

Альтернативный базовый экологический модуль для студентов: особенности изложения основ экологии с позиции физики

В. А. Гордиенко*

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
физический факультет, кафедра акустики. Россия,
119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2.

К. В. Показеев†

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
физический факультет, кафедра физики моря и вод суши. Россия,
119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2.

М. В. Старкова‡

ФГУП «Предприятие по обращению с радиоактивными отходами
«РосРАО». 119017, Москва, Большая Ордынка, д. 24/26.

(Статья поступила 16.05.2012; Подписана в печать 07.08.2012)

Обсуждается альтернативный новый подход к изложению вводного курса экологии, который может предшествовать изложению материала традиционных специальных учебных курсов по экологии, а для студентов неэкологов — выступать в качестве базового курса «Введение в экологию». За основу обсуждения взята подготовленная авторами рукопись учебного пособия с таким же названием. Это учебное пособие — первое в отечественной литературе, рассчитанное, прежде всего, на студентов, в котором сделана попытка расширить «нишу» экологических знаний, включив в курс материал, существенно выходящий за рамки традиционного, излагаемого в классических курсах экологии.

Основная задача развиваемого подхода к изложению учебного материала курса заключается в том, чтобы дать читателю достаточный объем материала, позволяющий грамотно ориентироваться в проблемах, которые в настоящее время обычно называют экологическими, и которые стали опасными, прежде всего, из-за того, что в оценке своих взаимоотношений с Природой люди скорее склонны изменять Природу, чем свои представления о разумности этих взаимоотношений. Поэтому в рамках описываемого подхода экология рассматривается не как отдельно взятая наука, но гораздо шире — как проблемно ориентированная система междисциплинарных знаний о взаимоотношении человека и Природы в целом. Истинные причины проблем, именуемых экологическими, на самом деле часто выходят далеко за рамки традиционной экологии, а решение этих проблем требует дополнительных, в том числе и новых знаний, нового типа мышления.

Наличие помимо основного материала, изучающегося в традиционных курсах экологии, достаточно большого объема информации из смежных областей, на взгляд авторов, позволит слушателю более объективно подойти к анализу тех или иных положений современной экологии.

PACS: 01.10.Fv ; 87.23.Kg; 89.60.

УДК: 574: 539.1.04: 378.02:372: 577.34.

Ключевые слова: экология и природопользование, экологическое образование, системный подход в экологии, современные экологические проблемы, моделирование и прогнозирование в экологии.

Мудр тот, кто знает не многое, — а нужное...

Эсхил

Современная наука требует, чтобы каждая специальность рылась в своей собственной ямке. Никто не привык заниматься разборкой и сопоставлением того, что было добыто из разных ямок.

Тур Хейердал

ВЕДЕНИЕ. ЭКОЛОГИЯ — SYNOPSIS XXI ВЕКА

Совсем не случайно данная статья начинается с известного высказывания Тура Хейердала. Хорошо известно, что узконаправленный подход зачастую приводит к тому, что блестящее решение, найденное в одной области, оборачивается катастрофой в другой. А экологические проблемы, которые предстоит решать человечеству в наступившем XXI веке по значимости, по-видимому, станут одними из главнейших.

Термин «экология» был введен в употребление немецким естествоиспытателем Э.Геккелем в 1866 г. и в дословном переводе с греческого обозначает науку о доме («Ойкос» — дом, жилище; «логос» — учение).

*E-mail: vgord@list.ru

†E-mail: sea@phys.msu.ru

‡E-mail: starkova.m@rosrao.org

Практически на протяжении целого века с момента своего появления вплоть до 1970-х годов экология развивалась в рамках биологии. Такой подход подразумевал, что в экологических системах взаимоотношения человека со средой подчиняются преимущественно социальным, а не биологическим закономерностям и поэтому являются объектом общественно-философских наук, формально выходящих за пределы экологии. Из-за этого стало складываться мнение о природе как среде, существующей отдельно от человека, и, следовательно, не стоящей большого внимания.

Развитие науки и техники или, как это обычно принято говорить, — научно-технический прогресс, привело к тому, что экология стала востребованной обществу. Основы экологии стали изучать в общеобразовательных школах и читать студентам многих, в том числе небιологических, специальностей.

В настоящее время термин «экология» существенно трансформировался. Экология стала больше ориентироваться на человека в связи с его исключительно масштабным и специфическим влиянием на среду. Во многом это было связано с появлением нового словосочетания, еще недавно вызывавшего тревожные чувства и ощущения надвигающейся опасности — «экологический кризис». Обострение экологических проблем привело к необходимости выявления причин их возникновения и разумного пути преодоления наметившегося кризиса.

Современную экологию стали рассматривать как науку, занимающуюся изучением взаимоотношений организмов, в том числе и человека, со средой, определением масштабов и допустимых пределов воздействия человеческого общества на среду, возможностей уменьшения этих воздействий или их полной нейтрализации. В стратегическом плане — это наука о выживании человечества и выходе из экологического кризиса, который приобрел (или приобретает) глобальные масштабы, в пределах всей планеты Земля.

Как результат, возникла необходимость в *мегаэкологах*, как специалистах обладающих знаниями в смежных дисциплинах — биологии, химии, физике, геологии и т.д. А сама экология превратилась в «синтетическую» науку, которая должна внести существенный вклад в развитие экономики, политики, культуры.

Вместе с тем, от частого употребления стал стираться смысл самого термина «экология». По мнению Н. Ф. Реймерса [1] многие собственно экологические проблемы стали подменять местными санитарными задачами, решение которых заменило работу над сложными и требующими глубокого понимания их существа экологическими проблемами.

Знакомство с многочисленными монографиями по экологии, справочными пособиями и учебными программами свидетельствует о большом разнообразии, царящем до сих пор в представлениях о содержании эко-

логической науки, последовательности и соотношении ее частей.

К настоящему времени накопилось множество учебников по экологии и различным ее разделам. Чем же очередной — предлагаемый — подход отличается от предшествующих?

Во-первых, тем, что следует хорошо осознавать, что до сих пор экология, вышедшая из недр биологии, является преимущественно описательной системой знаний, а решения многих современных проблем, именуемых экологическими, на самом деле выходят далеко за рамки экологии в ее традиционном понимании. Зачастую они требуют не только дополнительных знаний из соседних областей (особенно естествознания), но и во многом — иного образа мышления. Исходя из этого, в учебных целях, мы склонны понимать экологию не как отдельно взятую науку, а гораздо шире — как *проблемно ориентированную систему междисциплинарных знаний*, описывающих взаимодействия в треугольнике *Человек — Природа — Общество*, позволяющую подойти к анализу экологических проблем с позиций, отвечающих современному уровню развития системы знаний и техники в целом.

Во-вторых, исходя из сказанного выше, авторы не ставили задачу «навязать» читателю свою точку зрения. Читатель может (и, возможно, должен) сформировать её сам, изучив предлагаемый в пособии материал. В пособии лишь предпринята попытка обобщения результатов многих исследований, в том числе и не относящихся напрямую к экологии, но помогающих существенно расширить кругозор читателя.

1. ЧТО ТАКОЕ «ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ»

Методологические подходы к преподаванию экологии серьезно затруднены как сложностью и дискуссионностью структуры экологии, так и из-за непрекращающихся споров о пределах и содержании ее элементов. Экология, являющаяся самостоятельным разделом биологии, долгое время, по образному выражению Н. Ф. Реймерса [1], ютилась где-то на её задворках. Затем, по мере накопления знаний, часть их стала отделяться от основной ветви экологии в ее исходном понимании. Экология как научное направление, относительно внезапно ставшее в один ряд с такими циклами знания, как материнская биология, физика или химия, не получила четкой «прописки». Пока вместо стройной мегаэкологии как синтетической науки четко обозначились лишь экологические проблемы и особь, так называемый «экологический общенаучный» подход к этим проблемам.

Г. С. Розенберг [15], озвучивая точку зрения профессиональных экологов, видит одну из главных проблем сегодняшней экологии в том, что специалисты разных экологических направлений зачастую просто не понимают друг друга.

