Моделирование

DOI: 10.35634/UdSU.2026.81.80.003

УДК 511.3: 574

Ф.И. Маврикиди, С.А. Хорьков

ЧИСЛОВАЯ АСИММЕТРИЯ ДЛЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЭКОЛОГИИ: БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМАТИЗАЦИЯ МАТЕМАТИКИ

Люди повинуются законам природы, даже когда действуют против них. *И.В.Гёте*

Аннотация. Отмечено, что современные экологические и гуманитарные проблемы человечества поставили вопрос о необходимости изменения стиля мышления и пересмотра на этой основе научных методов познания Природы. Как оказалось, в тени физико-математической науки осталось много чисто математических, но нефизических фактов, которые могут лечь в основу интегративной или биологической математики. Основной посыл работы заключается в тождестве математического содержания фрактальной геометрии Природы, объектов мышления и тех предметов, что созданы человеком в процессе практической и теоретической деятельности. Философски – это единство противоположностей, возведенное в биоразнообразие как множественность парных противоположностей. Эмпирической основой работы является идея системных потенций фракталов. Фракталы позволяют объединить ранее разрозненные теории, факты, обобщения, которые впитала в себя теоретическая экология. Их формальным воплощением является числовая асимметрия, соединяющая вещественные и p-адические числа. Она существенно расширяет арсенал математического моделирования теоретической экологии и создает возможность развития формальной математической теории, имеющей экологическое содержание.

Ключевые слова: система, фрактал, двойственность, числовая асимметрия, теоретическая экология, биоматематика.

Для цитирования: Маврикиди Ф.И., Хорьков С.А. Числовая асимметрия для теоретической экологии: биологическая проблематизация математики // Управление техносферой: электрон. журнал, 2026. Т. 9. Вып.1. С. 27–49. DOI: 10.35634/UdSU.2026.81.80.003

Введение

Мышление и психика человека есть упущенное звено естественно-научной деятельности. Они играют особую роль в математическом

моделировании, то есть в использовании напрямую арсенала математического мышления в качестве инструмента познания мира. Человеческое мышление породило все науки, с его помощью человек ориентируется в Природе – создает, преобразует, творит. Очевидно, что все науки, в том числе и математику, порождает биология посредством человека. Но еще со времен кибернетики в науке сложилось мнение, что «правильное» мышление есть мышление математическое. Современные экологические и гуманитарные проблемы человечества поставили вопрос о необходимости изменения мышления и пересмотра на этой основе научных методов познания Природы. В этом случае острота вопроса должна быть направлена на содержание математического как антибиологического мышления.

Основной посыл действующего по сей день физико-математического стандарта естествознания заключается в *отрицательном мироощущении* – надприродном, сверхъестественном статусе математики, призванной к просвещению человека и устройству его жизни по непреложным законам и доказанным истинам. Однако прошедший век показал, что все теории во всех науках, построенные по физико-математическому стандарту – *логически стройные, предметно изолированные, семантически одномерные* и, потому абстрактные, имеют весьма ограниченную пригодность при погружении в *трансдисциплинарное* пространство-время жизни («Несмотря на то, что этот вывод логически безупречен, он глубоко ошибочен» Б.В. Раушенбах). И продавливание этих концепций в человеческую практику ведет к разрушительным последствиям. По сути дела, все надежды и ожидания улучшения жизни, построенные исключительно на научной основе, не оправдались. По-видимому, само понятие научности и научного метода сейчас нуждается в пересмотре. И если вспомнить характеристику И.Р. Шафаревича современной цивилизации как «математической» (неоднократно в разных формах повторенной), то, очевидно, что известный

тезис И.Канта раннего периода развития математики как о мере научности наук явил своё логическое продолжение – «Развитие наук лимитируется развитием математики». Время *детерминизмов* различного толка проходит.

Болезнь диагностирована давно, неадекватность научного образа Природы выражается текстами подобными экологическому манифесту [1]. Эта же мысль составляет содержание недавнего доклада Римскому клубу, в котором содержится много критики современного способа жизни человечества [2], но полностью отсутствует понимание способов избегания катастрофы [3].

Массированное вторжение техники в Природу сгенерировало реакцию *био-ноо-сферы* в лице Человека в виде большого количества научных теорий, гипотез, правил, инженерных методов охраны и обустройства природной среды, направленных на согласование жизни человека с Природой [1]. За многочисленными исследованиями этой проблемы, прогнозами, обобщениями и философией техники незримо и непоколебимо стоит квинтэссенция научности – математика. Именно её основания оставались неизменными в течение всего научно-технического прогресса, который, в этом смысле, топтался на месте. Они экспортировались и в экологию как образец «научного» мышления. Семантический, т.е. *до-теоретический* и *пред-аксиоматический*, анализ оснований математики приводит к выводу, что человечество в отношении к природе должно перейти от математической абстракции, включающей в себя аксиому выбора, к биологическому принципу единства организма и среды, с аксиомой ограниченного выбора. Аксиома выбора постулирует существование неограниченного пространственно-временного и материального ресурса для осуществления любых математических манипуляций. Пока она остается на бумаге, никаких неприятностей не происходит. Но при воплощении математических моделей в технике, для их работоспособности, приходится воплощать и аксиому выбора,

т.е. обеспечивать воплощенные математические конструкции бесконечными ресурсами.

