

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Кафедра философии**

ЕМБУЛАЕВА Л.С., ИСАКОВА Н.В.

**Сборник методических заданий и практических рекомендаций для
самостоятельной работы магистров и аспирантов.**

Выпуск I.

(биологические, экологические, ветеринарные и с/х дисциплины)

Учебно-методическое пособие

Краснодар 2015

УДК

ББК

Ф

Авторы-составители:

Ембулаева Л.С. – кандидат философских наук, профессор кафедры философии Кубанского государственного аграрного университета.

Исакова Н.В. – кандидат философских наук, доцент кафедры философии Кубанского государственного аграрного университета.

Ембулаева Л.С., Исакова Н.В. Сборник методических заданий и практических рекомендаций для самостоятельной работы магистров и аспирантов. Учеб-метод. пособие. КубГАУ, 2015 г. – 43 с.

Учебно-методическое пособие посвящено раскрытию философских оснований и философских проблем различных областей современного естествознания – биологии, экологии, ветеринарной медицины и синергетики. Методическое пособие разработано в помощь магистрам и аспирантам для организации самостоятельной работы. Пособие предлагает и позволяет активизировать познавательный процесс.

Адресуется аспирантам и соискателям, студентам, обучающимся в магистратуре и специализирующимся по данной проблематике, а также всем, кому интересны тенденции в развитии науки о жизни.

Учебное пособие помогает подготовиться к сдаче нового кандидатского минимума по «Истории и философии науки».

УДК

ББК

© Кубанский государственный аграрный университет

© Л.С. Ембулаева, Н.В. Исакова

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
КЕЙС-ЗАДАНИЯ.....	5
ИСТОРИЯ ФИЛОСОФИИ НАУКИ В ДАТАХ, ЛИЦАХ И СОБЫТИЯХ.....	12
ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ.....	21
ВОПРОСЫ (ТЕМЫ), РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ.....	24
ТЕСТЫ.....	26
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	42
РАБОТА С ПЕРИОДИЧЕСКИМИ ИЗДАНИЯМИ.....	48

Введение.

В законе РФ от 10.07. 1992 г. № 3266 – 1 «Об образовании» поставлена задача улучшения профессиональной компетентности будущих специалистов, формирования у них готовности к самообразованию, непрерывному повышению квалификации, переучиванию.

В этом процессе огромную роль играет самостоятельная работа магистров и аспирантов, которая в упомянутом выше законе квалифицируется как форма организации учебного процесса. Как объективное условие формирования познавательной, исполнительской, творческой активности и самостоятельности при обучении.

Какие бы квалифицированные преподаватели не осуществляли образовательный процесс, основную работу по овладению занятиями магистры и аспиранты должны проделать самостоятельно. Таким образом самостоятельная внеаудиторная работа – это деятельность по усвоению знаний, протекающая без непосредственного участия преподавателя. Однако эта работа организуется, направляется, контролируется и оценивается им.

Индивидуальные задания призваны расширить кругозор, углубить знания, развить пытливость, стремление к исследовательской деятельности.

Цель данного пособия – обобщить накопленный опыт организации самостоятельной работы, охарактеризовать различные виды заданий для самостоятельной работы, рекомендации, требования к их выполнению. Правильная организация этой работы исключает необходимость постоянного непосредственного руководства всеми действиями обучающихся. Отсутствие прямых указаний преподавателя устраняет возможность послушного и механического освоения материала, стимулирует самостоятельность магистров и аспирантов.

Цель самостоятельной работы:

- содействовать оптимальному усвоению учебного материала, развитию познавательной активности, ответственности, готовности и потребности в самообразовании;

Задачи самостоятельной работы:

- углубление и систематизация знаний;
- постановка и решение познавательных задач;
- развитие аналитико-синтетических способностей, умений работать с различной по объему, виду и характеру информацией, научной, методической, учебной, периодической и другой литературой.
- развитие навыков организации самостоятельного учебного труда и контроля за его эффективностью.

Самостоятельную работу сопровождает преподаватель, выступающий в роли консультанта, координатора, то есть магистры и аспиранты находятся в постоянном взаимодействии и взаимовлиянии.

КЕЙС-ЗАДАНИЯ – метод активного проблемно-ситуационного анализа, основанный на обучении путем решения конкретных задач – ситуаций, проблем (решение кейсов).

ЗАДАНИЕ:

- совместными усилиями группы проанализировать предложенное кейс-задание (возможна и индивидуальная работа);
- определите тип задания и проблемную ситуацию;
- соберите информацию для решения проблемной ситуации программной карты кейса.
- выработайте практическое решение;
- оценка предложенных алгоритмов и вариантов решения;
- выбор лучшего в контексте поставленной проблемы.

Раздел: ФИЛОСОФСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ

Кейс – задание № 1: «Восстановите текст».