Однако есть и другая, более существенная причина. Пути решения многих проблем экологии остаются пока в большинстве случаев на уровне проектов. В определенной мере, это связано с отсутствием достаточно четко сформулированных правил и законов, отвечающих за формирование свойств биосферы, что уже привело к созданию экологически напряженных ситуаций. В их числе проблемы африканского Сахеля, Белого и Черного морей, Азова, Арала и Каспия, Байкала, Чернобыля и «уральского следа», и многие другие. Ответом на сложившуюся ситуацию явилось экологическое (включая «зеленое») движение, к которому примкнули люди, озабоченные экологическими проблемами, однако в большей части далекие от знания истинных законов Природы и экологии. Как заметил Н. Ф. Реймерс, *все стали «экологами», науку захлестнул поток непрофессионализма* [1].

Еще одна проблема связана со средствами массовой информации. Обсуждение многих экологических проблем базируется на сомнительных стереотипах, порожденных скорее журналистикой, стремлением к сенсационности и пр., чем научными знаниями. Это небезызвестные проблемы, связанные с «парниковым эффектом», «озоновыми дырами», атомной и ядерной энергетикой и др. (см., напр., [2, 3]).

Неверное представление об экологии и ее проблемах — печальная реальность нашей общественной жизни. Но оно недопустимо для специалистов, от практической деятельности которых в решающей мере зависит возможность предотвращения трагических последствий неграмотной эксплуатации природных ресурсов и вмешательства в природные процессы. К таким специалистам можно отнести и *экономистов* (определяющих экономическую политику и стратегию как отдельных фирм и организаций, так и государства в целом), и *юристов* (формирующих своды правил, узаконивающих те или иные действия отдельных лиц, корпораций и государств), и многих других специалистов, деятельность которых на первый взгляд никак не связана с проблемами экологии.

Учитывая вышесказанное, при подготовке учебного пособия мы поставили перед собой задачу не просто изложить материал, традиционно относящийся к компетенции экологии, а подойти к его изложению творчески и, вместе с тем, критически, уделив внимание не только трактовке самих законов, правил и постулатов экологии, но, и их анализу с позиций фундаментальных законов Природы (прежде всего, физических, геофизических и биофизических).

Однако при таком подходе возникает серия других вопросов. Среди них, в частности: насколько точны научные знания и насколько ложны так называемые «донаучные» и «не научные» представления о Мире; насколько далеко наши научные достижения позволяют продвинуться в понимании этих представлений, и др?. Вряд ли сегодня можно дать достаточно определенные ответы на эти вопросы, но можно хотя бы частично попытаться разобраться. Для

этого необходимо, прежде всего, определить цепочки логических связей (в том числе, в контексте истории развития познания), учитывающие не только достижения современной науки, но и те противоречия, которые при этом возникли. Найти среди них те связующие ниточки, которые возникли между современными научными представлениями и знаниями предшествующих поколений, например, между квантовой физикой и знаниями древних греков, между современными астрономией и астрофизикой, работами Л. Чижевского, Л. Гумилева и В. Вернадского с одной стороны, и календарями Древних майя и египтян, культурой тибетских монахов, древнеегипетских жрецов и шумеров — с другой.

О возможном подходе к изложению материала в курсе экологии мы уже неоднократно писали [3–8]. Основная задача курса должна заключаться не столько в глубоком изучении накопленных экологических знаний (которые трудно изложить в единственном кратком курсе), сколько в том, чтобы дать читателю достаточный объем материала, позволяющий грамотно сориентироваться в проблемах, которые в настоящее время обычно называют экологическими. При таком подходе возникает необходимость в создании системы знаний, выходящей за рамки узкого профессионализма, которая бы позволила видеть Мир в его целостности, получить представление об общей логике его развития. Отдавая должное биологии, из недр которой вышла экология, при анализе экологических систем опорными должны стать Законы первостепенно значимые, фундаментальные, опирающиеся на весь комплекс естественнонаучных знаний о Природе.

Для этого есть серьезные основания. Природа существует независимо от волеизъявления отдельных личностей. Август Лёш [16] как-то отметил, что Природа действует в согласии со своими законами, а человек — в соответствии со своими представлениями о законе. Очень не просто осознать, что человечество вступило в новую эпоху исторического развития. Поэтому можно утверждать, что на современном этапе наиболее правильно рассматривать экологию в целом не только как научное направление, но, прежде всего, как *специфическую проблемно ориентированную систему знаний, направленных на формирование нового типа мышления, призванного пронизывать все науки, технологические процессы и сферы деятельности людей*.

Единство Мира, от самого малого до самого великого, поражает, потому что вся Природа едина. Только наше слабое воображение поделило ее на Мега-, Макро- и Микромир. На каком бы уровне ни подошли мы к Природе, везде обнаруживается критерий оптимальности в ее функционировании. Это касается и полета комара (подлинного чуда — с позиций аэродинамики, пока недостижимого для нынешнего уровня человеческой техники), и локации звука кузнечиком, сверчком или тем же самым комаром, и организации внутренних процессов на любой звезде и Солн-

це в частности (от возгорания до превращения в белого карлика). И лишь на одном из уровней — между так называемыми Микромиром и Мегамиром, — существует система, чрезвычайно далекая от оптимизации процессов, совершаемых в ней. Это человек и человечество, на каком-то из этапов своей эволюции возмнившие себя «заглавными». Имеется всего лишь два исхода из такого положения вещей: жизнь в согласии с законами Природы, или автоматическая ликвидация подобного странного и чужеродного новообразования.

Для того чтобы популяция людей и наша цивилизация могли существовать достаточно долго, должен произойти глубокий перелом в сознании людей, их миропонимании. А для этого, по мнению академика Н. Н. Моисеева [9], образование должно быть чем-то похоже на холст живописца. Для того чтобы краски хорошо ложились, необходим грунт. Сегодня таким грунтом может стать экология, но не как биологическая наука, а в ее буквальном понимании: экология — наука о собственном доме, о том, что он собой представляет, как должен в нем жить человек для того, чтобы обеспечить будущность следующим поколениям. И здесь физические и биофизические аспекты экологии являются важной составляющей современного миропонимания и экологии в частности.

Важным этапом обучения должны стать вопросы, связанные с пониманием роли и места процессов, происходящих на Земле в целом, которая является пока единственным известным нам местом постоянного обитания человечества. Только исходя из совместного рассмотрения законов, изучаемых естественными науками в целом, и биологических аспектов эволюции биосферы и среды обитания, можно анализировать глобальные проблемы экологии, понятия экологической безопасности и экологического риска.

Вместе с тем, следует отдавать себе отчет, что форма изложения материала для студентов (особенно «неэкологов») не может быть такой же, как для специалистов. Изложить просто научные идеи весьма сложно. Это особый труд. Как написал еще в 1948 г. А. Эйнштейн, «...можно преуспеть в доходчивости, уйдя от изложения сущности проблемы и ограничившись лишь смутными намеками на нее и таким образом обмануть читателя, внушив ему иллюзию понимания. Можно, наоборот, квалифицированно и точно изложить проблему, но так, что неподготовленный читатель скоро потеряет мысль автора и лишится возможности следовать за ней дальше. Если исключить из сегодняшней ... литературы эти две категории, то останется на удивление мало. Но зато эти немногие работы поистине неопценимы. Они решают важнейшую задачу — дать возможность широким слоям людей в полной мере осознать усилия, прилагаемые учеными, и результаты научных исследований. Ибо никак нельзя мириться с тем, чтобы каждое новое достижение в науке было известно лишь нескольким ученым в этой области, даже если им удастся вполне оценить

его, развить и применить...».

Один из известных популяризаторов экологических знаний, профессор МГУ Н. Ф. Реймерс, неоднократно указывал, что сегодня для людей Земли путь вширь закончился: планета освоена практически нацело. Активная деятельность человека оставляет вполне заметный след в окружающем (по крайней мере, ближайшем) пространстве. Для обозначения этого следа даже введен специальный термин — *антропогенное воздействие*.

