать когерентно, кооперативно» [14, с. 48].

Если отталкиваться от объективной природы информации как меры упорядоченности систем, то релевантным критерием дифференциации ее видов может стать *иерархия уровней материальной организации*. В этом случае уместно говорить о физической, химической, биологической и социальной информации. В соответствии с другим подходом предлагается выделять бесконтекстную информацию технических систем (физические сигналы, безразличные к передаваемому содержанию), контекстную информацию биологического типа (сигналы, зависящие от пространства среды и предполагающие ответную реакцию организма, поэтому имеющие сверхфизическое, адаптивное значение) и сверхконтекстную информацию (социокультурные сигналы между людьми, антропологические по содержанию, т.е. не зависящие напрямую от среды и передаваемые в рамках словесно-понятийного общения) [10]. А.Д. Еляков также солидарен с тем, что информацию «можно классифицировать как на уровне всей материи – информация, на уровне животных и растительных систем – биологическая (органическая) информация, общества – социальная информация» [6, с. 146]. Вырисовывается триада: информация в неживой природе (физический и химический уровни), информация в живой природе (биологический уровень) и информация в человеческом обществе (социальный уровень).

Говоря о том, что информация стала основным ресурсом современности, нужно признать, что речь идет об информации в физическом понимании: все данные, циркулирующие и хранящиеся в компьютерных устройствах и их сетях, закодированы в последовательностях цифровых, по своей сути электромагнитных сигналов (в этом смысле статус современной информатики и computer science аналогичен статусу, месту физики в здании естественных наук). Основоположники кибернетики всячески подчеркивали сходства протекания информационных процессов в техническом устройстве и в живом организме. Так, Н. Винер писал:

«В наше время исследование автоматов – из металла или из плоти – представляет собой отрасль техники связи, и фундаментальными понятиями являются понятия сообщения, количества помех, или “шума”, количества информации, методов кодирования и т.д.» [1, с. 60]. Однако есть и явные различия. Еще Э. Шредингер отмечал, что живые организмы, противостоя тенденциям дезорганизации, питаются «отрицательной энтропией» (негэнтропией) [16], что позволяет предполагать на порядки бóльшую аккумуляцию информации в них, чем в неживых объектах. Биоинформация характеризуется мощной способностью к самовозрастанию. Так, нельзя сказать, что вся информация, заключенная в живом организме, преформистски присутствовала в его эмбрионе. С другой стороны, имеет место эффект «информационной компрессии» в биосистеме, когда она за счет высокой внутренней скоординированности парадоксально описывается меньшим количеством битов обычной («шенноновской») информации, чем ее части по отдельности [24].

Все это позволяет признать, что биоинформация имеет свою качественную специфику. Возникают соответствующие вопросы: 1) в чем конкретно она заключается; 2) как ее можно использовать и ею управлять?

Начнем с того, что существует точка зрения, в соответствии с которой характер информации в принципе не зависит от ее субстрата. Так, Д.И. Дубровский сформулировал известный принцип инвариантности информации по отношению к своему носителю. Данный постулат исходит из факта, что одна и та же информация может быть передана посредством различных носителей и сигналов: «Информация инвариантна по отношению к физическим свойствам своего носителя, то есть одна и та же информация для данной самоорганизующейся системы может быть воплощена и передана разными по своим физическим свойствам носителями» [5, с. 47].

Однако специально укажем на фигурирование термина «физическое». Действительно, информация в наши дни может быть транслирована через различные посредники (флеш-носитель, беспроводные технологии, интернет и т.д.), но все они, по сути, являются вариациями одного и того же способа передачи (электромагнитного). В данном случае информация не выходит за рамки одного (физического) уровня организации. Маловероятно, что биологическая информация (т.е. онтологически другого уровня) может быть переведена на чисто физический носитель без всяких потерь. Приведем пример: если взять известную (наряду с ДНК) наследственную молекулу живого – РНК и «оцифровать» ее, а