1. Геккель относил экологию к (_____) наукам и наукам о (_____), которых прежде всего интересуют все стороны существования (_____) организмов.
2. Совместное, взаимосогласованное развитие человека и природы, называют _____.
3. Форма запретов и ограничений, распространяющихся на любую человеческую деятельность и имеющая безусловным приоритетом сохранение живой природы, видового разнообразия планеты, защиту окружающей среды от (_____) называют «_____ императив».
4. Термин «экосистема» был предложен английским экологом (_____). Ее можно определить как ограниченное во времени и пространстве единство, природный комплекс, образованный (_____) организмами (биоценоз) и средой их обитания, связанными между собой обменом (_____) и (_____).
5. Современная экология охватывает чрезвычайно широкий круг вопросов и тесно переплетается с целым рядом смежных наук, прежде всего таких _____.
6. В настоящее время в экологии выделяют ряд научных отраслей и дисциплин: _____.

Кейс – задание № 2: «Проанализируйте текст».

Владимир Иванович Вернадский в очерке «Несколько слов о ноосфере» презентовал ряд положений. Проанализируйте и оцените его высказывания. Насколько они актуальны сегодня?

«Ноосфера есть новое геологическое явление на нашей планете. В ней впервые человек становится *крупнейшей геологической силой*. Он может и должен перестраивать своим трудом и мыслью область своей жизни, перестраивать коренным образом по сравнению с тем, что было раньше. Перед ним открываются все более и более широкие творческие возможности. И, может быть, поколение моей внучки уже приблизится к их расцвету».

«Лик планеты - биосфера - химически резко меняется человеком сознательно и главным образом бессознательно. Меняется человеком физически и химически воздушная оболочка суши, все ее природные воды».

«Лик планеты - биосфера - химически резко меняется человеком сознательно и главным образом бессознательно. Меняется человеком физически и химически воздушная оболочка суши, все ее природные воды».

«В результате роста человеческой культуры в XX в. все более резко стали меняться (химически и биологически) *прибрежные моря* и части океана. Человек должен теперь принимать все большие и большие меры к тому, чтобы сохранить для будущих поколений никому не принадлежащие морские богатства. Сверх того человеком создаются новые виды и расы животных и растений».

«В будущем нам рисуются как возможные сказочные мечтания: человек стремится выйти за пределы своей планеты в космическое пространство. И, вероятно, выйдет».

«В настоящее время мы не можем не считаться с тем, что в переживаемой нами великой исторической трагедии мы пошли по правильному пути, который отвечает ноосфере».

«Сейчас мы переживаем новое геологическое эволюционное изменение биосферы. Мы входим в ноосферу. Можно смотреть поэтому на наше будущее уверенно. Оно в наших руках. Мы его не выпустим».

Кейс – задание № 3: «Оцените позицию».

По теории Геи, предложенной английским химиком и мыслителем Джеймсом Лавлоком в его работе «*Gaia: A New Look at Life on Earth*», в современном представлении Земля должна рассматриваться как единый мир живых макро-организмов. Согласно этой концепции, эволюция биоты, то есть совокупности всех биологических организмов настолько тесно связана с эволюцией их физического окружения в масштабе планеты, что вместе они составляют Нечто, единую саморазвивающуюся систему, которая обладает саморегуляторными свойствами, напоминающими физиологические свойства живого организма. Это нечто и названо Геей по имени греческой богини Земли (Gaia). Гейя как своего рода самоорганизующая система, суперорганизм (биологическая метафора) обладает саморегуляторными "геофизиологическими" свойствами, т.е. поддерживает целый ряд параметров внутренней среды в относительно стабильном, благоприятном для живых организмов уровне (гомеостаз в любом временном срезе).

Собственно гипотеза Геи и состоит в утверждении, что в планетарном масштабе жизнь активно поддерживает относительно стабильные условия на Земле, комфортные для собственного существования. Иначе говоря, биота организует глобальные параметры

среды, непрерывно подстраивая их "под себя", в процессе собственного эволюционного развития.

"...Весь облик Земли, климат, состав горных пород, воздуха и океанских вод есть не только результат геологических процессов, но и является следствием присутствия жизни. Благодаря непрерывающейся активности живых организмов, условия на планете поддерживаются в благоприятном для жизни состоянии на протяжении последних 3,6 миллиардов лет. Любые виды, которые неблагоприятным образом влияют на окружающую среду, делают ее менее пригодной для потомства будут, в конце концов, изгнаны так же, как более слабые, эволюционно неприспособленные виды..."

Актуальна ли «концепция Геи»? Может ли она помочь в изменении мировоззрения человечества?

Кейс – задание № 4: «Исследуйте область применения».

Одно из важнейших направлений социальной экологии – *экология человека*, участвует во многих естественных и социальных науках, таких, как антропология и демография, экономика, архитектура и городское планирование, медицина и психология и многих других.

Приведите примеры применения экологии человека или других направлений экологии в вышеперечисленных науках. Приведите примеры применения направлений экологии человека в других науках.