Согласно современным представлениям, биосфера представляет собой сложную термодинамически открытую систему, необратимую во времени. Наша Вселенная неоднородна и пребывает в неравновесном состоянии. При достижении определенного критического значения внешних параметров система может переходить в качественно новое состояние. На сегодняшний день одной из важнейших проблем человечества является определение условий устойчивости биосферы, потеря которой может привести к резкому изменению потоков в биосфере, и как следствие, к разрушению природных экосистем, потере биоразнообразия на Земле и нарушению способности биосферы гасить на основе обратных связей возникающие возмущения.

Одна из самых известных моделей «хищник–жертва» на простых примерах показывает, что даже незначительное нарушение равновесия может привести к экологическому кризису с возможностью выхода из него, либо путем деградации вида, либо при помощи расширения экологической ниши (совокупности факторов, обеспечивающих устойчивое существование того или иного вида животных или растений [10]). Второй путь связан с изменением образа жизни и требует адаптация к новым условиям. При существенном изменении этих условий такой путь не всегда возможен.

В настоящее время монополия человека стала беспрецедентной. Люди занимают практически всю планету, поэтому расширение экологической ниши, по крайней мере, на нашей планете невозможно. Исходя из этого, становится понятно, что и кризисы носят не локальный характер, а *общепланетарный*. Исходя из этого, первоочередной становится проблема коэволюции естественного развития Природы и общества, преодоление рассогласованности между цивилизацией (законами общества) и Природой (её законами), необходимое для обеспечения будущего. Иначе остается единственно возможный путь — деградация.

Практически повсеместное увеличение энергопотребления и использование сложной современной техники нарушило равновесие между человеком и средой его обитания, и спровоцировало в ряде случаев, необратимые процессы. Следствием этого стало резкое ухудшение экологической обстановки в течение последнего столетия, и, как результат, существенно увеличилась нагрузка на природу, общество и человека. Ни человек, ни общество оказались, к сожалению, неподготовленными к такой ситуации [8].

Известно, что все вопросы, связанные с обеспечением защиты жизнедеятельности, включают два основных аспекта: собственно защита населения и природных ресурсов в условиях катаклизмов природного и антропогенного происхождения, и профилактические мероприятия, цель которых по-возможности предотвратить само возникновение катаклизмов, приводящих к негативному воздействию на биосферу.

Уже в рамках классической медицины профилактические мероприятия, например, по предотвращению эпидемий, оказывались более эффективными, чем непосредственно лечение больных во время эпидемий.

Несомненно, что при решении задачи сохранения биосферы Земли, профилактические меры могут явиться едва ли не самыми эффективными. Однако эта задача, несомненно, более сложная, чем профилактика эпидемий путем обычных прививок. Здесь речь должна идти о кропотливой работе по изменению внутреннего мира человека, его привычек, миропонимания, т. е. в конечном итоге, *о формировании нового типа мировоззрения*, соответствующего сложившейся в настоящее время экологической ситуации. Возникает также необходимость в развитии нового типа знаний, включающих помимо знания частных, изучаемых отдельными науками, понимания наиболее общих законов, которым подчиняется Природа, и помогающих целостному восприятию окружающего мира. Эти законы существуют независимо от волеизъявления отдельных личностей, а знание их необходимо при разработке различных программ действий.

Синтез наук на стыке различных областей знания назрел уж более 100 лет назад. По своей сути он должен подготовить необходимые условия для возникновения нового витка эволюции человечества, основанного на новом типе мышления, опирающемся не только на рациональное знание, но и на нравственные законы, создав, таким образом, все предпосылки для формирования нового типа мировоззрения.

Под термином мировоззрение, как уже отмечалось выше, мы понимаем, систему представлений о мире и месте в нем человека, об отношении человека к окружающей его действительности и к самому себе, а также обусловленные этими представлениями основные жизненные позиции и установки людей, их убеждения, идеалы, принципы познания и деятельности, ценностные ориентации.

Для формирования мировоззрения человеку необходимо, прежде всего, стремление к познанию. Ведь как говорил еще Аристотель в «Метафизике»: «Удивление — вот что побуждает к философскому размышлению как прежде, так и теперь». Разобщенные предметы не создают целостного восприятия мира, необходимого для широкого кругозора. Множество вопросов остается за пределами. Однако жизнь представляет собой единую целостность, в которой все взаимосвя-

зано. В связи с этим уместно еще раз напомнить высказывание Тура Хейердала, вынесенное в эпиграф.

Как подчеркивал И. Кант, наши знания только в системе могут поддерживать существенные цели разума и содействовать этим целям. «То, что мы называем наукой, возникает не технически ввиду сходства многообразного или случайного применения знания *in concreto* к всевозможным внешним целям, а архитектурно, ввиду сродства и происхождения из одной высшей и внутренней цели» [11].

Система знаний должна опираться на общий понятийный аппарат и иметь общую методологическую базу, для того, чтобы можно было любое исследование систематизировать и сравнить. В противном случае может возникнуть ситуация, схожая с известным спором между Л. С. Бергом и Г. Е. Грум-Гржимайло о направлениях изменения климата в Центральной и Средней Азии. Первый на основе анализа отдельных фактов пришел к выводу о том, что существует тенденция к увлажнению климата, второй, рассмотрев синтетически двухтысячелетнюю историю Азии — к усыханию.

Экологическое образование ставит своей задачей формирование мировоззрения человека, определяющего его поведение. В основе этого мировоззрения должно лежать фактическое, внутреннее уважение к Природе и ко всем формам жизни. Очевидно, что деятельность человека не может быть противопоставлена функционированию биосферы, поскольку она является одной из форм, принадлежащих глобальному круговороту вещества и энергии в Природе, и не может существовать вне этого круговорота.

С другой стороны, мы не представляем себе развитие современного общества без развития и усовершенствования производства, а, следовательно, без увеличения воздействия со стороны общества на Природу.

Экономист в классическом смысле этого слова, как правило, решает вопросы, а юрист закрепляет их законодательно, исходя, прежде всего, из «сегодняшних» прибыли или убытков даже при долгосрочном планировании. Тем не менее, очевидно, что на самом деле следует искать пути такого планирования общественного развития, при котором достигалась бы оптимизация всего процесса развития, как общества, так и неразрывно связанной с ним Природы.

Лишь при такой постановке задачи становится достижимой цель относительно неограниченного во времени прогрессивного развития общества. Это, в свою очередь, предполагает, что планирование социально-экономического развития должно осуществляться людьми, хорошо представляющими законы развития окружающего нас Мира.

Знание законов Природы — основа разумного подхода к планированию взаимоотношений Природы и общества.

2. МЕСТО ЧЕЛОВЕКА В ТРЕУГОЛЬНИКЕ "ЧЕЛОВЕК–ПРИРОДА–ОБЩЕСТВО"

В обозначенном выше треугольнике «Человек–Природа–Общество» существует и еще одна сторона, о существовании которой нельзя забывать, изучая законы взаимодействия Человека, как биологического вида (или популяции) и Природы. Это *Разум* и специфическая форма *Интеллекта* человека, существенно отличающие его от многих других видов и популяций на Земле.

Многие ошибки в толковании этой проблемы восходят к недопониманию смысла самих терминов «разум» и «интеллект». Философский словарь формально определяет эти термины следующим образом: «интеллект (от лат. *intellectus* — разум, ум, рассудок) — способность мышления, рационального познания. В схоластике употребляется для обозначения высшей познавательной способности, в противоположность разуму, как низшей познавательной способности».

Тем не менее, в рамках традиционных представлений остается необъяснимой возможность появления мыслей и мыслеформ, с которыми человек, никогда нигде ранее не сталкивался. Дать относительно разумное объяснение этому феномену можно лишь с позиций синергетики, рассматривая *мысль — как нелинейное явление*.

При взаимодействии с окружающей средой происходит изменение энергетических состояний системы, соответствующее запоминанию новой информации. Внешне этот процесс аналогичен изменению состояния «памяти» компьютера при вводе в него информации. Однако существуют принципиальные отличия в «запоминании» полученной извне информации компьютером и биологическим объектом и человеком в частности.