Как следствие, при нарастающей научно-инженерной активности наблюдается отсутствие единства и согласованности их усилий. Эта проблема составляла содержание биологической ветви кибернетики и системного анализа второй половины XX века. Техническая ветвь кибернетики сегодня прогрессирует на волне взрывного развития теоретической информатики [4]. Но хотя биология является эталоном для математических моделей сложных систем, в этом направлении успехи значительно скромнее и сконцентрированы вокруг материального полюса науки – молекулярной биологии, генетики. Другой полюс, представленный теорией развития больших эко-, техно-, агро -, гео – систем, пока не имеет последовательной теории. Это лишает инженерные методы охраны Природы обоснованности, создающей перспективу их результатам, подобно «гарантийному сроку» метода в данных условиях. Несогласованность научных теорий резко контрастирует с согласованностью природных процессов и явлений и «недизъюнктивностью человеческой мысли» (А.В.Брушлинский). Что, в свою очередь, препятствует становлению экологического мышления и развитию природоподобных технологий.

Кроме того, очень важным и остающимся в тени научной парадигмы является необходимость выработки системы запретов – «то, чего нельзя делать ни при каких условиях» (Н.Н.Моисеев). Эта ситуация аналогична медицинской диагностике, что в корне отлично от физико-математического прогноза. Выводы и рекомендации диагностики обращены как вовне, так и внутрь человека, в то время как «научный прогноз» монологичен и категоричен – это лабораторная позиция от третьего лица [5]. С этой точки зрения экология есть наука о таком взаимодействии Человека, Техники и Природы, которая способствует поддержанию и передаче жизни, той, которая будет способна производить и технику, и саму себя в будущем. Экологические проблемы и есть

проблемы учёта взаимно-обратимого, двустороннего влияния, которое диктуется не физикой, но физиологией Природы.

Цель работы. Однако, как оказалось, не вся математика вовлечена в естествознание. В тени физико-математической науки осталось много *чисто* математических, но *нефизических* фактов, которые могут лечь в основу интегративной или биологической математики, о необходимости которой говорилось в период становления кибернетики. Эти факты позволяют избавиться от абстрактной агрессивности оснований математики и направить усилия на взаимодействие с Природой. Цель настоящей работы заключается во введении этого арсенала в практику теоретической экологии. Эмпирической основой работы является идея системных потенций фракталов. Фракталы позволяют объединить ранее разрозненные теории, факты, обобщения, которые впитала в себя теоретическая экология – аллометрические зависимости, биоэнергетику, биоразнообразие, биотермодинамику, идеи взаимозависимости явлений, собственно фрактальные представления, идеи о взаимоопределяемости человека и Природы. Многие частные расчетные инженерные зависимости сохраняются и естественным образом интегрируются в предлагаемый подход.

Авторы ограничиваются логико-топологическими основаниями науки. Хорошо известно, что в теоретической экологии существует множество законов и эмпирических зависимостей, которые, тем не менее, лишены общетеоретической основы, что сильно ослабляет их общеобязательную силу, которая присуща точным наукам. Как показала практика, без надежной теоретической основы, связи со всем арсеналом науки и культуры рассчитывать на экологизацию мышления преждевременно.

Основной посыл работы заключается в тождестве математического содержания фрактальной геометрии Природы, объектов мышления, и тех предметов, что созданы человеком, т.е. естественных, технических

и гуманитарных [6]. Философски – это единство противоположностей, возведенное в биоразнообразие как множественность *парных противоположностей*. Такие противоположности известны в естествознании как парадоксы, дополнительности, оппозиции, например, «притяжение-отталкивание», «растяжение-сжатие»; «дивергенция-конвергенция» «материя-символ»; «энтропия – негэнтропия» и др. В традиционной математике – это противоречия, неразрешимости, двойственности. Неразрешимые задачи математики – это такие, решение которых не устраивает математиков, но которые органичны Природе.

Единство указанных оппозиций обеспечивается формализмом числовой асимметрии, объединяющей все разделы фрактальной теории, и, потому, в качестве общего знаменателя, способной отражать взаимодействия между их сторонами. Числовая асимметрия есть расширение арсенала моделирования за счет введения в его основы p-адических чисел наряду с вещественными числами. Все необходимые факты приведены в работах авторов [7, 8, 9]. Здесь даются лишь ссылки на литературу, не вошедшую в ранние работы, либо имеющие принципиальный для понимания проблемы характер.

Двойственность Человека, Природы и науки. Из всего опыта применения математики выделяется проступающая сквозь толщу *эмпирических* фактов биполярная, двойственная природа естествознания. Все науки имеют структуру, которую можно представить метафорой букета цветов. На одном полюсе располагаются частные науки материалистического содержания – минералогия, петрохимия, биохимия, молекулярная биология, материаловедение, модели математической физики, микроэкономика. Другой полюс представлен эволюционными теориями биологии, геологии, социологии, экологии, макроэкономики. Первый полюс *многочисленно качественно однообразен*, второй – есть *единство качественного разнообразия*. Внизу превалирует материя, вверху материя растворяется в связях между своими

частями. Объекты и процессы первого полюса наблюдаемы и, как правило, хорошо определимы, второго – ненаблюдаемы и трудно поддаются определениям. Пространство естествознания проявляет себя как существование циклов, иерархических структур, плотной сети связей и цепочек различного вида и назначения. Эта сложная геометрия отражается сложной топологией материи и движений.