Кейс – задание № 5: «Продолжите аналогию»

Каждая естественнонаучная дисциплина имеет свою «базовую единицу изучения». В физике это – атом (частица), в гистологии – ткань, в физиологии – орган, в цитологии – клетка, в экологии – _____.

Раздел: ФИЛОСОФСКИЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ, МЕДИЦИНЫ И ВЕТЕРИНАРНОЙ МЕДИЦИНЫ.

Кейс-задание № 6. «Восстановите текст»

Медицина как наука – это специфическое единство познавательных и ценностных форм отражения и преобразовательной деятельности. В ней аккумулируются знания о здоровье и _____, лечении и _____, норме и _____, о патогенном и _____ влиянии на пациента природных, социальных и иных факторов.

Кейс-задание № 7. «Восстановите текст»

Философия медицины призвана выполнять ряд существенных общенаучных функций методологического, _____ и аксиологического характера как в плане междисциплинарных связей медицины с философией, гуманитарными и _____ науками, так и в самой системе медицинских наук.

Особо в качестве проблемы философии медицины следует отметить связь клинического мышления с развитием инструментального арсенала медицины, а также с техникой и _____.

Кейс-задание № 8. «Восстановите текст»

Особенности развития медицины XX-XXI вв. – это прежде всего накопление огромного объема _____ знаний, многообразие теоретических основ клинических и _____ подходов. Лавина научной информации в настоящее время ставит проблемы её рационального использования: от оперативности и эффективности её использования во многом зависит прогресс современной социальной и _____ медицины.

Кейс 9. «Проанализируйте тексты» (раздел: философские проблемы биологии)

1. «Гениальность Дарвина, – отмечает академик Н.В. Тимофеев-Ресовский в работе «Генетика, эволюция и теоретическая биология», – была в том, что он первым увидел в природе принцип естественного отбора, естественно-исторический механизм эволюции живых существ».

Проанализируйте и оцените это высказывание. Актуально ли оно? Нуждается ли теория Ч. Дарвина в защите сегодня?

2. Ю. Чайковский в статье «Иммунитет как борьба за существование» отмечает: «иммунология... формировалась в параллель с дарвинизмом, черпая идеи из него и из ламаркизма... успехи и неудачи эволюционизма на ней легче всего видны»

Можно ли наблюдать эволюцию сегодня? Попробуйте привести примеры.

3. «Наличие в биологии бесчисленных проблемных вопросов вызывает к жизни философию биологии. Биология – субнаука, философия биологии – метанаука. Вместе они как раз и образуют биологию... Философия биологии сложилась лишь в первой половине 1970-х гг. благодаря работам Дэвида Халла и Майкла Рьюза» (В.А. Канке).

Докажите что философия биологии – это метанаука

4. Русский зоолог и теоретик биологии Н.А. Заренков в работе «Теоретическая биология» описывает три образа биологии: физико-химическую биологию, традиционную биологию и теорию естественного отбора. «Признавая заслуженно исключительное положение дарвинизма в биологии, его благотворное воздействие на всё естествознание и отдавая должное памяти Ч. Дарвина, великого труженика и выдающегося биолога, надо признать, что традиционная биология, имеющая дело с жизнью такой, какая она есть, богаче теории эволюции, освещающей пусть важнейший, но всё же дин из аспектов биологии».

Какие методологические следствия вытекают из этого суждения и какое значение они имеют для современной философии биологии?

5. Английский ученый XX в. Дж. Бернал писал о коренном различии, в основе своей философском, между биологией и точными науками, особенно физикой. В физике, обращал внимание Бернал, «мы постулируем, что существуют элементарные частицы, из которых построена Вселенная. Биология же, в отличие от физики, занимается описанием и систематизацией фактов, относящихся к весьма специальному компоненту Вселенной – к тому, что мы называем жизнью или даже более узко – земной жизнью. Это в основном описательная наука, больше похожая на географию и имеющая дело со структурой и функцией некторого числа своеобразно организованных систем в определённый момент времени на определенной планете».

В чём усматривается философский (онтологический и гносеологический) характер проблемы? В чём уникальность объекта познания?

Кейс-задание № 10. «Восстановите текст»

1. Биология (от греч. *bios* – жизнь+ *logos* – учение) – это отрасль науки, которая состоит из 32 наук. Перечислите основные:

2. К Линней (1735) создал систему классификаций _____

3. О трудностях построения биологической теории свидетельствует развитая Т. Шванном (1839) _____

4. Обзор биологических открытий вплоть до труда Ч. Дарвина «_____» не позволяет обнаружить решающий прорыв в научную биологическую теорию.

5. По Н. Тимофееву-Ресовскому, основная заслуга Ч. Дарвина состояла в открытии _____ биологии, а именно принципа естественного отбора.

6. Синтетическая теория эволюция – это синтез

Кейс-задание № 11. «Исследуйте область применения»

1. Бурный прогресс геномики, особенно при планировании и проведении геномных исследований, требует этического и правового регулирования, анализа социально-философских проблем.