Память компьютера (при современных технологиях их производства) — сугубо линейная система. Если при подаче сигнала на один из битов памяти компьютера происходят несанкционированные изменения в соседних битах, говорят о сбоях в его работе. Иное дело живой организм, например, человек. Запоминание информации происходит на уровне квантовых систем. Поэтому всегда (например, в силу существования таких утверждений как соотношения неопределенности Гейзенберга или волны Де Бройля) возникает взаимное влияние (как правило, нелинейное) элементов памяти. В процессе запоминания информации, например, при чтении книги или попытках при размышлении воспроизвести ранее записанную в мозг информацию, за счет нелинейного взаимодействия с соседними энергетическими уровнями (также несущими определенную «информацию») может возникнуть бифуркация, которая приведет к изменению энергетического состояния элементов памяти, которое, в свою очередь, будет соответствовать новой, ранее неизвест-

ной для размышляющего субъекта информации, т. е. появлению новой мысли.

Таким образом, если компьютер принимает решения, исходя из заложенного в него алгоритма, то живой организм может это делать тремя способами:

- через алгоритм в виде наследственности («запись» в структуре ДНК — так называемый инстинкт, или безусловный рефлекс),
- через алгоритм, записанный в памяти по результатам «жизненной практики» (условный рефлекс) или взятый из средств массовой информации и книг,
- через возникновение решения в результате бифуркации.

Принятие решения через бифуркацию — это и есть проявление интеллекта, или разума. Таким образом, интеллект есть способность принимать решения, не используя метод перебора вариантов решения проблемы (или известных алгоритмов).

С этих позиций термин *искусственный интеллект*, который часто употребляют применительно к современным компьютерам, вряд ли следует считать удачным. Компьютер как линейная система, обладать интеллектом не может!

Но с другой стороны, не любая квантовая система является «живой». Чтобы разум (интеллект) проявился, необходимо, чтобы объем памяти для хранения информации был достаточно велик. *Получение информации или информационный обмен — это изменение энергетического состояния упорядоченной системы*. С точки зрения такого подхода принципиально, что любой объект как живой, так и неживой природы в состоянии участвовать в информационном обмене. В последнее время имеются публикации о наблюдении таких эффектов у кристаллов. Однако для хранения большого объема информации нужны устойчивые образования из достаточно большого числа жестко связанных между собой исходных объектов системы (ячеек памяти). Именно эти функции выполняют в живых организмах высокомолекулярные белковые соединения. С этих позиций к «живым» мы должны относить объекты, для которых объем элемента памяти превысил некоторый критический, или, говоря языком философии, *увеличение количества информации, которое может воспринять объект, привело к переходу его в новое качественное состояние, именуемое живой объект*.

На первый взгляд с позиций физики между живой и неживой материей есть только качественное различие. Вернадский даже полагал, что количество информации, накопленное в массе, например, такого небесного тела, как Земля, может превышать объем памяти человека. Поэтому увеличение количества накопленной Землей информации может также перевести ее в целом в новое качество. По Вернадскому Землю, как впрочем, и многие другие космические объекты, следует рассматривать как живые.

Однако здесь существует принципиальное различие. Отсутствие возможности мыслить (в плане дан-

ного выше определения) отличает системы из низкомолекулярных соединений (нелинейность проявляется слабо) от живой материи. Косная материя при принятии решений следует фундаментальным законам Природы (физики), человек и высокоразвитые биообъекты — больше эмоциям. Это, прежде всего, отличает косную материю от живой.

Однако чтобы нелинейность взаимодействий проявлялась, требуется целый ряд достаточно жестких условий, при выполнении которых фактически и может быть реализовано состояние материи, называемое «живым».

Во-первых, объект должен быть построен на базе высокомолекулярных соединений, чтобы объем записываемой информации в отдельную «ячейку» был достаточно большой. Эволюционно первым элементом, способным объединять атомы в длинные цепочки, был углерод. Другой такой элемент — кремний, появился в больших количествах существенно позже. Поэтому, если в нашей Вселенной существует жизнь на других планетах, скорее всего она будет весьма похожа по внутреннему функционированию на земную и построена на базе углеродных соединений. И именно поэтому обнаружение биологически сходных объектов на метеоритах и других планетах не может служить однозначным подтверждением теории панспермии (космического происхождения живого на Земле).

Во-вторых, температура не должна быть слишком высокой. В противном случае за счет энергии теплового движения произойдет сброс информации с метастабильных состояний (человек, например, при высоких температурах теряет сознание). Но, температура не должна быть и слишком низкой. В этом случае взаимодействие между элементами системы будет затруднено, нелинейность будет проявляться слабо, т. е. фактически будут отсутствовать мысли (состояние «упадка сил» у человека при понижении температуры тела).

В-третьих, чем больше объем информации, воспринимаемый живым организмом, тем больше число метастабильных состояний и, следовательно, меньше допустимые флуктуации температуры, в пределах которых не произойдет «сбрасывания» накопленной информации. У человека, млекопитающих, птиц этот диапазон около градуса (у человека это 36.3°–37° С, у птиц в среднем 41°–42° С). У рыб — меньше возможностей, поэтому и диапазон возможных изменений температуры больше. У растений более низкая организация, но и большие возможности выживания при большом диапазоне изменения температур.

Отметим, что перечисленные признаки являются лишь необходимыми, но не достаточными для перехода материи в живое состояние. Полного определения живой материи пока не существует. Ясно одно, что эволюция видов и усложнение функций организма с позиции синергетики связывается с увеличением количества информации, которую может воспринять живой объект и, как следствие, с уменьшением

интервала возможных вариаций параметров внешней среды, еще не приводящих к гибели организма. Так же, как увеличение объема информации, которое может «нелинейно» хранить объект, привело к переходу объекта в новое качественное состояние, именуемое живой объект, так и аналогичное его увеличение привело к появлению качественно нового типа живого объекта, именуемого «человек».

Нелинейность мышления и наличие интеллекта позволяют решить задачу, не имея никакого алгоритма (то, что не умеет делать компьютер). Но, вместе с тем, принятие решений, основывающихся на интеллекте субъекта, вряд ли всегда будет правильным. Во многих случаях эмоциональная окраска мышления может оказаться доминирующей. Бытует даже мнение, что разум — излишен. По этому поводу лауреат Нобелевской премии Анри Бергсон высказался следующим образом: «Интеллект характеризуется природным непониманием жизни. Наоборот инстинкт отливается по форме жизни... Существуют вещи, которые интеллект способен искать, но которых он сам по себе никогда не найдет. Только инстинкт мог бы их найти, но он никогда не станет их искать».

Именно специфический Разум человека «заставил» его по каким-то причинам развиваться своеобразным путем, который в последнее время часто стали называть тупиковой ветвью эволюции. ...

Еще в начале XX века В. И. Вернадский отмечал, что человек становится основной геологообразующей силой планеты. Человек оказался единственным видом в биосфере, определяющим ее судьбу в исторически малом отрезке времени. Деятельность человека вносит все более глубокие изменения в окружающий Мир.

Согласно общепринятой концепции выделение человека из Природы произошло после неолитической революции, ставшей своеобразным экологическим кризисом. До этого периода человечество, судя по всему, жило в согласии с законами биосферы (т. е. подчинялось «разуму» Природы). Далее уже говорят о «социуме». Именно социальная деятельность человека привела к принципиально новому взаимоотношению человека со средой и ее коренному изменению, масштаб которого, к сожалению, непрерывно увеличивается.

И. Кант формулирует вопрос «что такое человек?» как основной вопрос философии. Человек, по его мнению, принадлежит к двум различным мирам — природной необходимости и нравственной свободе. Разграничивая антропологию, И. Кант делит ее на физиологическую («...что делает из человека природа...») и прагматическую («...что он, как свободное действующее существо, делает или может и должен делать из себя сам»). В этом проявляется дуализм человека как особой ветви живой материи на современном историческом этапе. Поскольку человек включен в природную связь явлений, он обязан подчиняться биологическим закономерностям. На уровне

же «сознательной» психики и личности он обращен к социальному бытию.