затем транспортировать получившийся субстрат в рибосому, то вряд ли последняя сможет распознать его и синтезировать правильный белок. Дело в том, что в процессе кодирования и декодирования нуклеиновых кислот играют роль множество аспектов (биохимические, каталитические, хиральные), так что данный процесс никак не может быть сведен к линейному дискретному «считыванию» нуклеотидов. Выражаясь образно, спираль ДНК – это не то же самое, что лента машины Тьюринга. Парадоксальным образом генетика в свое время больше других способствовала формированию метафорической интерпретации фундамента жизни как довольно простого («четырёхбуквенного») кодового текста [32], но сама же она на практике опровергает возможность такого редуционистского видения.

Если к физическому процессу не могут быть сведены феномены самого простого (молекулярно-генетического) уровня биологической организации, то в еще большей мере это относится к более комплексным витальным феноменам. Так, общеизвестно, что деятельность мозга – это подвижный баланс физиологических процессов возбуждения и торможения, обеспечивающий информационный обмен между нейронами посредством передачи множества импульсов (так называемой синаптической активности). Нервный импульс формально представляет собой электромагнитное явление, так как обеспечивающий его механизм – это ток, распространяющийся за счет транспорта ионов электрический потенциал, а также модуляция его передачи молекулами-нейромедиаторами. Даже в этом плане (наличие ионного транспорта, участие химических веществ-трансммиттеров) нейронный ток отличается от простого физического тока электронов в полупроводнике. Однако электромагнетизм – это в принципе только внешняя, поверхностная сторона нервной активности, безотносительная к ее сути. Последняя заключается в том, что нервная деятельность обеспечивает интегральное отражение организмом внешней и внутренней среды, динамичное взаимодействие с обеими средами посредством системы физиологических реакций, а в случае высших организмов – и психических процессов.

Говоря обобщенно, собственно биологическим содержанием нервной активности является многоаспектное обеспечение самосохранения, реализация разнообразных адаптивных стратегий и приспособительных эффектов. На идее подобной целесообразности построена теория функциональных систем П.К. Анохина: функциональная система, возникающая и закрепляющаяся на основе определенных нервных центров, обладает адаптивной избирательностью и связана прежде всего с реализацией

тех или иных конкретных потребностей организма [12]. По-своему приспособительная роль нейропроцессов отражена в концепции «нейронального дарвинизма» Дж. Эдельмана [22]: на уровне нейронных сетей мозга по аналогии с дарвиновским отбором действуют селективные механизмы, закрепляющие, поддерживающие адаптивно полезные связи и тормозящие или элиминирующие ненужные.

Вместе с тем укажем на то, что многообразие биоинформации ограничивается «чистыми» генетическими или нервными процессами. В случае той же ДНК имеются так называемые эпигенетические механизмы, как бы надстраивающиеся над геномом и регулирующие его активность, неся информацию об экспрессии генов без изменений самой последовательности генетического кода [27]. Нервная же система является хотя и главным, но далеко не единственным контроллером организма, в нем имеются иные регуляторные системы (эндокринная и иммунная), существует гигантское множество сигнальных молекул, которые действуют как внеклеточно («первичные мессенджеры», например гормоны), так и внутриклеточно («вторичные мессенджеры», например микромолекулы и ионы). Причем действие всех их также в большей или меньшей степени избирательно и нацелено на определенный адаптивный эффект.

Таким образом, *физико-химические уровни информационных процессов в живом являются онтологически несамостоятельной оболочкой, они подчинены интегральному, собственно биологическому уровню, эмерджентной логике выживания, самосохранения и приспособления.*

Учет комплексности биоинформации, ее несводимости к нижележащим типам необходим для успешного освоения работы с ней. Беспрецедентный прогресс life sciences впервые открывает перспективы для этого. Полагаем, что переход к активному применению биологической информации будет сопровождаться научно-технической и производственной революцией, сопоставимой по своим масштабам с цифровой революцией. Начало такой революции уже положено: это полное секвенирование последовательности генома человека [35], расшифровка его функциональных элементов (проект ENCODE), грандиозные американский (BRAIN), европейские (Blue Brain Project и Human Brain Project) и китайский (China Brain) проекты по картированию и моделированию работы человеческого мозга, а также японский проект Brain/MINDS по исследованию связи генома с психикой и поведением. Именно сфера наук о живом демонстрирует наиболее глубокое применение новейших информационных способов обработки больших массивов данных (напри-

мер, тех же генетических) и оперирования ими в рамках такой междисциплинарной области, как биоинформатика [18], а также быстрее других конвертирует фундаментальные открытия в прикладные технологии.