В какие междисциплинарные сферы вторгается эта проблематика? Где может применяться?

2. Современные медицинские технологии нацелены на продление телесной, биологической жизни. Одностороннее развитие таких технологий, по мнению Ф. Фукуямы, уже стало причиной того, что общество уделяет слишком большое внимание проблемам эвтаназии и ассистируемого (врачом) самоубийства. Поэтому многие люди продление жизни уже не воспринимают как благо.

Где может быть применима генная инженерия? Новая генная инженерия – это путь к новой форме евгеники?

3. Философия здоровья не может создаваться без анализа фундаментальных оснований бытия человека, общества и природы в их сложных взаимосвязях и взаимопроникновениях, сопряжениях, без обращения к проблеме ценности человеческой жизни в целом, а не только ценности здоровья.

Что будет меняться в установках и ориентациях культуры будущего связи с проблематикой здоровья человека? Какие отрасли экономики и хозяйствования должны возникнуть?

Раздел: ФИЛОСОФСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СИНЕРГЕТИКИ.

Кейс-задание № 12. «Оцените позицию»

Сформировавшись в недрах естественных наук, таких как математика и физика, синергетика в начале XXI в. нашла свое применение в социологии, лингвистике, экологии и философии. Обнаружилось удивительное сходство уравнений, описывающих процессы в самых различных областях знаниях, что позволило говорить о структурном подобии процессов самоорганизации любых систем. Иными словами, разные по природе явления могут идти по схожему сценарию. С.П. Капица, С.П. Курдюмов и Г.Г. Малинецкий в

своем общем труде «Синергетика и прогнозы будущего» отмечали: «Можно изучать самые разные явления, писать разные уравнения и получать одни и те же сценарии. Это поразительно. Исследователи пытаются увидеть за этим новый, более глубокий уровень единства».

Оцените приведённое высказывание в рамках онтологической и мировоззренческой парадигмы.

Кейс-задание № 13. «Восстановите текст»

Синергетические направления:

- **теория** _____ исследует сверхсложную, скрытую упорядоченность поведения наблюдаемой системы; напр. явление **турбулентности**;
- теория _____ занимается изучением сложных самоподобных структур, часто возникающих в результате самоорганизации.
- **теория** _____ исследует поведение самоорганизующихся систем в терминах **бифуркация, аттрактор, неустойчивость**;
- _____ **синергетика и прогностика** прогнозирует на основании специальных лингвистических исследований будущие состояния подсистем языка.

теория динамического хаоса исследует сверхсложную, скрытую упорядоченность поведения наблюдаемой системы; напр. явление **турбулентности**;

- теория **фракталов** занимается изучением сложных самоподобных структур, часто возникающих в результате самоорганизации. Сам процесс самоорганизации также может быть фрактальным,
- **теория катастроф** исследует поведение самоорганизующихся систем в терминах **бифуркация, аттрактор, неустойчивость**;
- **лингвистическая синергетика и прогностика** прогнозирует на основании специальных лингвистических исследований будущие состояния подсистем языка.

Кейс-задание № 14. «Приведите пример»

В рамках синергетической концепции считается, что общими для всех эволюционирующих систем являются:

- неравновесность,
- спонтанное образование новых микроскопических (локальных) образований,
- изменения на макроскопическом (системном) уровне,
- возникновение новых свойств системы,
- этапы самоорганизации и фиксации новых качеств системы.

Проанализируйте данное положение, попытайтесь найти его подтверждение, приведите наглядный пример, основанный на вашей научно-исследовательской работе.

Кейс-задание № 15. «Приведите пример»

Одно из основных положений синергетики гласит: в состояниях, далёких от равновесия, начинают действовать бифуркационные механизмы — наличие кратковременных точек раздвоения перехода к тому или иному относительно долговременному режиму системы — аттрактору. Заранее невозможно предсказать, какой из возможных аттракторов займёт система.

Приведите наглядный пример явления бифуркации и дальнейший переход к состоянию равновесия, который будет основан на исследовании генезиса и исторической динамики таких сфер человеческой цивилизации как наука, общество, политика, культура и пр.

ИСТОРИЯ ФИЛОСОФИИ НАУКИ В ДАТАХ, ЛИЦАХ И СОБЫТИЯХ.

ЗАДАНИЕ:

- *ознакомьтесь с основными эпохами и особенностями взаимодействия философии с естественными науками;*
- *отследите влияние естественнонаучных дисциплин на появление новых философских концепций и смену мировоззренческих парадигм;*
- *выявите, как открытия в естественных дисциплинах и ИТ революции изменяют не только научную картину мира, но и философский взгляд на мир.*

ИСТОРИЯ НАТУРФИЛОСОФИИ И ФИЛОСОФИИ ЭКОЛОГИИ

Античность

В центре греческой философии стояли вопросы соотношения природы и человека. Античная философия космоцентрична, где космос понимается как неразделенность природы и человека. Фалес, Демокрит, Сократ, Платон, Аристотель, Эпикур – таков далеко не полный перечень философов, размышлявших и о человеческом бытии, и об окружающей человека природе.