Сама экологическая материя привлекает постоянное внимание исследователей. В ней угадывается некое тонкое, одушевленное содержание, которое проявляется как ответная реакции Природы на технику, но которое не улавливается научной сетью. Такие метафоры, как «Живая Земля» (Дж.Лавлок), «Мир как текст» (Т. Мертон), «Мир как сознание» (панпсихизм), «Микрокосм и макрокосм» (во всей истории человечества), стали неотъемлемой частью экологической проблематики. Прочно вошло в научную практику понятие информации как содержание биологической материи (Г.Патти).

Несмотря на наличие этого невещественного субстрата, человек и весь биологический мир остаются вне научного анализа проблемы. Более того, они отвергаются наукой – «Бытие закона есть небытие человека» [10], несмотря на то, что понятия науки одновременны с существованием человека. Отсюда – бытие человека есть небытие Природы. Курьёзным фактом является то, что, говоря о законах Природы, современная наука не состоянии ни доказать её существование, ни описать её научно. Попытки дать определение Природы как «Все существующее» выводят за пределы точной науки – оба эти слова являются недопустимо парадоксообразующими. Поэтому стандартная математическая теория экологии является бесплодной.

Системный характер экологии. Общепринято считать, что экология представляет собой биологическую дисциплину, исследующую структуру и функционирование систем, которые располагаются в пространстве и времени выше уровня организмов (популяции, ценозы, сообщества, экосистемы),

причем условия их рассмотрения являются как естественными, так и изменёнными человеком. Существует также расширительное толкование экологии, оно представлено в [11]. Здесь экологию рассматривают через некоторые аспекты изучения системы «Природа - Общество», т.е. своеобразную социоэкологию. Первый аспект имеет биологический характер и представляет собственно экологию, второй аспект есть совместное исследование рационального природопользования, он соединяет биологию и экономику, и, наконец, третий аспект имеет социальный характер, сочетающий биологию, экономику и социологию.

Если прикладная экология изучает механизмы разрушения биосферы человеком и разрабатывает принципы рационального использования природных ресурсов, то теоретическая экология изучает общие закономерности организации жизни. В основании теоретической экологии, как и любой другой теоретической дисциплины, лежат концепции, принципы и закономерности. Проблемы экологии относят к кругу общей теории систем. В [11] в качестве концептуального ракурса представлен системный подход и приведены восемь основных принципов теоретической экологии.

1.Принцип иерархической организации позволяет соподчинить друг другу как естественные, так и искусственные системы. Общесистемный принцип, привлекающий сегодня пристальное внимание в связи с пониманием причинности и динамики иерархических систем.

2. Принцип несовместимости Лотфи Заде: чем глубже анализируется реальная сложная система, тем менее определенны наши суждения о ее поведении. Модели естественных систем в направлении развития точности и контроля быстро сталкиваются с «проклятием размерности» – экспоненциального нарастания числа необходимых параметров и уравнений. Модель непоправимо разрастается, связи переплетаются, и смысл рассеивается.

3. Принцип множественности моделей В.В.Налимова: для объяснения и предсказания структуры сложной системы возможно иметь нескольких моделей. Этот контрматематический принцип связан в кибернетике с именами Р. Розена и Н.Н.Моисеева. Он предполагает множественность математической истины, т.е. истинность разнообразия, что прямо ведет в биологию.

4. Принцип контринтуитивного поведения Джея Форрестера: дать удовлетворительный прогноз поведения сложной системы, опираясь только на собственный опыт и интуицию, практически невозможно. Этот принцип утверждает, что моделирование системы *in vitro*, до её движения, с позиции третьего лица невозможно. Модель системы совпадает с её собственной эволюцией. Иными словами, моделирование возможно только *in vivo*. Такое стало возможным с развитием компьютерных технологий и цифровых, сетевых моделей реальности.

5. Принцип осуществимости Флейшмана отличает математические модели от моделей сложных систем. Первые должны быть логически непротиворечивы, а вторые должны иметь осуществимый алгоритм. Этот принцип есть синтез первых трех.

6. Принцип формирования законов: постулируются осуществимые модели, а из них в виде теорем выводятся законы сложных систем. Переформулировка четвертого принципа с некоторыми дополнениями.

7. Принцип рекуррентного объяснения: свойства систем данного уровня иерархической организации мира выводятся в виде теорем из свойств подсистем нижестоящего уровня. Основан на понимании причинности в иерархических системах Природы.

8. Принцип минимаксного построения моделей: теория должна состоять из простых моделей (min) систем нарастающей сложности (max). Примером этого положения являются современные цифровые автоматные модели

сложных систем – объединение простых алгоритмов в иерархическую структуру со сложной причинностью.