Отличительной чертой взаимодействия человека и биосферы является создание искусственных вещей и орудий. А. Бергсон даже ввел понятие *homo faber* — человек-ремесленник. При помощи искусственных приспособлений человек пытается расширить свои возможности. Плохо видят глаза — наденьте очки, медленно передвигаетесь — воспользуйтесь общественным или личным транспортом, хотите летать — воспользуйтесь самолетом. Н. А. Умов считал, что чем создание элементарнее, тем больше оно слито со средой. По мере его развития начинается все более и более активное приспособление среды под собственные нужды. Русские космисты еще в XIX веке предвидели, что такой путь не может быть основным для человечества. Н. Ф. Федоров («изумительный философ», как называл его К. Э. Циолковский) предлагал даже исследовать механизм питания растений, предвосхищая идеи В. И. Вернадского об автотрофности человека.

Появление земледелия и скотоводства, а затем и использование полезных ископаемых, положило начало созданию искусственных биогеохимических циклов и введению в круговорот веществ тех элементов, которые были накоплены Землей в предыдущее время. Следующим шагом, стало использование синтетических материалов, которые не встречаются в Природе. Между тем современное представление человека о своем месте в Природе, по мнению академика Н. Н. Моисеева, мало чем отличается от того, которое имел наш предок, живущий в начале неолита.

3. ДВА ТИПА КУЛЬТУРЫ КАК ТОЧКА БИФУРКАЦИИ В ЭВОЛЮЦИИ ЧЕЛОВЕКА

Среда жизни человека отличается от среды жизни всех других живых существ, прежде всего, социальным компонентом. В связи с этим, необходимо ввести понятие культуры — как социальной системы, организованной при помощи норм и ценностей, функционально полезных, закрепившихся в общественной практике и сознании общества форм человеческой деятельности.

Обладая выраженным интеллектом в понимании, определенном выше, люди, тем не менее, часто не осознают возможных опасностей, и человечество должно обладать определенной культурой, чтобы преодолеть противоречие между экономическими амбициями и требованиями, необходимыми для сохранения экологически обусловленных условий жизни.

Академик Ю. М. Лотман, считал, что культура представляет собой коллективный разум или сверхиндивидуальный интеллект, «механизм, восполняющий недостатки индивидуального сознания и, в этом отношении, представляющий неизбежное ему дополнение» [12]. Таким образом, культура представляет

собой индивидуальность второго порядка, включающую в себя личные индивидуальности, сохраняя при этом их отдельность и самостоятельность. Разматывая клубок истории, И. Пригожин показал, что активнейшим фактором исторической и космической жизни является интеллект, а, следовательно, огромную роль играет уровень развития человеческой культуры.

Исторически так сложилось, что два типа культуры на Земле — восточный (жизнь в гармонии с природой) и западный (европейский, или техногенный) фактически определили два практически противоположных принципа взаимодействия человека и биосферы. Не вдаваясь в рамки данной работы в особенности восточного типа культуры, отметим лишь, что именно западный тип культуры определил сегодня сложившуюся на Земле экологическую ситуацию.

Запад и Восток в данном контексте мы рассматриваем не как географические, а как геосоциокультурные понятия. Под термином «Запад» обычно понимают особый тип цивилизационного и культурного развития, который сформировался в Европе примерно в XV-XVII вв. Поэтому цивилизацию этого типа можно также называть техногенной.

Ее характерные черты — быстрое изменение техники и технологий благодаря систематическому применению в производстве научных знаний. Следствием такого применения являются научные, а затем и научно-технические революции, меняющие отношение человека к природе, и его место в системе производства [17]. По мере развития техногенной цивилизации происходит ускоряющееся обновление той искусственно созданной человеком предметной среды, в которой непосредственно протекает его жизнедеятельность. В свою очередь, это сопровождается возрастающей динамикой социальных связей, их относительно быстрой трансформацией. Иногда на протяжении жизни одного-двух поколений происходит изменение образа жизни и формирование нового типа личности.

Именно в Европе в XVII в. наука стала рассматриваться в качестве способа увеличения благосостояния населения и обеспечения господства человека над природой. Р. Декарт, например, писал: «Вместо спекулятивной философии, которая лишь задним числом понятийно расчленяет заранее данную истину, надо найти такую, которая непосредственно приступает к существу и наступает на него, с тем, чтобы мы добыли познания о силе и действиях огня, воды, воздуха, звезд, небесного свода и всех прочих окружающих нас тел ... Затем мы ... сможем реализовать и применить эти познания для всех целей, для которых они пригодны, и таким образом эти познания сделают нас хозяевами и обладателями Природы». Хорошо известна крылатая фраза времен Лысенко в СССР, приписываемая Мичурину: «Нам некогда ждать милостей от природы. Все что нам нужно, мы должны взять сами. ...». Современник Р. Декарта Ф. Бэкон, много сил потративший для обоснования необходимости развития на-

уки как средства покорения Природы, выдвинул знаменитый афоризм: «Знание — сила».

Далеко не случайно, что наука возникла не только в определенное время, но и в определенном месте — в Европе XVI века. Причина возникновения науки — своеобразный тип новоевропейской культуры, соединившей в себе чувственность с рациональностью: чувственность, не дошедшую, как, скажем, в китайской культуре, до чувствительности, и рациональность, не дошедшую до духовности (как у древних греков). Причудливое сочетание особой чувственности с особой рациональностью и породило науку как феномен культуры, которую, как мы уже говорили, принято называть западной.

Западную культуру не зря называли рациональной, и ее не похожая на греческую рациональность оказалась очень хорошо увязана с капиталистическим строем. Она позволила все богатство мира свести в однозначную детерминированную систему, обеспечивающую за счет разделения труда и технических нововведений (тоже следствия рационализма) максимальную прибыль.

В настоящее время воздействие человека на Природу стало опасным, прежде всего, из-за того, что в оценке своих взаимоотношений с Природой люди в основной своей массе скорее склонны изменять Природу, чем свои представления о разумности потребностей. Но именно этот путь может оказаться губительным для нашей цивилизации. Причины этого мы обсудим ниже.

4. «ДАРВИНИЗМ» И ЕСТЕСТВЕННЫЙ ОТБОР В СВЕТЕ СИНЕРГЕТИКИ И СОВРЕМЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

Сегодня считается достаточно очевидным, что жизнь на Земле, первоначально появилась в водной среде. Довольно быстро биологическая эволюция привела к появлению сине-зеленых водорослей, выделяющих в процессе фотосинтеза свободный кислород. Это, в свою очередь, привело к постепенному насыщению кислородом водной среды и способствовало возникновению дышащих кислородом водных организмов, после чего жизнь вышла на сушу.

Сегодня чаще всего считается, что основным механизмом процесса эволюции живых организмов на Земле является механизм биологической эволюции, предложенной Ч. Дарвином, который постулировал, что движущими силами эволюции живого являются *изменчивость, наследственность и естественный отбор*. В ходе биологической эволюции на Земле образовались многие миллионы сменявших друг друга видов живых организмов.

Однако Ч. Дарвин ошибался, когда считал, что материалом, на основе которого действует естественный отбор, являются небольшие непрерывные, случайные изменения, обязательно встречающиеся даже в наибо-

лее однородной популяции, ибо сегодня доказано, что эти изменения не наследуются. В свете развития квантовой физики и синергетики, можно с уверенностью утверждать, что механизм эволюции по Дарвину вряд ли состоятелен. Он предполагает плавное непрерывное (континуальное) изменение видов под действием внешних изменяющихся условий (как это представлено в упрощенном виде на рис. 1а).

Для несложных систем (процессы кристаллизации, возможно, даже размножение вирусов [18]) сценарий, предложенный Ч. Дарвином, может быть реализован на практике. Для основной же массы биообъектов наличие столь сложной структуры как клетка с цепочками ДНК, не позволяет реализовать механизм «континуальной» эволюции за счет мутаций (см., например, [5]).

Для изменения вида должна произойти синхронизированная система мутаций многих систем жизнеобеспечения биообъекта, не приводящая к их взаимному противодействию (отторжению). Вероятность такой одновременной синхронной мутации чрезвычайно мала. В случае если такое событие все же произойдет, то оно будет, скорее всего, напоминать скачок (бифуркацию), соответствующий существенному изменению вида (формально — появлению нового вида, а не плавному его изменению). Такой тип скачкообразного появления нового вида приведен схематично на рис. 1б.