Милетские натурфилософы пытались объяснить строение Вселенной методами математики и астрономии. Формируются космогонические представления о природе, где из хаоса возникает гармоничный космос (порядок), которому должно соответствовать подобное поведение человека. Появляются представления о бесконечности миров, о шарообразности Земли, которая висит без всякой опоры в центре небесной сферы.

Пифагор обращает внимание на порядок, гармонию и закономерность, царящие в мире и впервые вводит понятие Космос. Человек многими античными философами рассматривался как частица этого великого, необъятного и безграничного Космоса – мыслящий микрокосм.

Платон считал, что изменения в природе – это естественное и неизбежное перерождении самих вещей, которые лишь слабые копии вечных и неизменных в своем совершенстве идей.

Для **Аристотеля**, наоборот, природа – это и есть начало движения и изменения. Незнание движения, влечет за собой незнание природы. Также Аристотель, как и другие античные мыслители разделял природное, естественное – фюсис и неприродное, искусственное, созданное человеком – техне. Все созданное природой имеет в самом себе начало движения и покоя, а вещи, образованные искусственно не имеют врожденного стремления к изменению. Отсюда и разграничение в древнегреческой философии науки и механических искусств.

384-322 гг. до н. э. - **Аристотель** в работе "Истории животных" различал водных и сухопутных животных, плавающих, летающих, ползающих и изучал такие вопросы, как приуроченность организмов к местообитаниям, одиночная или стайная жизнь, различия в питании и т. д.

23-79 гг. н. э. - **Плиний Старший** исследовал вопросы строения и жизни организмов в его знаменитой работе "Естественная история".

Античное понимание природы, где присутствует разделение всего сущего на естественное и искусственное, на земное и небесное, на вечное, неизменное,

совершенное и чувственно-воспринимаемое, тленное в значительной мере перешло в средневековую натурфилософию.

Средневековье

Природа в средневековье – это весь Универсум, весь мир, все, что создано Творцом. Природа наделяется единым смыслом, организацией, целесообразностью, так как она замыслена и создана Богом как нечто хорошо устроенное целое. За всеми изменениями в природе человек видит скрытые божественные силы, все изменения и связи в природе происходят в соответствии с божественным замыслом.

Франциск Азисский не принимал содержащуюся в Библии идею господства человека над природой и считал её признаком дьявольского искушения и непомерных амбиций человека, его греховных желаний и стремлений вознестись за счет других живых «сущест»», он выступал за "равенство всех тварей" перед лицом Бога.

Альберт Великий в своих книгах о растениях придает большое значение условиям их местообитания, где помимо почвы важное место уделяет «солнечному теплу», рассматривая причины « зимнего сна» у растений; размножение и рост организмов ставит в неразрывную связь их питанием.

Возрождение

В эпоху Возрождения понятия – человек, природа и Бог наполняются новым смыслом. Человек становится творцом, подобным Богу, причастным ко всем видам деятельности. Он лишь менее совершенен, чем Творец и может, опираясь на знание законов природы и сакральные знания создавать и преобразовывать мир. Природа – это объект исследования и познания.

Новая интерпретация природы и Бога отразилась в учении **пантеизма**. **Николай Кузанский** считал основным объектом исследования пантеистического Бога, который существует в неразрывном единстве с миром природы.

Джордано Бруно отождествляет Бога и природу, наделяет их одинаковыми качествами: вечностью, бесконечностью, неуничтожимостью, творчеством. Считая, что бесконечность Вселенной – это следствие бесконечной мощи Бога, Бруно уравнивал мощь природы и Бога.

Географические открытия в эпоху Возрождения, колонизация новых стран явилась толчком к развитию биологических наук. Технические и естественные открытия, открытия в природной сфере стали основой и базой, на которой сложилась **натурфилософия XVI** в. Накопление и описание фактического материала привело к созданию новых мировоззренческих концепций.

Новое время

В Новое время природа становится объектом научного анализа и поприщем активной практической деятельности человека, масштабы которой, в силу успехов капитализма, постоянно нарастают. Природа понимается как объект приложения сил человека в соответствии с данными естественных наук – физики, химии, биологии.

Открытия в и исследования в области **естествознани (А. Цезальпина, Д. Рея, Ж. Турнефора, Р.Бойля, Ф.Реди и др.)**, разработка новой методологии познания соединяет естественнонаучные открытия с философским осмыслением.

Также в этот период появляются первые противоречия между человеком и природой – человек стал считать себя главным во всём мироздании. Вера в прогресс, науку и разум, это главная отличительная особенность этого периода.