Несмотря на то, что в своё время эти положения, найденные эмпирически большим числом ученых, не получили своего формального выражения, в них явно видно единство человека и природы – они были найдены работой психики человека. Введение фракталов в арсенал науки делает возможным оснастить их формально.

Анализ перечисленных принципов в контексте теории фракталов показывает, что они позволяют построить теоретическую дисциплину, описывающую, объясняющую и решающую значительную часть проблем теоретической экологии. В то же время совокупность перечисленных принципов не охватывает весь круг сложных вопросов, обусловленных очевидной двойственностью окружающей действительности. Выражением этой двойственности является принцип дополнительности (комплементарности), он же в указанном контексте есть принцип числовой асимметрии, гносеологический смысл которого заключается в том, что для глубокого понимания природы требуется, по крайней мере, два взаимоисключающих дополнительных понятия, что, конечно, не допускается традиционной математикой.

Хорошо известно, что стандартная математика тщательно избегает парадоксы. Однако опыт показывает, что эта естественно-природная реальность, будучи логической двойственностью или дополнительностью, присуща и математике, и биологии, и психике человека. Это позволяет кардинальным образом изменить основу теоретической экологии, введя в неё биологию с подходящим формальным инструментарием.

Показано, что топология *плоти* всех органов и функций человека является фрактальной. [12]. Тем самым внутренний мир есть фрактал, что подтверждено, по большей части косвенно, многочисленными работами по

фракталам в биологии и медицине (темы *fractals in biology and medicine, fractal physiology and chaos in medicine* – англ., имеющие характер накопления разнообразия). Отдельно выделим нервную систему – все проявления фрактальности, самоподобия в пространстве и/или времени идентифицированы на всех уровнях нервной организации [13]. Это общая ситуация в биологии всех уровней [14]. О натуралистическом образе внешнего мира тоже много сказано материальной наукой – внешний мир также фрактал [6].

Поэтому можно считать оба этих мира единой объективной *невещественной* реальностью. И все дело в том, что такая реальность математически содержательна – это нульмерные множества Мириманоффа, *p* адические числа и многие результаты нефизической и нетехнической ветви математики. Наука и жизнь, биология и математика, человек и машина – эти оппозиции являются глобальными в мировоззрении человечества. Поэтому нефизическая математика напрашивается на определимость своего содержания биологической реальностью.

Парадоксальность биоматематики. Биология составляет ядро теоретической экологии и дисциплин всех разделов науки о жизни – от клеток до социумов. Недостаток физико-математического подхода к моделированию биологии не раз отмечался исследователями (Бернштейн Н.А., Анохин П.К., Брушлинский А.В., Шрейдер Ю.А., Моисеев Н.Н.) [15]. Известный диагноз И.М. Гельфанда о «непостижимой неэффективности математики в биологии» сегодня развился в *биоматематику* – поиск биологических структур в математике [16]. Она формируется в противовес математической биологии – втискиванию биологии в математику, когда сначала «странным образом формулируется математическая модель, а затем под неё подгоняется биологическая проблема» (П.К. Анохин).

Поэтому решение экологических проблем, предполагающее логическую связность, которая позволит избежать «гидры эмпиризма» (И.В. Гёте), и

создаст основу согласования существующих научных и инженерных практик [17], невозможно без сколько-нибудь содержательного формального воспроизведения биологической реальности математикой.

Существенным отличием биологических объектов от физических является *анатомия*, т.е. особым образом представленная структурированность/делимость/разложимость пространства, времени и материи. Это понятие определяет всё остальное. Она исключает механическую определимость, т.е. материальные точки физики – материнские понятия для математики. Биология с точки зрения математики недопустимо качественно разнообразна, организмы обладают активностью, правилом их существования является исключение из правил, они устойчивы в движении. Чистота эксперимента физики и определимость математики, которые являются синонимами исчерпывающего контроля, заменяются принципом единства организма и среды. Абстракция отделения уступает место абстракции взаимопроникновения. Линейное развитие – «поступь прогресса» локально, глобально – «циклы, состоящие из циклов». Пустое пространство-время Ньютона существует очень локально, это лабораторные масштабы, глобально – существование в контексте.

Для такого шага – перехода к (био)математике, имеются как эмпирические, так и теоретические основания. Эмпирические основания доставляет теория фракталов. Истинные, нефизические фракталы являются невидимыми, неслышимыми, неощущаемыми, тонкими – внепространственными множествами, нульмерными сущностями по терминологии математики. Они по известной теореме из геометрической теории меры могут порождать как материю, так и символ – «*ничто, которое есть всё*». Внепространственным феноменом является психика и сознание Человека. В нём содержится и вся созданная им наука. Поэтому эта теорема есть не что иное, как отправная точка ноосферных идей.

Фракталы есть множества с *анатомией*, высказывания/формулировки с *планом содержания*. Они *многомодальны*, как психика человека, и представляют собой *двойной модус мышления* – и *словами*, и *образами*. Они качественно разнообразны, как биология, совмещают в себе все восемь перечисленных выше характеристик системности и наполняют их математическим числовым содержанием.