С позиций современной генетики считается, что мутации должны быть редким событием, какими они в действительности и оказываются. Действительно, самопроизвольная мутация, представляющая небольшую ступеньку в изменении вида «испытывается» вслепую, с риском, что изменение может оказаться вредным. Вероятность возникновения вредной мутации выше, так как в Природе ей соответствует больше вариантов (как и в случае вытягивания выигрышного и невыигрышного билетов в лотерее). Поэтому, чтобы не очень вредить естественному отбору, мутации должны быть достаточно редким событием. Если бы мутации были частыми, то существовала бы, например, большая вероятность появлений у одной особи десятка различных мутаций, среди которых вредные, как правило, преобладали бы над полезными, и виды, вместо того чтобы улучшаться путем отбора, оставались бы неулучшенными или погибали: для реальной Природы характерен сравнительный консерватизм биологических объектов, являющийся результатом высокой устойчивости. Природа «не любит» мутаций.

Но насколько доказательно такое постоянство биологических структур?

Ответ на этот вопрос очевиден без какого-либо специального исследования. Например, почему человек, проживший столько лет в условиях холода, до сих пор зимой вынужден одеваться в теплую одежду? В жизни мы также часто говорим о наследственности. Мы признаем почти абсолютным постоянство, связанное с передачей от родителя к ребенку той или иной осо-

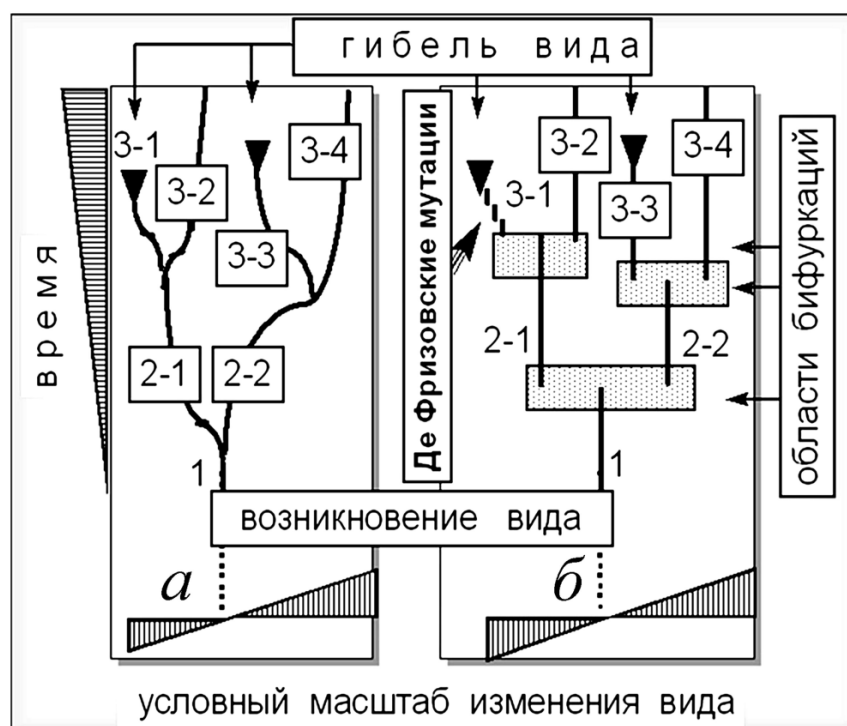


Рис. 1: Дерево эволюции: а — по Дарвину (континуальное представление); б — с позиций синергетики (через бифуркации)

бенность: формы носа, длины пальцев, предрасположенности к ревматизму и т. д. В действительности из поколения в поколение, без заметного изменения в течение столетий передается весь фенотип, вся видимая и явная природа индивидуума. При этом в каждом поколении передача осуществляется материальной структурой ядер тех двух клеток, которые соединяются при оплодотворении.

Безусловно, определенные изменения вида за счет небольших мутаций все же возможны (ветвь 3–1 на рис. 16. Сегодня, например, известно, что мутации наследуются так же хорошо, как первоначальные неизменные признаки. Обычно «мутация» является изменением в наследственном багаже и обуславливается каким-то изменением наследственной субстанции. Мутации, благодаря свойству передаваться потомкам, служат материалом для естественного отбора, который формально может производить виды, как это описано Дарвином, элиминируя неприспособленные и сохраняя наиболее приспособленные. Однако диапазон такого приспособления к изменяющимся внешним условиям достаточно невелик [19], так что при существенном изменении внешних условий популяция в целом все-таки должна будет погибнуть.

Человек с его консервативным геномом оказался неспособным серьезно адаптироваться к негативным явлениям, происходящим в окружающей среде.

Исходя из этого, становится ясно, что экстенсивный путь развития является тупиковым для нашей цивилизации.

лизации.

5. СТРУКТУРА РАЗРАБОТАННОГО КУРСА «ВВЕДЕНИЕ В ЭКОЛОГИЮ»

Структура курса включает шесть основных разделов, разделенных на главы. По формальным признакам все разделы соответствуют стандартам, заложенным в образовательные программы. Однако при изложении материала предпринята попытка, как уже отмечалось выше, отнестись к законам экологии творчески, критически и комплексно, преломив их формулировки через общие законы естествознания, современные представления генетики, биофизики и археологические находки. В разделе I «Мировоззренческие и философские аспекты курса экологии» излагается история возникновения термина «экология», рассматривается проблема постулативности и истинности законов Природы, обсуждаются системный подход применительно к задачам экологии, основные правила, определяющие эволюцию системы с позиций системного подхода и непредсказуемость будущего как проявление системности. В разделе II «Взаимодействия как основная причина эволюционных процессов, или жизнь с позиций эволюционной самоорганизации материи» рассматриваются современные представления о механизмах взаимодействия, эволюция Вселенной с позиций синергетики и феномен жизни. Кратко этот

подход изложен выше.

В разделе III излагаются основные положения классической экологии. Вместе с тем, в этом разделе достаточно большое внимание уделяется вопросам формирования космической экологии. В частности, обращается внимание на то, что существует один из аспектов космической экологии, зародившийся относительно недавно, и существенно упрощающий понимание этого термина — исследование особенностей жизнедеятельности человека и других организмов в практически полностью замкнутых микросистемах космических кораблей и станций, разработка систем жизнеобеспечения и возможности создания условий с полной регенерацией среды для длительных межпланетных полетов.

Однако исторически более существенным и важным для понимания сути космической экологии является понимание этого термина, восходящее к работам А. Л. Чижевского и В. И. Вернадского о роли космогеофизических факторов в формировании конституционных особенностей развивающихся организмов, Т. Де Шардена и далее — к древнегреческой философии.

По мнению В. И. Вернадского само появление жизни на Земле — космическое явление. И В. И. Вернадский, и Л. Пастер, рассматривая общие вопросы возникновения и сущности жизни, подчеркивали, что *живое не могло возникнуть только из неживого*.

«Жизнь есть космическое явление, в чем-то резко отличное от косной материи» — впервые эти слова встречаются в книге «Космотеорос» Х. Гюйгенса, изданной по инициативе Петра I на русском языке («Книга мирозрения»). Эта мысль поразила в свое время В. И. Вернадского. Он называет ее — *«Принцип Гюйгенса»* и развивает в своих работах. Важнейшим фактором здесь является представление о влиянии физических полей Космоса как на Землю, так и на любой другой участок Вселенной, который является формирующим для зарождения и развития жизни. Каждый объект Вселенной является носителем своей совокупности физических полей косной материи и биополя живых организмов. Все вместе они являются носителями коллективного поля более высокого уровня, и т. д.

В. И. Вернадский первым увидел в биосфере согласованный в своих частях *космический* механизм, изучение частности которого должно идти в теснейшей связи с представлением о нем как о целом. Существование такого механизма, в который входят как определенные составные части — жизнь и охваченная ею оболочка земной коры — биосфера, отвечало всему имевшемуся у В. И. Вернадского эмпирическому материалу и неизбежно вытекало из его научного анализа. Но, что особенно важно, его подход к изучению нашей планеты выходил за рамки геоцентризма, столь характерного для географии и геологии вплоть до середины прошлого века.

