

От естественного к искусственному конструированию живых систем

Валентина Редникина

Самарский университет (Самара)

E-mail: valentina-8107@mail.ru

Аннотация. Вопрос о конструировании живого обуславливает трансформацию онтологии, возникающую вследствие глубокого проникновения технологий в живые системы. Речь идет о переоценке основополагающих категорий — таких как жизнь, искусственное и естественное, человеческая идентичность, — вызывающей сложнейшие этические, философские и правовые вопросы. Данное исследование фокусируется на науках о жизни, анализирует их специфику и классификацию. Прорыв в экспериментальных методах, особенно в молекулярной биологии и геномике, вывел бионауки на передовые позиции. Мы можем «читать» и «писать» геномы, моделировать жизнь на разных уровнях. Граница между органическим и неорганическим размывается. Это порождает новую онтологию, где молекулы рассматриваются не только как строительные блоки жизни, но и как носители информации, элементы сложных информационных систем. Живые организмы предстают как сложные саморегулирующиеся машины, поддающиеся инженерному вмешательству. Этот сдвиг превратил биологию в нечто большее, чем просто науку; она становится «технобиологическим искусством», сочетающим глубокое понимание жизни с возможностью ее целенаправленного конструирования и изменения. Классическое разделение на субъект и объект размывается. Биологические исследования все больше становятся интегрированными с цифровыми технологиями, создавая сложные компьютерные модели живых систем.

Ключевые слова: кибернетика, ДНК, синтетическая биология, генетика, живые системы, искусственный интеллект, цифровые технологии, CRISPR-Cas.

Для цитирования: Редникина В. (2025). От естественного к искусственному конструированию живых систем // Patria. Т. 2. № 3. С. 82–91.

doi: 10.17323/patria.2025.27622

From Natural to Artificial Design of Living Systems

Valentina Rednikina

Samara University (Samara)

E-mail: valentina-8107@mail.ru

Abstract. The question of constructing the living determines the transformation of ontology that arises as a result of the deep penetration of technologies into living systems. This is a reassessment of fundamental categories such as life, artificial and natural, human identity, which raises complex ethical, philosophical and legal questions. The study focuses on the life sciences, analyzing their specificity and classification. Breakthroughs in experimental methods, especially in molecular biology and genomics, have brought biosciences to the forefront. We can “read” and “write” genomes, model life at different levels. The boundary between the organic and the inorganic is blurred. This gives rise to a new ontology, where molecules are considered not only as building blocks of life, but also as information carriers, elements of complex information systems. Living organisms appear as complex self-regulating machines that can be engineered. This shift has turned biology into something more than just a science; it becomes a “technobiological art” that combines a deep understanding of life with the ability to purposefully construct and change it. The classical division between subject and object is blurred. Biological research is increasingly integrated with digital technologies, creating complex computer models of living systems.

Keywords: cybernetics, DNA, synthetic biology, genetics, living systems, artificial intelligence, digital technologies, CRISPR-Cas.

For citation: Rednikina V. (2025) "From Natural to Artificial Design of Living Systems", *Patria*, vol. 2, no. 3, pp. 82–91.

doi: 10.17323/patria.2025.27622

Применение к биологическим системам понятий информации и кодирования, управления и обратной связи, а также кибернетической методологии в целом обогатило трактовку многих традиционных биологических проблем и — что представляется более важным — содействовало постановке и разработке новых вопросов (например, о расшифровке генетического кода). Более того, эксперименты и научные исследования переживают революцию, связанную с широким внедрением компьютерного моделирования. По аналогии с экспериментами *in vivo* (на живом организме) и *in vitro* (в пробирке) эксперименты, проводимые с помощью цифровых технологий, получили название *in silico*. Это позволяет исследователям проводить виртуальные эксперименты, моделируя сложные биологические процессы, которые трудно или невозможно воспроизвести в лабораторных условиях. Метод «*in silico*» особенно ценен при изучении систем, состоящих из множества взаимодействующих компонентов, таких как метаболические сети, сигнальные пути или экосистемы.

Кибернетические идеи стали важным компонентом исследовательских программ и методик современной биологии, особенно в таких областях, как системная биология, синтетическая биология, биоинформатика и так далее:

Кибернетика изучает наиболее общие формы процессов управления сложными динамическими системами, передачи и переработки в них информации. Сложными динамическими системами называют системы, состоящие из множества взаимосвязанных структурных элементов, выполняющих определенные функции и способных к различным изменениям своего состояния в меняющейся среде (Шахнович, 1966: 7–8).