Поэтому фракталы представляют собой перспективного кандидата на роль метафоры Живой Земли, антропо- и биоморфного Космоса. Это перспектива развития экологизации мышления человечества и формирования стратегии устойчивого развития.

Поскольку изложение работы основано на математических фактах, которые не входят в образовательные курсы единым планом и практически неизвестны, авторы кратко её описывают с тем, чтобы избежать порочного стиля физико-математической науки – «это невозможно представить, но наука это доказала».

Некоторые положения фрактальной математики. Её основой является идея системных потенций фракталов, проявляющая себя в Природе, в психике людей и в продуктах их практической и теоретической деятельности. Её всеобщее проявление представлено оппозициями. Пара «атомизм – анатомия» представлена в математике парой «аксиома фундирования *FA (foundation axiom – англ.)* – аксиома антифундирования *AFA (antifoundation – англ.)*». Ей соответствуют пара «материальные множества Кантора – нульмерные множества Мириманоффа», пара основных числовых систем «вещественные R – p-адические Z_p», называемая числовой асимметрией. В логике это оппозиция формальных систем К.Гёделя «непротиворечивые и неполные» – М. Пресбургера «непротиворечивые и полные». В геометрии – «евклидова – гиперболическая». Формальная система Пресбургера является интерпретацией *2*-адических чисел Z_2 и вводит в моделирование *образы* –

целостные образования, состоящие из раздельных, но связанных объектов. Арифметика Пресбургера, метафорически, это кисточка, веер определимостей-доказательств, каждое из которых отрицает остальные. Это логика разнообразия и дополнительности истины, в отличие от линейной, сжимающей логики. Это ключевое отличие биоматематики от математической физики. Вместе с аксиомой анатомии/антифундирования она позволяет моделировать системы, организмы, популяции, ареалы обитания, экологические ниши, в сочетании с вариациями природных условий – географических, климатических, геологических и даже этнических ментальных [1]. Это требует отдельного цикла работ по согласованию базовых фактов. Такие образования обладают гиперболической геометрией, что сегодня является предметом науки о нейросетях, новом методе моделирования сложных систем столь же разной природы [18]. Эти формальные математические оппозиции предлагаются в качестве основы моделирования биологического ядра теоретической экологии.

В Природе эти оппозиции отражают динамику универсальной пары процессов «сжатие, конвергенция, энергия, материализация, кристаллизация, … - расширение, дивергенция, энтропия, идеализация, диспергирование, …», синонимы которых известны во всех науках. В науке – это пара «точные - гуманитарные», в математике – «физика - теоретическая информатика». Этот разноприродный пучок топологически и геометрически эквивалентных интерпретаций отображается числовой асимметрией. Её особенность в том, что 2-адические числа Z_2 подобно сложному белому свету, состоят и интерпретируются различной физико-химией явлений и языка. Это свойство нульмерных множеств обобщается в голограмму, в которой каждое явление оказывается связанным с каждым, и дальнодействие (чистота эксперимента) уступает место близкодействию (единству объекта и среды). Такое расширение

аксиоматики превращает математическую физику в *биоматематику*, как бы вдыхая жизнь в косную материю.

Весь этот спектр явлений анатомии природы наблюдается парой «разум отражающий - разум проникающий», т.е. «чувственное - умное» зрение/наблюдение [19].

Полезно рассмотреть экономику – главного природного агрессора, в биологическом пространстве. Либерализм и монетаризм тождественны математической абстракции, индивиды – атомам, мотивы – силам. В итоге теоретическая экономика есть клон теоретической механики. Так же, как и в других науках, эволюционные представления не сложились – тому пример неустранимая многочисленность и вариативность различных прогнозов. Вообще рассуждать об экономике, о социуме без биологии Человека и экологии Природы очень рискованно.

Логика биоматематики. Описанная двойственность биоматематики представляет собой аксиому в виде *парадокса Лжеца* – истинным является сопряжение утверждения *P* со своим отрицанием *не-P*:

$$\text{истинно } (P \text{ и } \textit{не-}P), \text{ или, формально } \models P \wedge \neg P$$

Общая естественно-научная необходимость её существования предсказана И. Кантом: «Ясно, что должно существовать нечто третье, однородное с одной стороны с категориями, а с другой с явлениями. Это посредствующее представление должно быть чистым (не заключающем в себе ничего эмпирического), и, тем не менее, с одной стороны, интеллектуальным, а с другой – чувственным».

Она конкретизирована В.Г. Пановым посредством введения в логику понятия субъективизированного объекта, посредника, связывающего чувственное и рациональное и тем самым очеловечивающего природу: «… должен существовать и материальный носитель, связывающий вещественные элементы, «кирпичики» в упорядоченную целостность, в систему всех систем.

Этот носитель в отличие от вещественного, «телесного» субстрата мира может быть назван его невещественным субстратом, существующим в единстве с вещественными элементами (например, с телом человека) и составляющим в таком единстве субстанцию всего мироздания как объективной реальности. Бестелесные, невещественные части бытия присутствуют в любых материальных системах и могут быть (по аналогии с физической реальностью) названы полями в самом широком смысле» [20].