В разделах, посвященных физическим полям, как

мощному экологическому фактору (раздел II) и глобальным и локальным проблемам экологии, актуальные проблемы экологии, особенно, наиболее озвучиваемые в средствах массовой информации (разделы IV, V, VI), анализируются, насколько это возможно, с учетом последних результатов изучения этих проблем в смежных с экологией областях знаний. Особенно это касается таких вопросов, как атомная энергетика и проблема радиационного, химического и биологического загрязнений окружающей среды.

Серьезное внимание уделяется рассмотрению возможностей моделирования биосферных процессов как одного из основных путей прогнозирования. Оказывается, что существуют вполне объективные причины того, что предсказания, казалось бы, самой лучшей модели, не оправдываются.

Первая причина заключается в том, что в общем случае варианты возможных путей эволюции определяются запрещающими законами (т. е. законами сохранения), но не предписывающими (законами динамики). Поэтому для сложных систем могут возникнуть проблемы в предсказании путей эволюции.

Вторая причина связана с возможностью возникновения даже в относительно простой системе явления динамического хаоса.

Третья причина обусловлена возникновением в системе противодействия любому эволюционному процессу (в соответствии с принципом Ле Шателье–Брауна). И если последнее оказывается нелинейным, система может перейти в новое состояние через бифуркацию, т. е. реализуется состояние, не вытекающее однозначно из начальных условий, и, соответственно, которое нельзя предсказать однозначно.

Таким образом, с позиций теории динамического хаоса должны существовать как минимум два основных сценария развития событий, эволюция которых изображена на рис. 2 и 3. Важным результатом такого подхода является то, что для нелинейных систем наблюдение за «настоящим» не позволяет однозначно предсказать не только поведение системы в будущем, но и восстановить точную историю эволюции. *Относительно однозначно можно говорить лишь об общих тенденциях эволюции.*

Именно детерминированный хаос, по-видимому, использует сама Природа, производя, например, новые виды биоразнообразия, или превратив косную материю в живую, или используя иммунную систему тела для распознавания болезнетворных микроорганизмов.

Теоретически, природа может быть детерминированной. На практике, однако, детерминизм — это миф. Таков сокрушительный вывод современных представлений о свойствах сложных систем.

Отсюда следует вывод, что, даже если Вселенная ведет себя как машина в строго математическом смысле этого слова, все же может произойти так, что возникнут новые и в принципе непредсказуемые явления. И даже если законы механики будут единственными,

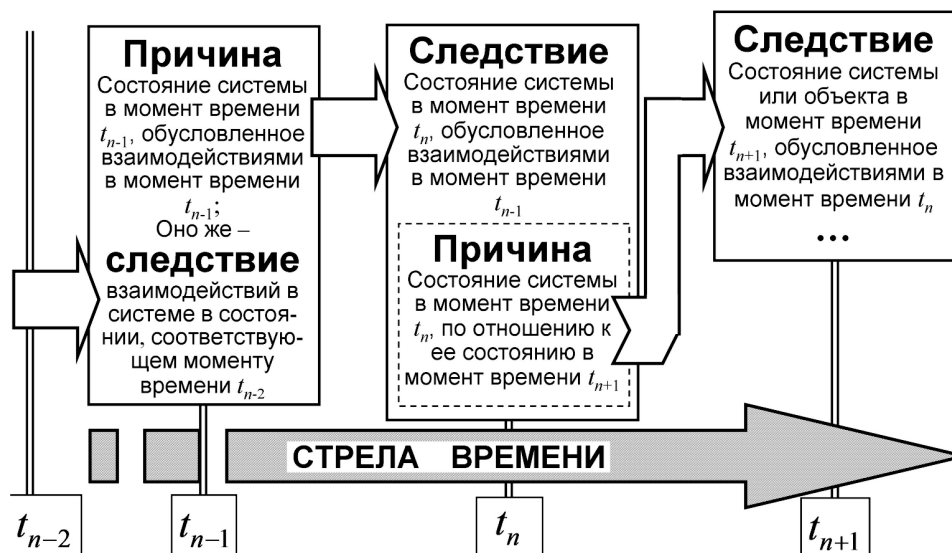


Рис. 2: Характер причинно-следственных связей при эволюции в «добирфукационной» области: причина и следствие связаны однозначно друг с другом, и допускают правильные логические выводы о прошлом и будущем состояниях системы

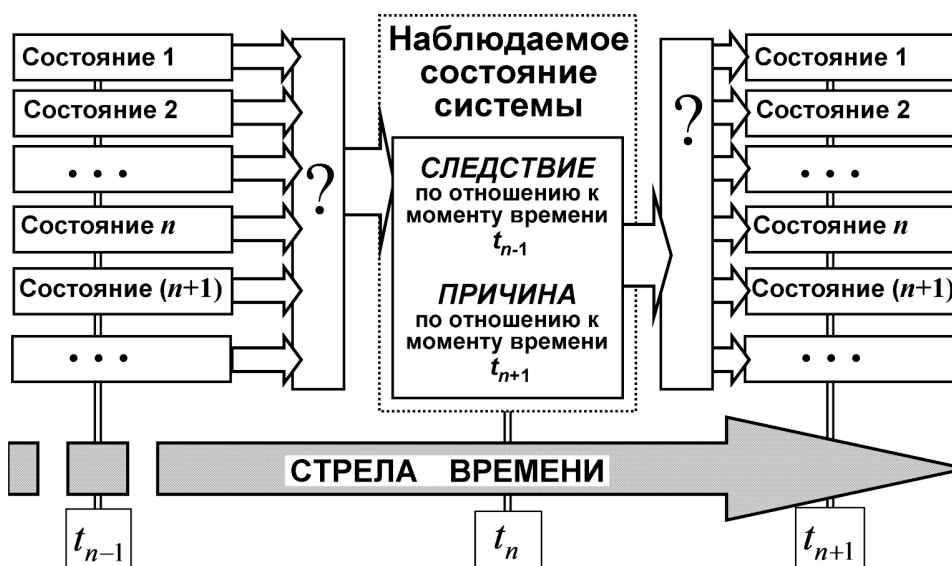


Рис. 3: Характер типичных причинно-следственных связей в нелинейной системе: по результатам наблюдений в момент времени t_n нельзя сделать однозначный логический вывод не только о будущем состоянии системы, но и о причине, приводящей к возникновению этого состояния

определяющими поведение Вселенной, то и тогда ее будущее окажется неопределенным. *Никакой разум, как бы мощен он ни был, не способен предсказать, какие новые формы и системы могут получить существование в будущем.* В этом смысле Вселенная открыта: невозможно узнать, какие еще уровни разнообразия и сложности могут скрываться у нее в запасе.

Известно, что открытые нелинейные системы способны к самоорганизации. При этом открытость является необходимым, но не достаточным условием для

самоорганизации [13]. Открытость подразумевает наличие в системе источников и/или стоков и обмена веществом и/или энергией с окружающей средой, нелинейность — наличие множества решений, которым соответствует множество путей развития системы.

Для образности любую систему можно представить как бесконечный ряд гармоник с неким временным коэффициентом перед каждой из них. При этом в случае независимости гармоник друг от друга, система линейна. В противном случае, когда устанавливается определенная связь между гармониками, система

становится нелинейной.

Представим также, что каждой гармонике соответствует какая-либо структура (или процесс) в биосфере (как это, например, полагали древние греки в своем учении о гармонии). Сдвинутые во времени или в пространстве они сосуществуют на различных стадиях. В зависимости от стадии развития одна структура может служить фоном для развития другой или же они могут практически не взаимодействовать друг с другом. Но если эти гармоники провзаимодействовали, то обязательно должны появиться суммарные и разностные их частоты. Это означает, что в окружающем пространстве возникли новые процессы, которые не описываются только исходными гармониками. Такой процесс, например, легко проследить при исполнении музыкального произведения, когда певческая форманта певца или аккорд порождают мощный инфразвуковой фон произведения, который формально не был предусмотрен нотной записью [14].

Такое построение мира отражает его дискретность. Несмотря на многообразие видов, существующих в природе, симбиотические существа, как правило, не жизнеспособны.