Например, системная биология — это междисциплинарная область науки, использует интегративный подход, объединяя данные из различных источников и применяя математическое моделирование для изучения взаимодействий между компонентами системы и прогнозирования ее поведения. Ключевым аспектом данного подхода является интеграция данных из различных высокопроизводительных методов, таких как секвенирование нового поколения (NGS, или Next-generation sequencing); данные ChIP-seq¹ позволяют определить места связывания транскрипционных факторов на геноме. Эти данные, в свою очередь, могут быть интегрированы с данными об экспрессии генов, полученными методами RNA-seq² или ДНК-микрочипов. Сравнение профилей экспрессии генов в диком типе и мутантных линиях по интересующему нас транскрипционному фактору позволяет выявить гены, прямо или косвенно регулируемые этим фактором. Более того, интеграция данных может включать информацию о взаимодействиях белок-белок (например, эксперименты по коиммунопреципитации в сочетании с масс-спектрометрией — Co-IP/MS)³, метаболических путях (полученных из геномных баз данных и экс-

периментальных данных о ферментативной активности), а также данные о взаимодействиях с окружающей средой. Транскриптомика, протеомика, метаболомика и прочие «омические» исследования, объединяющие данные о геноме, позволяют создать более полную и точную картину работы биологической системы:

Компьютерные модели транскрипции необходимы как для успешного предсказания особенностей экспрессии генов, так и для выполнения прикладных исследований, например, реконструкции регуляторных сетей, создания генетических конструкций с заданными свойствами, исследования механизмов заболеваний, канцерогенеза, поиска мишеней для лекарств, токсикологических исследований, выявления ключевых биомаркеров (Орлов и др., 2014: 85; также см.: Tucker, Marra, 2009).

Важность отрицательных обратных связей в поддержании гомеостаза живых систем, впервые предложенная Норбертом Винером и его коллегами, остается ключевым понятием. Они обеспечивают стабильность системы, компенсируя флуктуации и отклонения от оптимального состояния. Это иллюстрирует принцип «целое больше, чем сумма его частей», сформулированный Аристотелем, — принцип, который лежит в основе системной биологии. Взаимодействия между компонентами системы приводят к появлению новых свойств и функций, которые невозможно предсказать, просто суммируя свойства отдельных компонентов. Например, взаимодействие между белками в сигнальном пути может привести к нелинейным эффектам, таким как переключение системы между двумя различными состояниями.

Современные науки о жизни немыслимы без мощных вычислительных ресурсов, «волны новых технологий, рожденной четвертой промышленной революцией» (Шваб, 2016). Развитие методов машинного обучения и искусственного интеллекта дополнительно усиливает возможности бионауки в обработке и интерпретации больших данных:

Технологии четвертой промышленной революции — это не просто инструменты, а то, что может радикально изменить социальные системы и процессы, нормы, правила, ожидания, цели, организации и стимулы. В связи с этим они уже перестали быть просто технологиями и могут рассматриваться как системы, в которых при помощи этих технологий решаются проблемы человека и общества (Ястреб, 2020: 81).

Генная инженерия — это тоже набор «инструментов» по созданию искусственных генетических структур, в конечном счете — создание организмов с новыми наследственными свойствами. Еще в Средние века люди мечтали создать гомункулуса — маленького искусственного человека. Но тогда рассчитывали на магические силы. Теперь мы можем надеяться на возможности экспериментальной биологии. Однако несомненно, что скоро генетики окажутся в положении химиков-синтетиков, давно отошедших от образцов, заготовленных природой, и создавших огромный мир органических соединений, которые можно считать исключительным творением человека.

Успехи генной инженерии продемонстрировали, что содержание современной биологии уже не исчерпывается познавательной задачей — отражением окружающего живого мира и человека как его части, а показывает, что биология стала практически средством изменения этого мира

для удовлетворения нужд людей, сплетенных в сложный клубок социальных процессов:

Расширение возможностей генной инженерии, как, например, в случае с клонированием, делает даже наследственность технически модифицируемой. Все такого рода разработки в своей совокупности делают до сих пор недоступное, т. е. то, что ранее неизбежно рассматривалось как данное «самой природой», доступным для человеческого воздействия с помощью научной техники (Горохов, Грунвальд, 2011: 136).