Таким образом, многое указывает на то, что в отличие от прошлого века, признанного «веком физики», XXI век войдет в историю как «век биологии», и залогом торжества биологии станет глубокое понимание протекающих в живом информационных процессов (так как вещественные и энергетические по большей части уже изучены). Отдельных достижений в данной сфере стоит ожидать в медицине как практическом приложении биологии. Отмечается определенный редуционизм классической медицины, сконцентрированной на локально-вещественных аспектах болезни, и указывается на необходимость более глубокого изучения информационных (сигнальных, регуляторных, медиаторных) аспектов патологических процессов, становления патоинформатики [15].

Понимание сущности и механизмов биологической информации, в свою очередь, создаст условия для успешного управления ею. Человек так или иначе уже делал и делает это, например, в ходе селекции. Однако речь идет об очень косвенных и несистематических воздействиях. Повторяется закономерность с физической информацией, которая де-факто использовалась в индустриальную и даже аграрную эпохи, но получила возможность стать полноценным фактором жизни и производства только в эпоху современную, с появлением соответствующих технологий.

Для оперирования биоинформацией *per se* также требуются сложнейшие технологии, причем различные, в зависимости от того, какой уровень организации живого берется во внимание. Так, в случае работы с геномом активно развивается технология CRISPR/Cas9, позволяющая редактировать его, «разрезая» и «сшивая» ДНК в нужных местах [26]. Вместе с тем биоинженерия не сводится только к генетике: она работает с целью «инжиниринга и проведения биологических схем, будь то генетические, белковые или вирусные» [28]. Если говорить об информационных процессах в мозге, то здесь разрабатываются методы, улучшающие как визуализацию нервных процессов (например, оптогенетика), так и их модуляцию. Ведущим среди этих методов является глубокая стимуляция мозга (*deep brain stimulation*), заключающаяся в избирательной активации с помощью электродов его участков [30]. На возможность электрического регулирования мозговых процессов указывалось давно: «Вегетативные и соматические функции, индивидуальное и общественное поведение, эмоциональные и психические реакции у человека и животных можно вызывать, поддерживать, видоизменять или подавлять

путем электрического раздражения определенных отделов мозга» [3, с. 76].

Вместе с тем стоит признать, что процессы мозга являются в принципе наиболее сложными среди биоинформационных и поэтому остаются далеко не разгаданными: предлагается отличать нейронный код (т.е. одиночный спайковый импульс, природа которого в целом уже понятна) от мозгового кода (т.е. макроскопической картины нейрональной активности мозга как целого, которая как раз обеспечивает психические и поведенческие феномены и которая остается во многом необъясненной). Полагается, что «сложная половина» мозгового кода заключена даже не в синхронной активности отдельных его областей и регионов, а в системе широкополосного информационного трансфера между полушариями [19]. До сих пор имеет место дискуссия о том, значимы ли квантовые процессы в функционировании мозга, нужно ли их учитывать для получения полной картины передачи информации в нем или же они нивелируются на макроуровне [2] (некоторые теоретики ставят вопрос шире: не являются ли квантовые эффекты значимыми на разных, как молекулярных, так и клеточно-нейронных, уровнях жизни и насколько верно положение, что биосистемы обрабатывают и хранят информацию именно в классических битах, а не в квантовых кубитах [21]). В любом случае чисто электрическое воздействие на мозг является неизбирательным и «грубым», что позволяет ожидать переход к более «тонким» способам модуляции его активности.