Скорость протекания процессов в ходе эволюции может существенно различаться. В основе медленных процессов лежит отрицательная обратная связь, которая служит стабилизирующим фактором, позволяющим системе вернуться в положение равновесия. Такой путь эволюции считается тупиковой ветвью. Он приводит к возникновению видов, дальнейшее развитие которых практически останавливается. В целом система отрицательных обратных связей обеспечивает защиту биосферы от вредных воздействий.

Сверхбыстрые процессы происходят благодаря нелинейной положительной обратной связи. Это путь, осуществляющийся посредством бифуркаций, в ходе которых происходит существенная перестройка био-

сферы. В. И. Вернадский считал, что именно в такие периоды наблюдается усиление вулканических процессов, ледниковых явлений, геологических процессов, которые охватывают большую часть биосферы. Однако в процессе таких катастрофических изменений не происходит разрушения биосферы, а лишь ее преобразование. Возможно, благодаря именно этим процессам совершенствуются защитные механизмы биосферы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Активная экологическая политика гражданского общества и государства — это требование современности. Она должна определять целенаправленные действия государства в реализации принципов согласования стратегии общественного развития с законами развития Природы и ее современным состоянием. Экологическая политика должна неизбежно ограничивать и направлять активную деятельность людей. Но вместе с тем, сама эта политика во многом будет зависеть от того, какие представления об эволюционных процессах биосферы будут иметь люди, определяющие эту политику.

И здесь при обучении важна, прежде всего, объективность при изложении тех или иных взглядов и теорий.

Мы надеемся, что подход, изложенный в анонсируемом в данной статье учебном пособии «Введение в экологию», написанном на основе большого многолетнего опыта работы авторов и чтения лекций в области физической экологии, поможет ликвидировать пробелы в знаниях при изучении вопросов взаимного влияния окружающей среды (включая физические поля) и объектов живой и неживой Природы.

- [1] Реймерс Н. Начала экологических знаний. (М.: изд-во МНЭПУ, 1995).
- [2] Гордиенко В. А., С. Н. Брыкин, Р. Е. Кузин, И. С. Серебряков, М. В. Старкова. Ломоносовские чтения—2011. Секц. Физики. Сб. тез. докл. (М.: Физфак МГУ, 2011) С.199–203.
- [3] Гордиенко В. А., Старкова М. В. Физические проблемы экологии. Сб. научн. трудов. (М.: МАКС Пресс). № 15. С.125-138. (2008)
- [4] Гордиенко В. А. Роль естественнонаучных знаний в экологическом образовании и просвещении населения. Тез. Межд. конф. г. Пушино. (1998).
- [5] Гордиенко В. А., Гордиенко Т. В. Хорошавинские чтения «Современное физико-математическое образование: проблемы, поиски, находки». В сб. материалов Междун. научно-метод. конф. (Белгород: Изд-во БелГУ) С.28-40. (2005).
- [6] Гордиенко В. А., Дежский В. В. Физическая экология. 3-я Всеросс. Конф. Тезисы. (М.: Физфак МГУ). С.256-

258. (2001).
- [7] Гордиенко В. А., Дежский В. В., Показеев К. В. Вестник РУДН. Сер. Фундамент. естеств.-научн. образование. № 7. С.25-33. (2002).
- [8] Гордиенко В. А., Старкова М. В. Труды 3 междун. Конф. Из серии «Нелинейный Мир», Экология, экологическое образование, нелинейное мышление, Воронеж. (М.: Прогресс, 1999) С.103-110.
- [9] Моисеев Н. Н. Восхождение к разуму. (М.: ИздАТ, 1993).
- [10] Трухин В. И., Показеев К. В., Куницын В. Е., Шрейдер А. А. Основы экологической геофизики. (СПб.: Издательство «Лань», 2004).
- [11] Кант И. Сочинения. (М.: Мысль) 3. С. 681. (1964).
- [12] Лотман Ю. М. Избранные статьи в трех томах. (Таллинн: Александра). 1. С.44. (1992).
- [13] Князева Е. Н., Курдюмов С. П. Законы эволюции и самоорганизации сложных систем. (М.: Наука, 1994).

- [14] Гордиенко В. А., Гончаренко Б. И., Гордиенко Т. В. Некоторые медико-физические аспекты воздействия инфразвука на организм и правил определения его уровней. Тез. докл. 3-й евразийский конгресс по медиц. физике и инженерии «Медицинская физика-2010». (М.: МГУ, 2010).
- [15] Г. С. Розенберг — директор института экологии Волжского бассейна РАН, чл.-корр. РАН.
- [16] Август Лёш (1906–1945) — выдающийся немецкий экономист и географ.
- [17] Под научной или научно-технической революцией мы понимаем, согласно Куну, смену соответствующей парадигмы.
- [18] Согласно установившимся традициям в биологии, к «живым» относят организмы, имеющие клеточное строение. Вирусы к таковым не относятся. Имен-

но с фактором отсутствия достаточной устойчивости структуры у простых самоорганизующихся систем типа вирусов, связывают сегодня трудности эффективной борьбы с ними с помощью медицинских препаратов, т. к. вирусы с помощью небольших мутаций легко модифицируются под их структуру. Новые разновидности вирусов, появившиеся после мутации, легко, без противоречий начинают сосуществовать с этими препаратами. Возможно только временное приостановление роста популяции вирусов на период, достаточный для создания достаточно крупной их колонии с видоизмененной структурой. Для сложных биообъектов такой вариант невозможен.

[19] И тем меньше (как указывалось выше), чем более сложным является биообъект.

Alternative core environmental module for students : features of the foundations of ecology from the physics positions

V. A. Gordienko^{1,a}, K. V. Pokazeev^{2,b}, M. V. Starkova^{3,c}

¹ M. V. Lomonosov Moscow State University, Physical Faculty, Department of Acoustics. 119991, Russia, Moscow.

² M. V. Lomonosov Moscow State University, Physical Faculty, Department of Physic of the sea and of the land water. 119991, Russia, Moscow.

³ FGUP «Enterprise on Radioactive Waste Management «RosRAO»». 119017, Moscow, Bolshaya Ordynka 24/26.
E-mail: ^avgord@list.ru, ^bsea@phys.msu.ru, ^cstarkova.m@rosrao.org.

The alternative new approach to the presentation of the propaedeutic environment is discuss, which may be preceded by the presentation of traditional material of special training courses in ecology, and for students no environmentalists — to serve as the basic course «Introduction to the ecology».

The basis of discussion, the authors prepared the manuscript was taken manual with the same title. This tutorial — the first in the domestic literature, designed primarily for students, which attempted to expand the «niche» of ecological knowledge, including in the course material, substantially beyond the traditional, expounded in the classic courses of ecology.

The main objective of the approach to the presentation of educational material is to give the reader a sufficient amount of material that allows you to intelligently sort out the problems that are now commonly referred to as environmental, and which have become dangerous, primarily because of their Evaluation relationship with nature people are more inclined to change the nature than his ideas about the wisdom of these relationships. Therefore, the approach described in the environment is seen not as a science is taken separately, but is much wider — as the problem-oriented system of interdisciplinary knowledge about the relationship between human and nature in general. The true causes of problems, referred to as environmental, in fact, often go far beyond traditional ecology, and the solution of these problems requires more, including new knowledge, new type of thinking.

The presence of sufficiently large information content from the analogous arts besides the basic material studied in traditional courses of the environment, in the opinion of the authors, will allow the listener a more objective approach to the analysis of certain provisions of modern ecology.

PACS: 01.10.Fv ; 87.23.Kg; 89.60.

Keywords: ecology and environmental management, environmental education, a systematic approach to the ecology and current environmental problems, modeling and prediction in ecology.

Received 16 May 2012.

Сведения об авторах

1. Гордиенко Валерий Александрович — докт. физ.-мат. наук, ведущий научный сотрудник физического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова, профессор ДМУ (КНР), тел.: (495) 939-2969, e-mail: vgord@list.ru.
2. Показеев Константин Васильевич — докт. физ.-мат. наук, профессор, зав. кафедрой физики моря и вод суши физического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова, e-mail: sea@phys.msu.ru.
3. Старкова Марина Валерьевна — канд. физ.-мат. наук, главный специалист ФГУП «Предприятие по обращению с радиоактивными отходами «РосРАО», e-mail: starkova.m@rosrao.org.