Анализируя ход событий,

приведших к возникновению генетической инженерии, следует прежде всего отметить, что она не возникла подобно Афродите из морской пены и не принесла с собой нового видения биологических явлений, новых познавательных идей и необходимости ломки сложившихся представлений (при этом имеются в виду представления современные, а не 50-х годов). Понимание природы наследственности, ее проблематика остались прежними, но коренным образом изменились возможности проникновения в глубь явлений (Фролов, 1988).

Вопрос, который обычно задают в связи с генетической инженерией, таков: можно ли с ее помощью создавать новые организмы? Ответ на этот вопрос утвердительный. Однако необходимо сделать некоторые оговорки. Количество генетической информации, которой оперирует современный исследователь, невелико. Даже если бы оно было значительно увеличено, в искусственно созданных структурах информация не может быть организована так, как это необходимо для создания полностью нового организма.

Наши представления о структурной основе генетической регуляции еще очень несовершенны. В бактериальную клетку может быть введено только ограниченное число генов, и они способны изменить ее генетический статус лишь в некоторой мере. Но возможность вводить в клетку чужеродную информацию, относящуюся не только к другому биологическому виду, но даже типу, меняет положение. Кишечная палочка, содержащая функционирующие гены человека, — безусловно, новый организм. К примеру, Крейг Вентер синтезировал живую клетку, контролируемую химически синтезированным геномом. Только благодаря энтузиазму журналистов достижение приравнивали к созданию искусственной жизни⁴.

Генетическая инженерия представляет собой одну из самых революционных областей в науках о жизни, которая позволяет исследовать генетический материал и манипулировать им на молекулярном уровне. Основная особенность этой дисциплины заключается в том, что она предоставляет возможность воспроизводить и изменять ключевые генетические процессы, которые в природе происходят в рамках целого организма. В лабораторных условиях ученые могут изолировать, модифицировать и внедрять гены, что открывает новые горизонты в биологии и медицине. В отличие от естественного процесса, где гены функционируют в сложной системе взаимодействий внутри организма, в генетической инженерии исследователь становится своего рода архитектором. Он обращается с генами как с инструментами, которые можно адаптировать под конкретные нужды. Это может включать в себя как выделение фрагментов ДНК из природных источников, так и синтезирование новых последовательностей с нуля:

По мере развития научных исследований и техники был разработан метод CRISPR-Cas — на сегодня один из наиболее востребованных инструментов генной терапии. «Генетические ножницы» могут воздействовать на геном клеток *ex vivo* и *in vivo*. Хотя может показаться, что вырезание безопаснее вставления, так как ничего нового не добавляется, на самом деле это не так. Риск развития осложнений после применения генотерапии и CRISPR-Cas примерно одинаковый: всегда существует вероятность, что генетические ножницы вырежут что-то не там и уберут «ненужное» (Редникина, Ястреб, 2023: 36).

Важно отметить, что такие исследования требуют строгого контроля и соблюдения этических норм, чтобы минимизировать риски и обеспечить безопасность как людей, так и окружающей среды. Таким образом, генетическая инженерия представляет собой мощный инструмент, который при правильном использовании может значительно улучшить качество жизни и решить многие проблемы современности. Однако с этим инструментом приходит и ответственность, что требует от ученых и общества в целом осознания возможных последствий и этических аспектов использования таких технологий.

В фундаментальной концепции эволюции научной рациональности, предложенной В. С. Стёпиным, выделяется три исторических типа: классический, неклассический и постнеклассический. При этом последний

связан с серьезным принятием во внимание роли субъекта научной деятельности в производстве знания: используемых им средств исследования (система отсчета, приборы), его ценностей — не только внутринаучных, но и вненаучных, в частности и прежде всего этических. Это связано, как считал Вячеслав Семенович, с тем, что на этой стадии наука все больше начинает иметь дело с изучением самого человека, становится все более «человекоразмерной» и поэтому не может не считаться с человеческими нуждами и потребностями. Иными словами, наука становится в некотором смысле все более «человеченной» и «гуманизированной» (Наука и феномен человека..., 2023: 19–20).