Просвещение

В эпоху Просвещения возрастает познавательно-преобразующая деятельность человека, активизируется стремление проникнуть в тайны природы, познать её законы и соотнести с ними законы человеческой жизни. Исследования природы **А.Ремюром, Л. Трамбле, С.П.Крашенинниковым, И.И. Лепехиным, П.С. Палласом, К. Линнеем, Ж. Бюффеном и др.** сформировали особый, прогрессивный подход к изучению явлений природы и способствовали появлению идей об изменениях организмов в зависимости от окружающих условий. Господствовавшая в этот период механистическая картина мира, представляла природу как сложный механизм, который можно детально исследовать. Человек, овладевает новыми знаниями, умениями, навыками, расширяет сферы влияния на природу, создает технические устройства, дающие ему новые возможности познания и покорения окружающего мира. Экологических идей как таковых еще нет, но начинает складываться экологическая точка зрения на изучаемые явления природы

Жан Жак Руссо считал, что в культуре и цивилизации таится великое зло, угрожающее естественности мира и изначальной непорочности человека. Он провозгласил призыв «назад к природе» (роман «Эмиль, или о воспитании»), однако подобный лозунг был мало кем воспринят.

XIX – XX века

XIX столетие становится эпохой царства рациональности, безоговорочной веры в непогрешимость и могущество человеческого разума, что подтверждали исследования и открытия **А. Гумбольдта, Ж. Б. Ламарка, О. Декандоля, К.Рулье, Ч. Дарвина, Э. Геккеля, К. Мебиуса** и многих других естествоиспытателей. Человек провел четкую границу между природой и цивилизацией, отвел себе роль покорителя и преобразователя окружающего мира. Так произошло отчуждение человека от природы, неотъемлемой частью которой он сам и является.

Параллельно стали активно пропагандироваться гуманистические взгляды, призывы бережно относиться к природе, не допускать хищническое истребление её богатств.

Альберт Швейцер разработал философско-этическую концепцию «благоговения перед жизнью» и провозгласил равенство перед богом всех тварей, живущих на земле («Распад и возрождение культуры», «Культура и этика», «Христианство и мировые религии»). Он считал, что человек станет этическим лишь тогда, когда жизнь, как таковая, жизнь растений и животных будет для него так же священна, как жизнь человека. В качестве абсолютного, основного принципа морали он выдвигал стремление сохранять развивающуюся жизнь, двигать её вперед до высшей ступени. Гуманист Швейцер указал на нравственный аспект проблемы взаимодействия природы и человеческой цивилизации.

В отечественной традиции проблема взаимодействия человека и природы наиболее глубоко представлена в философии русского космизма. В этом направлении выделяют естественно-научное (**В. И. Вернадский, К. Э. Циолковский, А.Л. Чижевский** и др.) и философско-религиозное (**Н. Ф. Федоров, В. С. Соловьев, П. А. Флоренский, С. Н. Булгаков, Н. А. Бердяев** и др.) течения. В обоих направлениях акцентируется внимание на идеях активной антропологической и социальной эволюции, взаимосвязанности природы и общества, ответственности человека за всё живое на Земле, за природу всей планеты, а также необходимости, соединив духовный и научный

потенциал человечества выработать стратегию преодоления дисгармонии и кризиса в социоприродной сфере.

1926 г. – крупнейший русский ученый XX в. Владимир Иванович Вернадский (1863-1945) опубликовал книгу под названием «Биосфера», которая ознаменовала рождение новой науки о природе, о взаимосвязи с ней человека. По его мнению, рост научного понимания окружающего мира приведет к превращению биосферы в ноосферу – новое состояние биосферы, преобразованное в "в интересах свободно мыслящего человечества как единого целого", где контролируемый и регулируемый процесс обмена веществом и энергией общества с природой станет разумно согласованным с данными науки преобразованием природы. Однако, ученый уже на границе XIX – XX столетий отмечал всевозрастающие темпы демографического роста, указывал, что «площадь, доступная заселению организмами, ограничена», предупреждал о неизбежных негативных последствиях, поскольку «ни один живой вид не может существовать в среде, состоящей из своих отбросов».

Ключевым в формировании концепции ноосферы является особое понимание разума и его роли в мироздании, вселенной и космосе. В.И. Вернадского в первую очередь интересуют процессы, протекающие в биосфере, и значение человека в этих процессах. Фактор эволюции и продолжающегося развития человечества, он практически не обсуждает.

1900 г. – экология оформилась как самостоятельная научная дисциплина.

Большой вклад в изучении природной среды внесли всемирно известные ученые-ботаники **Климент Аркадьевич Тимирязев (1843-1920), Василий Васильевич Докучаев (1846-1903), Фредерик Клементс (1874- 1945), Владимир Николаевич Сукачев (1880-1967),** а также **Артур Тенсли, Людвиг фон Бергаланфи** другие ученые.

К середине XX века экология стала применять строго научный подход. Одновременно сложилась тенденция, когда экология начала все более распылять свои усилия по слишком многим направлениям. Прежде всего, это было связано с бурным развитием молодых наук, отпочковавшихся от классических химических, физических, биологических и других.

Вторая половина XX в. и начало XXI в. это характеризуются встречным движением и интеграцией в различных отраслях естествознания, а также сближением естественных и социо-гуманитарных наук.