А.Н.Паршин формулирует двойственность как общенаучный принцип дополнительности. Поэтому понятия антиномия, парадокс, двойственность, бинарность, дополнительность по смыслу есть синонимы: «… антиномия – это противоречащие друг другу высказывания об одном и том же, но делаемые в разных дополнительных ситуациях. Короче, можно сказать, что антиномия = дополнительность.» [46].

Эти неформальные решения имеют формальное обоснование в виде теоремы Дж.Майхилла, которая устанавливает основное свойство системы (арифметики) Пресбургера – в ней есть отрицания, но нет противоречий: «если в формальной системе вместе с P доказуемо и его отрицание $\neg P$, то в этой системе можно формализовать понятие истины» [47].

Заметим, что парадокс Лжеца формулируется не только в отношении «субъект – объект», но и как пара «внутреннее – внешнее», «материя – символ». Иными словами, как «организм – внешняя среда», «техногенная система – Природа».

Описываемую аксиоматическую ситуацию поддерживает теория моделей. Этот упущенный в образовании раздел математики располагается между восприятием/наблюдением и формализацией/уравнениями. Мысли Канта, Панова, Паршина и Майхилла обосновываются теоремой Бета и интерполяционной леммой Крейга следующим образом. Для связи противоположных сторон P и $\neg P$ (P и *не-P)* необходим *посредник*,

воплощающий логическое следование $\rightarrow$, то есть связывающий восприятие человека с внешним миром, переводящий *субъективное* в *объективное*, делающий истинным и логически состоятельным парадокс Лжеца. Связи сторон в оппозиции через посредника имеют вид:

$$P \rightarrow (P \rightarrow \neg P) \rightarrow \neg P .$$

Таким образом, посредник должен иметь общее как с субъективной психикой, так и с объективным явлением, то есть быть *субъективизированным объектом*. Он и появляется в лемме Крейга в виде *интерполянта*. Теорема Бета и лемма Крейга в нашем случае принимают вид:

если $P \rightarrow Q$, *то существует интерполянт* $[pq]$, *такой, что*

$$P \rightarrow [pq] \text{ и } [pq] \rightarrow Q$$

для парадокса Лжеца $Q = \neg P$ и $[pq] = P \wedge \neg P$.

Иными словами, в самой математике существует вполне достаточное основание для развития своей биологической версии. Более полно это логическое содержание разворачивается в числовой асимметрии.

Все описанные выше оппозиции, двойственности, парадоксы объединяются в понятии *функциональная асимметрия Природы. С*уществование универсальных формообразующих пар «притяжение-отталкивание», «сжатие-расширение», «конвергенция-дивергенция», «агрегация, уплотнение, материализация, суммирование - диссипация, рассеяние, идеализация, избирательность», «энтропия - экстропия» [21] является проявлением пары сил – притяжения и отталкивания [22], которые под разными названиями известны во всех науках.

Их равнодействующими являются фракталы, которые концентрируют все эти пары. Числовая асимметрия вместе с интерпретациями p-адических чисел является формальным аналогом всех природных явлений, теорий, текстов, позитивных и негативных суждений, доказательств и опровержений. Поэтому интегративной роли биоматематики соответствует универсальность

двойственности фракталов (M. Barnsley «Fractals everywhere» – фракталы повсюду) и систем (Л.фон Берталанфи «Системы повсюду») с их паранепротиворечивой логикой (G. Restall «Paraconsistency everywhere» – паранепротиворечивость повсюду).

С точки зрения стандартной математики мы имеем дело с неразрешимостью (K.Svozil «Undecidability everywhere» – неразрешимость повсюду), типичностью вариативности аксиом (C. Calude et.al. «Independence is typical» – независимость аксиом типична), невычислимостью, порождаемой универсальными вычислениями. Эта универсальность есть проявление языка как *alter ego* фрактальной геометрии (S. Marcus «Words and Languages Everywhere» – слова и языки повсюду). Так внепространственные, нульмерные, невидимые множества оказываются подлежащими всей видимой реальности.

Выводы. Главным требованием, которое предъявляет общая теория систем к математике, является согласование её положений с базовыми понятиями и результатами частных наук – биологии в особенности. Разбор феноменологии математики показал, что в математике существует линия результатов, имеющая явно выраженный биологический смысл. Она позволяет надеяться на развитие биологически ориентированной теории, которая может служить кандидатом на роль формализации экологических проблем.

Эмпирической основой работы является идея системных потенций природных фракталов. Она позволяют объединить ранее разрозненные теории, факты, обобщения, которые впитала в себя теоретическая экология.