Конструирование «живого» с помощью ИИ ставит перед нами множество этических и философских вопросов: что такое жизнь, что значит быть «живым» и каковы моральные обязательства, связанные с созданием новых форм жизни? Традиционно жизнь определяется через биологические признаки: метаболизм, рост, размножение и реакция на раздражение. Однако ИИ способен имитировать эти признаки, ставит под сомнение наши представления о том, что значит быть «живым»: «На наших глазах происходит становление искусственной природы третьего порядка, этот процесс связан с появлением интеллектуальных артефактов, искусственных понятий, или нечеловеческих форм рефлексии» (Нестеров, 2024: 91). Так, в 2024 году

компания Profluent предоставила OpenCRISPR-1⁵ — первый в мире генный редактор, созданный с помощью искусственного интеллекта. Для создания OpenCRISPR-1 был собран набор данных из более чем миллиона CRISPR-последовательностей. Это удалось благодаря систематическому анализу 26 терабайт собранных геномов и метагеномов. С помощью AI появилась возможность генерировать в 4,8 раза больше белковых кластеров, чем существует в природе (ИИ-революция..., 2024).

Подобные инновации требуют философского осмысления:

Цифровые трансформации и их влияние на субъектность. Это антропологическая революция или катастрофа? Обращаясь к аналогичной дилемме о влиянии цифро-

визации на человечество, В. А. Лекторский напоминает о поставленных в свое время Кантом вопросах, на которые должна ответить философия: что я могу знать, что я должен делать, на что я могу надеяться? Спрашивается: каков должен быть ответ на эти вопросы в контексте влияния ЦТ на субъектность? Известно, что сейчас большее внимание уделяется позитивным аспектам этого процесса, фактически в начале XXI века имеет место фетишизация ЦТ и ИИ (Дубровский и др., 2022).

Отчуждение от собственного тела — философская проблема, приобретающая особую остроту в условиях стремительного научно-технического прогресса. Мы наблюдаем не просто изменение восприятия, а коренной сдвиг в самом понимании того, что значит быть человеком. Тело перестает быть исключительно биологическим субстратом, оно становится объектом манипуляции, подвергается модификациям, дополняется технологиями, превращаясь в своего рода кибернетический артефакт (искусственные органы, импланты, микрочипы и так далее): «Уже введено в обиход понятие “постчеловек”, хотя и не всегда четко определяемое, но включающее в качестве составных смыслов идею изменения биологической основы человека» (Дубровский, 2013: 19). В информационную эпоху, когда данные и информация приобретают первостепенное значение, концепция материальности тела отступает на второй план. Наша сущность все больше определяется не просто физическими характеристиками, а сложными структурами, закодированными в нашем генетическом коде. Наше «я» размывается между биологическим телом и цифровым пространством.

Мы все чаще рассматриваем себя не только как биологический организм, но и как совокупность генетической информации, как носителей определенного кода, как набор больших данных, которые можно анализировать, изменять и даже воспроизводить. Наш генетический профиль становится неотъемлемой частью самоидентификации, определяющим фактором нашего самовосприятия. Мы начинаем мыслить в категориях генетической информации, генетической предрасположенности, генетической совместимости. Это приводит к тому, что человек уже воспринимается не как целостный субъект, а скорее как набор данных, как сложный алгоритм, считываемый и модифицируемый. Дефиниция «человек» в качестве *Homo sapiens* постепенно заменяется на *Homo digitalis*. Этот новый человек — не просто трансформация биологического организма, а существо, тесно связанное со своим цифровым следом, с потоками информации, с виртуальным пространством. Это заставляет нас переосмысливать понятия жизни, идентичности, индивидуальности, свободы воли, ответственности и так далее:

Жизнь, определяемая как процесс, который обладает способностью к самовоспроизводству при сохранении сложности, может проходить в своем развитии через три этапа: биологическая эволюция (Жизнь 1.0), культурная эволюция (Жизнь 2.0) и технологическая (Жизнь 3.0). Искусственный интеллект может позволить нам сделать Жизнь 3.0 реальностью уже в этом веке, а значит, нам пора начинать всерьез задумываться о том, к какому будущему мы должны стремиться и каким образом оно может быть достигнуто (Тегмарк, 2019: 27).