Экофилософия – сравнительно новая область философского знания, на возникновение которого повлияли бурное развитие естествознания, продвинувшегося в последнее время в «гуманизированности», а также непрерывно обновляющегося теоретические и экспериментальные сведения о планете.

Важным предметом анализа экофилософии – это осмысление проблем будущего Земли, определение допустимых границ антропогенной нагрузки на биосферу и отыскание таких способов взаимодействия с природными объектами, которые бы не приносили катастрофических последствий для окружающей среды и самого человека. А также стремление придать понятию жизнь приоритетную роль в системе ценностных ориентаций каждого человека.

На сегодняшний день **экофилософия** является дисциплиной, в рамках которой трансформируется понимание современных глобальных проблем, причем не только экологических, но и социальных и даже гносеологических. На базе современной

экофилософии закладываются не только основы охраны биосферы, метода её улучшения и рационального использования, но и обязательное исследование во взаимодействии с окружающей его географической, природно-климатической и культурной средой обитания.

Широкий спектр проблем в рамках экологии позволил выделить в самостоятельную область знания не только экофилософию, но и смежные с ней дисциплины: во-первых, экология человека, экология культуры, социальная экология и др.

Также нарастающие экологические проблемы и их философское осмысление породили ряд концепций и проектов: деятельность «Римского клуба», концепция «Устойчивого развития», коэволюционная концепция взаимосогласованного развития природы-человека-общества, деятельность различных правозащитных организаций типа «Greenpeace» и т.п.

В рамках отечественной философской и естественнонаучной школы Вернадский В.И., Тимофеев-Ресовский Н.В., Моисеев Н. Н., Гиренок Ф. И., Реймерс Н.Ф., Энгельгардт В. А., Карпинская Р. С., Данилов-Данильян В.И., Капица С.П., Фролов И. Т., Урсул А.С., Курдюмов С. П., Князева Е.Н., Лисеев И.К и многие другие разрабатывали и исследовали процессы глобализации, устойчивого развития, взаимоотношения человека, природы, общества, внося заметный вклад в становление и развитие – экологии.

ФИЛОСОФСКИЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ

ИСТОРИЯ ФИЛОСОФИИ БИОЛОГИИ (БИОЛОГИИ) В ДАТАХ, ЛИЦАХ И СОБЫТИЯХ.

Философия биологии – область философии, занимающаяся анализом и объяснением закономерностей формирования и развития комплекса наук о живом. Биофилософия исследует природу и структуру биологического знания, особенности и специфику научного познания живых объектов и систем, средства, методы и способы подобного познания. Философия биологии – это междисциплинарная система знаний, это знание о месте биологии в системе науки и культуры, о влиянии биологии на изменение норм, установок и ориентаций в культуре.

Философия биологии сложилась лишь первой половине 1970-х гг., благодаря трудам американских ученых Давида Халла и Майкла Рьюза.

До этого биология прошла в развитии трудный и противоречивый путь: то она развивалась как часть философского знания, то как самостоятельная наука, то как интегральное знание.

В ответах на вопросы: в чем состоит сущность жизни? Чем отличается живое от неживого? – сложилось два противоположных подхода: **витализм и редукционизм.**

Согласно витализму жизнь определяется особым началом, которое не сводится к принципу, лежащим в основе неживой природы. Редукционизм же полагает, что жизнь можно объяснить её физической и химической организацией.

Античность.

В античной философии появляется **витализм**, основателем которого являлся Аристотель. Он считал, что основой живых организмов следует признать нематериальную душу (псюхе). Именно она является формой живого тела. Душа есть образ и смысловой организации, источник, а также цель, ради которой живое возникает из неживого.

Благодаря Аристотелю в биологии утверждается идея целесообразности живого, получившая название **телеология** (от греч. – «телос» - живое). Таким образом появляется традиция, считающая основой жизни нематериальное организующее начало.

Новое время.

Античная традиция господствовала вплоть до Нового времени, в рамках которого появляется – **механицизм** (XVII в.), уподоблявший организмы и тело человека машинам. По их мнению, функционирование живых организмов можно объяснить с помощью химии и физики. Такой подход позже получил название **редукционизма**.

XVIII век.

До середины XVIII века механицисты доминировали в биологии. Позднее вновь активизируется виталистическое движение, стремившееся определить специфику жизни и её природу.

XIX век.

В XIX веке витализм, сдавая свои позиции, существовал параллельно с редукционизмом, который, наоборот, набирал силу, уходя от упрощенных механистических трактовок. Вместе с тем оставались неразрешенными функциональные проблемы целостности, целесообразности и формирования живого вещества.

Клод Бернар, видный физиолог XIX в. отрицая существование какой-либо жизненной силы, предположил наличие жизненного фактора, имеющего законодательный характер. Так появился **неовитализм** рубежа XIX – XIX вв., представленный эмбриологом **Г. Дриш** и физиологом **Я. фон Иксюль**. Их идеи не получили широкой поддержки.