В свою очередь, новые нейроданные используются не только в терапии психоневрологических заболеваний, но и в создании все более успешно имитирующих работу мозга интеллектуальных устройств. Несмотря на серьезные успехи в компьютерном моделировании отдельных когнитивных и даже аффективных функций [33], отмечается, что «тем не менее усилия еще не дали полного понимания естественного интеллекта, а также пока не привели к созданию машин, способность рассуждения которых соответствует общности и гибкости когнитивной обработки в биологических организмах» [23, p. 112]. Полагаем, это связано с игнорированием той же иерархии различных уровней организации: даже супермощные компьютерные устройства, многократно превосходящие мозг по формальным характеристикам (скорость сигнала, вычислительная мощность и т.д.), репрезентируют физический уровень материи и в этом смысле остаются радикально более простыми, чем биологический мозг. Ввиду данного онтологического «разрыва» бессмысленно говорить как о создании полноценного искусственного разума на неор-

ганической основе, так и об артифицируемости, «оцифровке» человеческого сознания. В настоящий момент более релевантна концепция «прироста интеллекта» (Intelligence Augmentation, IA), рассматривающая современные информационные технологии не как буквальные «расширения» человеческого сознания и мозга, а только как средства для их поддержки и усиления их возможностей [25]

Наконец, наиболее сложным будет освоение информационных процессов на надорганизменном уровне, управление потоками информации между целыми популяциями и экосистемами. Так, в случае популяции кибернетическим значением обладают ее пространственно-территориальная организация, изменения в численности и половозрастной структуре, этологическая и иерархическая организация [7]. Поскольку популяция – это единица эволюционного процесса, который охватывает и более высокие ярусы жизни, то контроль информационных аспектов на этих ярусах означал бы переход к так называемой управляемой эволюции [17].

Управляемая эволюция (directed evolution) уже стала реальностью на «микроуровне»: с целью синтеза нужных белков ученые искусственно катализируют эволюцию микроорганизмов, ускоряя накопление мутаций в них, а затем отбирая нужные варианты [31]. В пределе же речь идет о регулировании информационных процессов биосферы *in toto*. С.В. Смирновым введено близкое понятие «биоинтеллектосфера», отражающее возможности регулирующей деятельности человечества по восстановлению и поддержанию глобальных биосферных процессов, однако понимание последних ограничено в его авторской концепции вещественными и энергетическими потоками. Он отмечает, что «в эпоху биоинтеллектосферы разум человечества превращается из глобальной геологической силы, изменяющей облик планеты в соответствии с потребностями техногенного развития цивилизации, в критерий обеспечения и поддержания естественных круговоротов вещества и энергии, нарушение которых сегодня является основным фактором, дестабилизирующим биосферу» [11, с. 180].

Полагаем, что информационные потоки на уровне биосферы также должны учитываться, в частности при ее восстановлении, так как они играют не последнюю роль в обеспечении глобального гомеостаза. В свою очередь природа и биосфера могут научить человека принципиально новым методам работы с информацией. С. Лем писал на этот счет: «Речь идет о том, чтобы “экстрагировать” информацию из природы без посредничества мозга, человеческого или электронного, чтобы создать

нечто вроде “выращивания” или “эволюции” информации. Сегодня эта концепция звучит совершенно фантастично» [9, с. 142].

Таким образом, цивилизационная «программа-максимум» в данном контексте является двуединой: с одной стороны, перейти к управлению информационными процессами природной биоэволюции, с другой же – применить эти эволюционные принципы к обработке информации и управлению ею в обычном физико-техническом смысле, когда ее «порции» будут «взаимно оплодотворяться, скрещиваться, подвергаться мутациям» [9, с. 387]. Для последнего нет абсолютного онтологического запрета: *высокоорганизованные материальные феномены (биологические), несмотря на свою эмерджентность, включают в себя более простые (физические и химические) как свой неотчуждаемый фундамент.* Следовательно, пусть и не буквально, принципы организации и функционирования «высшего» (более сложного) имеют свои «теневые» корреляты в «низшем» (менее сложном). Поэтому некоторые специфические эффекты биоинформации могут быть приблизительно воспроизведены в формате некоторого аналога и в более простых типах информации.