Мы стоим на пороге эпохи, которая «с характерным для нее интенсивным развитием биотехнологий проблематизировала возможность демаркации границы между технологическими артефактами и естественными

объектами» (Попова, 2017: 4). Это не просто вопрос технологического прогресса, а вопрос о нашем будущем, о нашем понимании самих себя, где биологическое и цифровое неразрывно переплетаются:

В наше время терминологическое обозначение этого планетарного события, введенное Э.Ласло, — Макросдвиг (у иных авторов это Большой антропологический переход) — вызывает пристальное внимание философов и ученых разных дисциплинарных направлений к попыткам разобраться в его причинах, движущих силах, перспективах дальнейшего развития сложившихся тенденций, свидетелями которых мы являемся, и прогнозированию будущего... В этой ситуации актуализируется гуманитарная составляющая трансформационных сил, ответственных за ценностно-конструктивный потенциал присутствия неизбывных во все времена представлений о Добре, Благе, Красоте, Истине, которые в явном и неявном виде сегодня вкладываются в обучающие множества нейросетей ИИ, закрепляя большие смыслы человеческого существования (Наука и феномен человека..., 2023: 7–8).

С возникновением генетической инженерии «экспериментальная биология вступила в новую фазу развития, которую можно назвать творческой. Ведь человек здесь выступает скорее в роли созидателя, а не робкого наблюдателя природы» (Баев, 2020). Значение генетической инженерии по мере усовершенствования ее методических приемов, несомненно, будет возрастать, и думается, что уже в ближайшие годы возможны крупные неожиданные прорывы в познании строения и функционирования генетического аппарата.

Генетическая инженерия, как и совокупность биологических направлений, обычно объединяемых названием «физико-химическая биология», нацелена на завтрашний день. Мир искусственных генетических структур станет таким же закономерным результатом достижений науки и техники, каким является сегодня мир искусственных соединений, синтезированных органической химией. И безусловно, воля людей может предупредить антигуманное использование возможностей генетической инженерии.

Будущее физико-химической биологии неразрывно связано с отношением человечества к окружающей среде. Прогнозировать ее развитие — значит предсказывать судьбу планеты. Два сценария развития событий кардинально меняют роль этой науки. Первый сценарий предполагает продолжающуюся деградацию природной среды под воздействием антропогенных факторов. Масштабная индустриализация, неконтролируемое потребление ресурсов, изменение климата и утрата биоразнообразия ведут к формированию искусственной среды обитания, радикально отличающейся от естественной. В этом случае физико-химическая биология превращается не просто в науку, а в ключевую технологическую дисциплину, обеспечивающую перестройку и адаптацию окружающего мира к нуждам человека.

Задачи технобиологии будут включать разработку и внедрение технологий — создание искусственных организмов, разработку новых материалов, имитирующих природные структуры, генетическое модифицирование организмов для выживания в экстремальных условиях и создание систем мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды на основе сложных математических моделей, учитывающих взаимодействие

биологических, химических и физических факторов. Например, разработка биосенсоров для оперативного обнаружения токсичных веществ станет критически важной, так же как и создание устойчивых к загрязнителям сельскохозяйственных культур с помощью генной инженерии.

Второй сценарий — это сценарий сохранения, когда человечество осознает необходимость бережного отношения к природе и станет принимать меры по ее сохранению. В этом случае физико-химическая биология будет играть не менее важную, хотя и другую роль. Усилия будут направлены на разработку методов защиты биологического разнообразия, на создание инструментов для мониторинга и прогнозирования изменений в экосистемах, на разработку методов устойчивого использования природных ресурсов. Важнейшим направлением станет разработка методов восстановления поврежденных экосистем (например биоремедиация), изучение влияния климатических изменений на биоразнообразие и разработка стратегий адаптации к этим изменениям. Например, исследования в области биогеохимии позволяют более точно предсказывать изменения в круговороте веществ и энергии в экосистемах, а разработка новых методов биомониторинга поможет оценить состояние природных ресурсов и эффективность мер по их охране.