Формально природные фракталы можно представить числовой асимметрией. Она есть расширение арсенала моделирования за счет введения в его основы *p*-адических чисел наряду с вещественными числами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Реймерс Н.Ф. Экология. Теории, законы, правила, принципы и гипотезы. М.: Россия молодая, 1994. 367с.
2. Weizsäcker E., Wijkman A. Come On! A Report to the Club of Rome. Springer, 2018, 220p.
3. Московкин В.М. Доклад римского клуба: оргии самокритики // Наука, Искусство, Культура. Вып. 2(8), 2018. С.126 – 145.
4. Игнатьев М.Б. Кибернетическая картина мира. СПб: ГУАП, 2010. 416 с.
5. Colyvan M., Ginzburg L.R. Laws of nature and Laws of ecology// Oikos 101:3 (2013), pp. 649 – 653.
6. Frame M., Urry A. Fractal Worlds Grown, Built, and Imagined. Yale Univ. Press, 2016, 515 p.
7. Маврикиди Ф.И. Числовая асимметрия в прикладной математике. М.: Дельфис, 2015. 414 с.
8. Хорьков С.А. Проблема расчета электропотребления многономенклатурного цеха промышленного предприятия, модели и методики для её решения. Ижевск: Издательство ИжГТУ им. М.Т. Калашникова, 2019. 123 с.
9. Хорьков С.А., Маврикиди Ф.И. Техноценозы, системы и их модели. Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2025. 310 с.
10. Селиванова В.И. Этюды об экстраполяции. М.: ВЗПИ, 1991. 223 с.
11. Розенберг Г.С., Рянский Ф.Н. Теоретическая и прикладная экология: Учебное пособие. – 2-е изд. // Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. пед. ин-та. 2005. 292 с.
12. Ткачева Л.О. Воздействие фрактальных динамических изображений на функциональное состояние человека // Вестник СПбГУ. Сер. 12, 2010, вып. 2, С.378 – 387.
13. Werner G. Fractals in the nervous system: conceptual implication for theoretical neuroscience // Frontiers in Physiology 2010, vol.1, art.15 p.1 – 28.
14. Gisiger T. Scale invariance in biology//Biol.Rev. 76, 2001, pp.161 – 209.
15. Математическое моделирование в экологии / В.Н. Тутубалин, Ю. М Барбашева, А.А. Григорян, Г.Н. Девяткова, Е.Г. Угер. М.: Языки Русской культуры, 1999. 134 с.
16. Gartle S., Marshall P., Kauffman S. The Reasonable Ineffectiveness of Mathematics in the Biological Sciences // Entropy 2025, 27, 280. https://doi.org/10.3390/e27030280].
17. Розенберг Г.С. Введение в теоретическую экологию. / в 2-х т., Тольятти: Кассандра, 2013. 565 с.
18. Ganea O.E. Hyperbolic Neural network// arXiv:1805.09112v2 [cs. LG] 2018.
19. Герасимова И.А. Природа живого и чувственный опыт// Вопросы философии, 1997, №8. С.123 – 134.

20. Панов В.Г. Мифы. Эмоции. Разум. М.: Высш. шк., 1992. 252 с.

21. Ауэрбах Ф. Царица мира и её тень. Одесса: MATHESIS, 1913. 50 с.

22. Winslow C.F. Force and Nature. Attraction and Repulsion. McMillan, 1869/483 p.

Поступила в редакцию: 12.11.2025

Сведения об авторах

Маврикиди Федор Иванович
к.т.н., с.н.с. Институт проблем нефти и газа Российской академии наук, Москва, Россия.
E-mail: mavrikidi@mail.ru

Хорьков Сергей Алексеевич
доцент кафедры теплоэнергетики, Институт нефти и газа им. М.С. Гуцериева, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Удмуртский государственный университет», 426034, ул. Университетская, 1/7, г. Ижевск, Россия.
E-mail: horkov_07@mail.ru

F.I. Mavrikidi, S.A. Khorkov

NUMERICAL ASYMMETRY FOR THEORETICAL ECOLOGY: BIOLOGICAL PROBLEMATIZATION OF MATHEMATICS

People obey the laws of nature,
even when they act against them. I.W. Goethe

Annotation. It is noted that modern ecological and humanitarian problems of humanity have raised the question of the need to change the style of thinking and, on this basis, to revise the scientific methods of cognition of Nature. As it turned out, many purely mathematical, but non-physical facts remained in the shadow of physical and mathematical science, which could form the basis of integrative or biological mathematics. The main message of the work lies in the identity of the mathematical content of the fractal geometry of Nature, objects of thought, and those objects that are created by man in the process of practical and theoretical activity. Philosophically, this is the unity of opposites, elevated into biodiversity as a multiplicity of paired opposites. The empirical basis of the work is the idea of systemic potentialities of fractals. Fractals make it possible to unite previously disparate theories, facts, and generalizations that theoretical ecology has absorbed. Their formal embodiment is numerical asymmetry, connecting real and p-adic numbers. It significantly expands the arsenal of mathematical modeling of theoretical ecology and creates the possibility of developing a formal mathematical theory with ecological content.
Keywords: system, fractal, duality, numerical asymmetry, theoretical ecology, biomathematics.

For citation: Mavrikidi F.I., Khorkov S.A. [Numerical asymmetry for Theoretical Ecology: biological problematization of mathematics]. *Upravlenie tekhnosferoi,* 2026, vol. 9, issue 1, pp. 27–49. DOI: 10.35634/UdSU.2026.81.80.003. (In Russ.).