Применение биологических принципов по отношению к контролю за циркулированием обычной информации становится все более актуальным ввиду того, что на современном этапе она, по сути, сформировала среду обитания нового типа – глобальную инфосферу. Для характеристики последствий быстрого роста объемов и скоростей передачи информации активно используются такие понятия, как «информационная перегрузка» и «информационный стресс» [29]. С учетом дезадаптивных эффектов информационной среды перспективными кажутся пути решения проблемы, построенные на логике, заимствованной из био- и экосна. Так, активно разрабатывается стратегия *информационной экологии* [20], нацеленная на установление оптимального характера информационных нагрузок на человека, на создание соответствующих «фильтров» и «барьеров», которые бы эффективно очищали информационное «загрязнение», делали бы потребление информации более селективным и избирательным. Возможно, что в будущем мы сможем констатировать конвергенцию биосферы и инфосферы на единых началах, становление *биоинфосферы*.

В заключение вновь укажем на то, что освоение человеком биоинформационных процессов и посредством этого более основательная постановка им под контроль сил живой природы придадут огромный импульс развитию цивилизации, многократно расширив ее технологиче-

ские и производственные силы. Вместе с тем стоит ожидать, что это вызовет революцию в общественной жизни, последствия которой будут выходить далеко за пределы только экономики. Последнее связано с тем, что сам человек обладает биологической составляющей, репрезентированной абсолютно на всех уровнях и во всех аспектах его бытия. Получив ключ к управлению биоинформационными процессами, человек одновременно сможет достичь более полного регулирования своей собственной органической жизни. Так, отмечается, что бурное развитие нейротехнологий способно превратить в объект «дизайна» и «менеджмента» даже человеческое сознание [34] за счет наличия у него неотъемлемой мозговой основы, за счет возможности информационного воздействия на него. Следовательно, оперирование биоинформацией, особенно в случае человека, будет сопровождаться множеством рисков и угроз. *Стоит ожидать, что они стимулируют создание сильных регуляторов, по принципу обратной связи контролирующих вмешательства в биоинформационные процессы организма человека. Данные регуляторы будут иметь как биоэтические, так и биоправовые основания, предполагать комплексную антропологическую экспертизу.*

Литература

1. Винер Н. Кибернетика. – М.: Советское радио, 1958. – 213 с.
2. Винник Д.В. Квантовые свойства в физической организации мозга: амплификация или нивелировка? // Философия науки. – 2020. – № 1 (84). – С. 96–118.
3. Дельгадо Х. Мозг и сознание. – М: Мир, 1971. – 264 с.
4. Денискин С.А. Понятие информации в контексте категорий «отражение», «отображение», «связь» // Вестник Челябинского государственного университета. – 2014. – №. 11 (340). – С. 13–17.
5. Дубровский Д.И. Субъективная реальность и мозг: опыт теоретического решения проблемы // Вестник Российской академии наук. – 2013. – № 1 (83). – С. 45–57.
6. Еляков А.Д. К понятию «информация» // Социологические исследования. – 2008. – № 4 (288). – С. 144–146.
7. Кожан А.Б. Биологическая кибернетика. – М.: Высшая школа, 1977. – 408 с.
8. Колин К.К. Философские проблемы информатики. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 264 с.
9. Лем С. Сумма технологий. – М.: АСТ, 2002. – 668 с.
10. Рыбин В.А., Денискин С.А. Феномен и понятие информации: опыт интерпретации на примере систем природы и культуры // Вестник Пермского университета. Сер.: Философия. Психология. Социология. – 2017. – № 1 (29). – С. 5–13.
11. Смирнов С.В. Биоинтеллектосферный подход к развитию общества и природы: сущность, специфика становления // Исторические, философские, политические и юридические науки, культурология и искусствоведение. Вопросы теории и практики. – 2015. – № 2–1 (52). – С. 179–182.