В обоих сценариях физико-химическая биология занимает центральное место, играя решающую роль в определении будущего нашей планеты. Выбор между этими сценариями определяется нами — нашим отношением к природе и нашей способности к холистическому видению через трансдисциплинарный подход к проблематике:

Как пишет философ концептуального искусства Б. Гройс, «на протяжении долгого времени человеку онтологически отводилась средняя позиция между Богом и животным. При этом казалось более престижным стоять ближе к Богу и дальше от животного. Но в Новое время мы обычно располагаем человека между животным и машиной. В этом новом контексте кажется, что лучше быть животным, чем машиной». Привычный комментарий, что у AI будет только то, чему мы его обучим, — несостоятелен: у эволюции свои законы, и сложные системы любого генеза могут развиваться сами по себе, с мало предсказуемым результатом (Лекторский, 2022: 163).

ПРИМЕЧАНИЯ

¹ Иммунопреципитация хроматина с последующим секвенированием (ChIP-seq). Это метод, в котором используются антитела для избирательного обогащения ДНК-связывающих белков и их соответствующих мишеней в геномике.

² РНК-секвенирование — это метод для выявления наличия и количества молекул РНК в биологическом образце.

³ Это мощный аналитический метод, играющий ключевую роль в исследованиях взаимодействия белок-белок для идентификации белковых комплексов, кофакторов и сигнальных молекул.

⁴ В мире генетики был сделан очередной значительный шаг — синтезирование генома бактерии. Эта работа, безусловно, впечатляет своей технической сложностью и элегантностью, но заслуживает ли она столь масштабного общественного резонанса? Раздутая шумиха вокруг события, по всей видимости, преувеличивает его значение. Важно понимать, что речь не идет о создании искусственной жизни с заранее заданными, произвольно выбранными свойствами. Эксперимент не приближает нас к созданию чего-то принципиально нового, а скорее представляет собой усовершенствование уже существующих технологий. Следует отметить, что создание искусственного генома не означает понимания всех тонкостей его функционирования. Даже после успешной «перезагрузки» генома в клетку-реципиент нель-

зя гарантировать, что новый организм будет функционировать так же, как его природный аналог. Множество взаимодействий между генами и белками остаются пока неясными и требуют дальнейших исследований. Эксперимент К. Вентера — это скорее демонстрация возможностей, чем прорыв, готовый к практическому применению.

⁵ OpenCRISPR-1 способен: оптимизировать сразу несколько свойств, что может быть полезно при создании коммерческих проектов, ведь делает генную модификацию более быстрой и дешевой; предоставить доступ к еще большему разнообразию — с помощью AI появилась возможность экстраполировать на новые белковые пространства, которые еще не были освоены, тем самым выходя за рамки природных белков; активировать новые функции, ранее не доступные ученым.

ЛИТЕРАТУРА

Баев А. А. (2020). Различать действительность и фантастику // Мифология века НТР: Утопии, мифы, надежды и реальность новейших направлений науки: от Франкенштейна и эликсира бессмертия до «биокиборгов» и «постчеловека». М.: Ленанд. С. 27–29.

Горохов В. Г., Грунвальд А. (2011). Каждая инновация имеет социальный характер (Социальная оценка техники как прикладная философия техники) // Высшее образование в России. № 5. С. 135–145.

Дубровский Д. И., Ефимов А. Р., Лепский В. Е., Славин Б. Б. (2022). Фетиш искусственного интеллекта // Философские науки. Т. 65. № 1. С. 44–71.

Дубровский Д. И. (2013). Глобальное будущее 2045. Конвергентные технологии (НБИКС) и трансгуманистическая эволюция. М.: Изд-во МБА.

ИИ-революция в генной инженерии: OpenCRISPR-1 открывает новую эру в редактировании ДНК (2024). URL: <https://habr.com/ru/companies/bothub/news/810813/> (дата доступа: 20.02.2025).

Лекторский В. А. (2022). Человек и системы искусственного интеллекта. СПб.: Юрид. центр.

Наука и феномен человека в эпоху цивилизационного Макросдвига (2023) / ред. В.Г. Буданов. М.: Ин-т общегуманитар. исследований.

Нестеров А. Ю. (2024). Истина и польза в техническом мировоззрении // Философия науки и техники. Т. 29. № 1. С. 84–97.

Орлов Ю. Л., Васильев Г. В., Кулакова Е. В., Колчанов Н. А. (2014). Chip-seq данные и их анализ // Молекулярная и прикладная генетика. Т. 18. С. 84–97.

Попова О. В. (2017). Человек как артефакт биотехнологий. М.: Канон+.