REFERENCES

1. Reimers N.F. Ecology. *Teorii, zakony, pravila, printsipy i gipotezy* [Theories, Laws, Rules, Principles, and Hypotheses]. Moscow: Rossiya molodaya, 1994, 367 p. (In Russ.).
2. Weizsäcker E., Wijkman A. Come On! A Report to the Club of Rome. Springer, 2018, 220 p.
3. Moskovkin V.M. Doklad rimskogo kluba: orgii samokritiki [The Report of the Club of Rome: Orgies of Self-Criticism]. *Nauka, Iskusstvo, Kul'tura* [*Science, Art, and Culture*]. 2018, Issue 2(8), pp. 126 – 145. (In Russ.).
4. Ignat'ev M.B. *Kiberneticheskaya kartina mira* [Cybernetic Picture of the World]. SPb: GUAP, 2010, 416 p. (In Russ.).
5. Colyvan M., Ginzburg L.R. Laws of nature and Laws of ecology, Oikos 101:3 (2013), pp.649 – 653.

6. Frame M., Urry A. Fractal Worlds Grown, Built, and Imagined. Yale Univ. Press, 2016, 515 p.
7. Mavrikidi F.I. *Chislovaya asimmetriya v prikladnoi matematike* [Numerical asymmetry in applied mathematics]. Moscow: Del'fis, 2015, 414 p. (In Russ.).
8. Khor'kov S.A. *Problema rascheta ehlektropotrebleniya mnogonomenklaturnogo tsekha promyshlennogo predpriyatiya, modeli i metodiki dlya ee resheniya* [The problem of calculating the electricity consumption of a multi-nomenclature workshop of an industrial enterprise, models and methods for its solution]. Izhevsk: Publ., IZHGTU im. M.T. Kalashnikova, 2019, 123 p. (In Russ.).
9. Khor'kov S.A., Mavrikidi F.I. *Tekhnotsenozy, sistemy i ikh modeli.* [Technocenoses, Systems, and Their Models]. Izhevsk: Institut komp'yuternykh issledovanii, 2025, 310 p. (In Russ.).
10. Selivanova V.I. *Ehtyudy ob ehkstrapolyatsii* [Etudes on extrapolation]. Moscow: VZPI, 1991, 223 p. (In Russ.).
11. Rosenberg G.S., Ryansky F.N. *Teoreticheskaya i prikladnaya ehkologiya: Uchebnoe posobie. – 2-e izd.* [Theoretical and applied ecology: textbook. – 2nd ed]. Nizhny Novgorod: Publ., Izd-vo Nizhnevart. ped. in-ta. 2005, 292 p. (In Russ.).
12. Tkacheva L.O. Vozdeistvie fraktal'nykh dinamicheskikh izobrazhenii na funktsional'noe sostoyanie cheloveka [The Effect of Fractal Dynamic Images on Human Functional State] *Vestnik SPBGU* [*Bulletin of St. Petersburg State University*]. 2010, Ser. 12, issue 2, pp. 378 – 387. (In Russ.).
13. Werner G. Fractals in the nervous system: conceptual implication for theoretical neuroscience, Frontiers in Physiology 2010, vol.1, art.15 p.1 – 28.
14. Gisiger T. Scale invariance in biology, Biol.Rev. 76, 2001, pp, 161 – 209.
15. Tutubalin V.N., Barbasheva Y.M., Grigoryan A.A. Devyatkova G.N., Uger E.G. *Matematicheskoe modelirovanie v ehkologii* [Mathematical modeling in ecology]. Moscow: Yazyki Russkoi kul'tury, 1999, 134 p. (In Russ.).
16. Gartle S., Marshall P., Kauffman S. The Reasonable Ineffectiveness of Mathematics in the Biological Sciences, Entropy, 2025, 27, 280. Available at: https://doi.org/10.3390/e27030280.
17. Rosenberg G.S. *Vvedenie v teoreticheskuyu ehkologiyu* [Introduction to theoretical ecology]. In 2 vol., Tol'yatti: Kassandra, 2013, 565 p. (In Russ.).
18. Ganea O.E. Hyperbolic Neural network, arXiv:1805.09112v2 [cs. LG] 2018.
19. Gerasimova I.A. Priroda zhivogo i chuvstvennyi opyt [The nature of living and sensory experience], *Voprosy filosofii* [*Voprosy Filosofii*], 1997, no. 8, pp. 123 – 134. (In Russ.).

20. Panov V.G. *Ehmotsii. Razum* [Myths. Emotions. Reason]. Moscow: Vysshaya Shkola, 1992, 252 p. (In Russ.).
21. Auehrbakh F. Tsaritsa mira i ee ten' [The Queen of the World and Her Shadow]. Odessa: MATHESIS, 1913, 50 p. (In Russ.).
22. Winslow C.F. Force and Nature. Attraction and Repulsion. McMillan, 1869/483 p.

Received: 12.11.2025

About the Authors

Mavrikidi Fyodor Ivanovich
Candidate of Technical Sciences, senior researcher, Institute of oil and gas problems of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia.
E-mail: mavrikidi@mail.ru

Khorkov Sergey Alekseevich
Associate Professor of the Department of Thermal Power Engineering, Institute of Oil and Gas named after M.S. Gutseriev, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Udmurt State University", 426034, University st., 1, Izhevsk, Russia.
E-mail: horkov_07@mail.ru