12. *Судаков К.В.* Функциональные системы. – М.: Изд-во РАМН, 2011. – 320 с.
13. *Тавокин Е.П.* Информация как научная категория // Социологические исследования. – 2006. – № 11. – С. 3–10.
14. *Хакен Г.* Информация и самоорганизация: Макроскопический подход к сложным системам. – М.: Едиториал УРСС; ЛЕНАНД, 2014. – 224 с.
15. *Чурлиов Л.П.* О системном подходе в общей патологии: необходимость и принципы патоинформатики // Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер. 11: Медицина. – 2009. – № 3. – С. 5–23.
16. *Шредингер Э.* Что такое жизнь с точки зрения физики? – М.: РИМИС, 2009. – 176 с.
17. *Яблоков А.В., Левченко В.Ф., Керженцев А.С.* Очерки биосферологии 1. Выход есть: переход к управляемой эволюции биосферы // Философия и космология. – 2015. – Т. 14, № 1. – С. 91–117.
18. *Baxevaris A.D., Ouellette B.F.F.* Bioinformatics: A Practical Guide to the Analysis of Genes and Proteins. – Wiley, 2005. – 540 p.
19. *Cook N.D.* The Brain Code: Mechanisms of Information Transfer and the Role of the Corpus Callosum. – Routledge, 2018. – 272 p.
20. *Davenport T.H.* Information Ecology: Mastering the Information and Knowledge Environment. – Oxford: Oxford University Press, 1997. – 272 p.
21. *Davies P.C.W.* Does quantum mechanics play a non-trivial role in life? // Biosystems. – 2004. – Vol. 78, No. 1–3. – P. 69–79.
22. *Edelman G.M.* Neural Darwinism: The Theory of Neuronal Group Selection. – Oxford: Oxford University Press, 1987. – 371 p.
23. *Gerven M., van.* Computational foundations of natural intelligence // Frontiers in Computational Neuroscience. – 2017. – Vol. 11. – P. 112.
24. *Haken H.* Information compression in biological systems // Biological Cybernetics. – 1987. – Vol. 56, No. 1. – P. 11–17.
25. *Hassani H. et al.* Artificial Intelligence (AI) or Intelligence Augmentation (IA): What is the future? // AI. – 2020. – Vol. 1, No. 2. – P. 143–155.
26. *Hsu P.D., Lander E.S., Zhang F.* Development and applications of CRISPR-Cas9 for genome engineering // Cell. – 2014. – Vol. 157, No. 6. – P. 1262–1278.
27. *Jaenisch R., Bird A.* Epigenetic regulation of gene expression: how the genome integrates intrinsic and environmental signals // Nature Genetics. – 2003. – Vol. 33, No. 3. – P. 245–254.
28. *Khalil A.S., Collins J.J.* Synthetic biology: applications come of age // Nature Reviews Genetics. – 2010. – Vol. 11, No. 5. – P. 367–379.
29. *Klingberg, T.* The Overflowing Brain: Information Overload and the Limits of Working Memory – Oxford: Oxford University Press, 2008. – 224 p.
30. *Kringelbach M.L. et al.* Translational principles of deep brain stimulation // Nature Reviews Neuroscience. – 2007. – Vol. 8, No. 8. – P. 623–635.
31. *Packer M. S., Liu D.R.* Methods for the directed evolution of proteins // Nature Reviews Genetics. – 2015. – Vol. 16, No. 7. – P. 379–394.
32. *Paton R.* Metaphors, models and bioinformation // BioSystems. – 1996. – Vol. 38, No. 2–3. – P. 155–162.
33. *Peterson J.K.* BioInformation Processing: A Primer on Computational Cognitive Science. – Springer, 2016. – 570 p.
34. *Rose N., Abi-Rached J.M.* Neuro: The New Brain Sciences and the Management of the Mind. – Princeton: Princeton University Press, 2013. – 335 p.
35. *Venter J.C. et al.* The sequence of the human genome // Science. – 2001. – Vol. 291, No. 5507. – P. 1304–1351.