Редникина В. Е., Ястреб Н. А. (2023). Типология и специфика философских проблем биологии // Семиотические исследования = Semiotic studies. Т. 3. № 4. С. 30–39.

Тегмарк М. (2019). Жизнь 3.0. Быть человеком в эпоху искусственного интеллекта. М.: Corpus (АСТ).

Фролов И. Т. (1988). Философия и история генетики: поиски и дискуссии. М.: Наука.

Шахнович М. И. (1966). Кибернетика и атеизм (Что дает кибернетика для критики религии?). Л.: Знание.

Шваб К. (2016). Четвертая промышленная революция. М.: Эксмо.

Ястреб Н. А. (2020). Этические и социальные последствия технологий четвертой промышленной революции // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Сер.: Познание. № 6. С. 79–81.

Tucker T. M., Marra J. M. (2009). Friedman Massively Parallel Sequencing: The Next Big Thing in Genetic Medicine // Am J Hum Genet. Vol. 85. № 2. P. 142–154.

REFERENCES

- AI Revolution in Genetic Engineering: OpenCRISPR-1 Opens a New Era in DNA Editing (2024), *Habr.com* (<https://habr.com/ru/companies/bothub/news/810813/>, accessed on 20.02.2025).
- Baev A. A. (2020) “Distinguish between Reality and Fiction”, *The Mythology of the NTR Century: Utopias, Myths, Hopes and Reality of the Latest Trends in Science: From Frankenstein and the Elixir of Immortality to “Bio-Cyborgs” and “Posthuman”*, Moscow: Lenand, pp. 27–29.
- Dubrovskij D. I. (2013) *Global Future 2045. Convergent Technologies (NBICS) and Transhumanist Evolution*, Moscow: Izdatel'stvo MBA.
- Dubrovskij D. I. et al. (2022) “Fetish of Artificial Intelligence”, *Filosofskie Nauki*, vol. 65, no. 1, pp. 44–71.
- Frolov I. T. (1988) *Philosophy and History of Genetics: Searches and Discussions*, Moscow: Nauka.
- Gorohov V. G., Grunval'd A. (2011) “Every Innovation Has a Social Character (Social Assessment of Technology as an Applied Philosophy of Technology)”, *Vyshee Obrazovanie v Rossii*, no. 5, pp. 135–145.
- Lektorskiy V. A. (2022) *Human and Artificial Intelligence Systems*, Saint Petersburg: Yuridicheskij centr.
- Nesterov A. Yu. (2024) “Truth and Usefulness in the Technical Worldview”, *Filosofiya Nauki i Tekhniki*, vol. 29, no. 1, pp. 84–97.
- Orlov Yu. L. et al. (2014) “Chip-seq Data and Its Analysis”, *Molekulyarnaya i Prikladnaya Genetika*, vol. 18, pp. 84–97.
- Popova O. V. (2017) *Human as an Artifact of Biotechnology*, Moscow: Kanon+.
- Rednikina V. E., Yastreb N. A. (2023) “Typology and Specificity of Philosophical Problems of Biology”, *Semioticheskie Issledovaniya. Semiotic Studies*, vol. 3, no. 4, pp. 30–39.
- Schwab K. (2016) *The Fourth Industrial Revolution*, Moscow: Ehksmo.
- Science and Human Phenomenon in the Era of the Civilizational Macroshift* (2023) (Budanov V. G. (ed.)), Moscow: Institut obshchegumanitarnykh issledovanij, p. 17–74.
- Shakhnovich M. I. (1966) *Cybernetics and Atheism (What Does Cybernetics Give to the Criticism of Religion?)*, Leningrad: Znanie.
- Tegmark M. (2019). *Life 3.0: Being Human in the Age of Artificial Intelligence*, Moscow: Corpus (AST).
- Tucker T. M., Marra J. M. (2009) “Friedman Massively Parallel Sequencing: The Next Big Thing in Genetic Medicine”, *Am J Hum Genet*, vol. 85, no. 2, pp. 142–154.
- Yastreb N. A. (2020) “Ethical and Social Implications of Fourth Industrial Revolution Technologies”, *Sovremennaya Nauka: Aktual'nye Problemy Teorii i Praktiki. Seriya: Poznanie*, no. 6, pp. 79–81.