References

1. *Wiener, N.* (1958). *Kibernetika* [Cybernetics]. Moscow, Sovetskoe Radio Publ., 213. (In Russ.)
2. *Vinnik, D.V.* (2020). Kvantovye svoystva v fizicheskoy organizatsii mozga: amplifikatsiya ili nivelirovka? [Quantum properties in the physics of the brain: amplification or leveling?]. *Filosofiya nauki* [Philosophy of Science], 1 (84), 96–118.
3. *Del'gado, Kh.* (1971). *Mozg i soznanie* [Physical Control of the Mind]. Moscow, Mir Publ., 234.
4. *Deniskin, S.A.* (2014). Ponyatie informatsii v kontekste kategoriy “otrazhenie”, “otobrazhenie”, “svyaz” [The concept of information in the context of the categories “reflection”, “representation”, “connection”]. *Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Chelyabinsk State University], 11 (340), 13–17.
5. *Dubrovsky, D.I.* (2013). Subyektivnaya realnost i mozg: opyt teoreticheskogo resheniya problemy [Subjective reality and the brain: an experience of theoretical solving of the problem]. *Vestnik Rossiyskoy akademii nauk* [Herald of the Russian Academy of Sciences], 1 (83), 45-57. (In Russ.)
6. *Elyakov, A.D.* (2008). K ponyatiyu «informatsiya» [On the concept information]. *Sotsiologicheskie issledovaniya* [Sociological Studies], 4 (288), 144–146.
7. *Kozhan, A.B.* (1977). *Biologicheskaya kibernetika* [Biological Cybernetics]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 408/
8. *Kolin, K.K.* (2010). *Filosofskie problemy informatiki* [Philosophical Problems of Informatics]. Moscow, BINOM. Laboratoriya Znaniy Publ., 264.
9. *Lem, S.* (2002). *Summa tekhnologii* [Summa Technologiae]. Moscow, AST Publ., 668. (In Russ.)
10. *Rybin, V.A., & S.A. Deniskin.* (2017). Fenomen i ponyatie informatsii: opyt interpretatsii na primere sistem prirody i kultury [The phenomenon and concept of information: the experience of interpretation on the example of systems of nature and culture]. *Vestnik Permskogo universiteta. Ser.: Filosofiya. Psikhologiya. Sotsiologiya* [Bulletin of Perm State University. Series: Philosophy. Psychology. Sociology], 1 (29), 5–13.
11. *Smirnov, S.V.* (2015). Biointellektosfernyy podkhod k razvitiyu obshchestva i prirody: sushchnost, spetsifika stanovleniya [Biointelectospheral approach to the development of society and nature: essence and specificity of formation]. *Istoricheskie, filosofskie, politicheskie i yuridicheskie nauki, kulturologiya i iskusstvovedenie. Voprosy teorii i praktiki* [Historical, Philosophical, Political and Legal Sciences, Cultural Studies and Art History. Issues of Theory and Practice], 2-1 (52), 179–182.
12. *Sudakov, K.V.* (2011). *Funktsionalnye sistemy* [Functional Systems]. Moscow, Russian Academy of Medical Sciences Publ., 320/
13. *Tavokin, E.P.* (2006). Informatsiya kak nauchnaya kategoriya [Information as a scientific category] // *Sotsiologicheskie issledovaniya* [Sociological Studies], 11, 3–10.
14. *Haken, H.* (2014). *Informatsiya i samoorganizatsiya: Makroskopicheskiy podkhod k slozhnym sistemam* [Information and Self-Organization: A Macroscopic Approach to Complex Systems]. Moscow, Editorial URSS Publ. & LENAND Publ., 224.
15. *Churilov, L.P.* (2009). O sistemnom podkhode v obshchey patologii: neobkhodimost I printsipy patoinformatiki [On the system approach in general pathology: the necessity and principles of pathoinformatics]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Ser. 11: Meditsina* [Herald of Saint-Petersburg State University. Series 11: Medicine], 3, 5–23.
16. *Schrödinger, E.* (2009). Chto takoe zhizn s tochki zreniya fiziki? [What is Life in Terms of Physics?] Moscow, RIMIS Publ., 176. (In Russ.)
17. *Yablokov, A.V., V.F. Levchenko & A.S. Kerzhentsev.* (2015). Ocherki biosferologii 1. Vykhod est: perekhod k upravlyaemoy evolyutsii biosfery [Essays on Biospherology 1. There is a Way Out: the Transition to Guided Evolution of Biosphere]. *Filosofiya i kosmologiya* [Philosophy and Cosmology], 1 (14), 91–117.

18. *Baxevanis, A.D. & B.F.F. Ouellette* (2005). *Bioinformatics: A Practical Guide to the Analysis of Genes and Proteins*. Wiley.
19. *Cook, N.D.* (2018). *The Brain Code: Mechanisms of Information Transfer and the Role of the Corpus Callosum*. Routledge.
20. *Davenport, T.H.* (1997). *Information Ecology: Mastering the Information and Knowledge Environment*. Oxford University Press.
21. *Davies, P.C.W.* (2004). Does quantum mechanics play a non-trivial role in life? *Biosystems*, Vol. 78, No 1-3, 69–79.
22. *Edelman, G.M.* (1987). *Neural Darwinism: The Theory of Neuronal Group Selection*. Oxford, Oxford University Press.
23. *Gerven, M., van.* (2017). Computational foundations of natural intelligence. *Frontiers in Computational Neuroscience*, 11, 112.
24. *Haken, H.* (1987). Information compression in biological systems. *Biological Cybernetics*, Vol. 56, No 1, 11–17.
25. *Hassani, H. et al.* (2020). Artificial Intelligence (AI) or Intelligence Augmentation (IA): What is the future? *AI*, Vol. 1, No 2, 143–155.
26. *Hsu, P.D., E.S. Lander & F. Zhang.* (2014). Development and applications of CRISPR-Cas9 for genome engineering. *Cell*, Vol. 157, No 6, 1262–1278.
27. *Jaenisch, R. & A. Bird.* (2003). Epigenetic regulation of gene expression: how the genome integrates intrinsic and environmental signals. *Nature Genetics*, Vol. 33, No 3, 245–254.
28. *Khalil, A.S. & J.J. Collins.* (2010). Synthetic biology: applications come of age. *Nature Reviews Genetics*, Vol. 11, No 5, 367–379.
29. *Klingberg, T.* (2008). *The Overflowing Brain: Information Overload and the Limits of Working Memory*. Oxford, Oxford University Press.
30. *Kringelbach, M.L. et al.* (2007). Translational principles of deep brain stimulation. *Nature Reviews Neuroscience*, 2007, Vol. 8, No 8, 623–635.
31. *Packer, M.S. & D.R. Liu.* (2015). Methods for the directed evolution of proteins. *Nature Reviews Genetics*. 2015, Vol. 16, No 7, 379–394.
32. *Paton, R.* (1996). Metaphors, models and bioinformation. *BioSystems*, Vol. 38, No 2-3, 155–162.
33. *Peterson, J.K.* (2016). *BioInformation Processing: A Primer On Computational Cognitive Science*. Springer.
34. *Rose, N. & J.M. Abi-Rached.* (2013). *Neuro: The New Brain Sciences and the Management of the Mind*. Princeton, Princeton University Press.
35. *Venter, J.C. et al.* (2001). The sequence of the human genome. *Science*, Vol 291, No 5507, 1304–1351.

Информация об авторе

Желнин Антон Игоревич – кандидат философских наук, доцент, Пермский государственный национальный исследовательский университет, (ул. Букирева, 15, Пермь, 614990) antonzhelnin@gmail.com

Information about the author

Zhelnin Anton Igorevich – Candidate of Sciences (Philosophy), Associate Professor, Perm State National Research University, (15, Bukireva st., Perm, 614990) antonzhelnin@gmail.com

Дата поступления 22.04.2021