В конце XIX в. в философии биологии возобладал **эмерджентный подход** (от англ.: emerge – внезапно возникать). Сторонники этого подхода определяли специфику жизни особыми физико-химическими свойствами, возникающими через качественный скачок. Превопричина жизни заключена в специфической физико-химической организации.

XX век.

Попытки объяснить целостность и целесообразность приводян в начале XX в. к появлению **холизма**. Холистический подход в биологии получил серьезное развитие в 1930-х гг. благодаря теории систем и кибернетики. Автор теории систем **Л. фон Берталанфи** и его последователи рассматривают биологические системы посредством физики и химии. К этому подходу близки современные концепции самоорганизации, основание которых по **И. Пригожину** и **И. Стенгерс** (1986), является математический аппарат теории динамического хаоса и неравновесной термодинамики.

Целостность и целесообразность в биологии разрабатывается кибернетикой. Основатель науки об управлении и связи в машинах и живых организмах – **Н. Винер** (1958). Моделью живого организма стал робот. Теперь **механицизм** получил новое дыхание. На базе теории систем и кибернетики в биологии появляется новый подход – **теоретико-системный**, который обеспечил понимание организма как системы. Он обусловил рождение теоретического и философского направления – **биосемиотики**. Молекулярная генетика стала оперировать понятиями «генетическая информация», «генетический код»

С 1960-х гг. развивается математическая теория систем и теория катастроф. Эмбриолог **К. Уоддингтон** утверждает авторитет математики в теоретической биологии. Создатель математической теории катастроф и математической теории морфогенеза.

Р. Том убежден в том, что виталистическая и механистическая позиции совместимы.

В начале XX века появляется органицизм. Его основоположники – биологи У Риттер, Э. Рассел, Дж. Вуджер считали, что целостность организма определяет его жизнедеятельность. Они считали организмы такими же самостоятельными природными единствами, как атомы и молекулы.

XXI век

Перспективной парадигмой в развитии биологии в начале XXI в. считается органицизм.

В XXI в. биология все активнее использует не только физику, химию и другие точные науки, но и сугубо гуманитарные – лингвистику, семиотику, философию, социологию, эстетику, этику и др. Информационная интерпретация биологических структур, разработка эволюционно-генетических моделей сложного поведения в мире живых организмов, исследование феномена жизни, осмысление стремительного развития генной и клеточной инженерии, решение проблем взаимодействия биосферы и человечества и многие другие проблемы, требуют не только совершенствования биологического знания, но и его нравственно-этического осмысления и нормативно-правового закрепления. Этими задачами занимаются биофилософия, биоэтика, экоэтика, биополитика, биоэстетика, социобиология и другие смежные дисциплины.

ФИЛОСОФСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СИНЕРГЕТИКИ ИСТОРИЯ СИНЕРГЕТИКИ В ДАТАХ, ЛИЦАХ И СОБЫТИЯХ.

- Возникновение теории самоорганизации — синергетики — было подготовлено трудами многих выдающихся ученых. К ним относятся, в первую очередь, **Ч. Дарвин** — создатель теории биологической эволюции, **Л. Больцман** и **А. Пуанкаре** — основоположники статистического и динамического описания сложного движения, **Л.И. Мандельштам** - создатель нелинейной теории колебаний, а также **А.Н. Колмогоров**, **А.А. Андронов**, **Н.С. Крылов**, **Н.Н. Боголюбов**, **А.А Власов**, **Л.Д. Ландау** и другие.

- Существенную роль в становлении теории самоорганизации сыграли работы **В.И. Вернадского** о ноосфере.

- Наиболее впечатляющими были эксперименты с самоорганизующимися химическими реакциями, начатые в **50-е гг.** **Б.Н. Белоусовым** и **В. Жаботинским**. Результатом их исследований стало открытие «реакции Белоусова — Жаботинского» — класс химических реакций, протекающих в колебательном режиме, при котором некоторые параметры реакции (цвет, концентрация компонентов, температура и др.) изменяются периодически, образуя сложную пространственно-временную структуру реакционной среды.

1967 году - **И. Забуский** в пришел к выводу о необходимости единого «синергетического» подхода, понимая под этим совместное использование обычного анализа и численной машинной математики для получения решений разумно поставленных вопросов математического и физического содержания системы уравнений.

- Созданием теории самоорганизации в современном ее понимании мы во многом обязаны **И. Пригожину** и **Г. Хакену**.

- Термин “синергетика” Герман Хакен впервые употребил в 1969 г. Хакен хотел чтобы синергетика играла роль метанауки, подмечающей и изучающей общие закономерности различных систем, которые частные науки считали своими.

- Основы этой науки были заложены применительно к физической химии профессором Свободного университета в Брюсселе Ильей Романовичем Пригожиным, награжденным за полученные им результаты Нобелевской премией. Он назвал эту науку наукой о самоорганизации, или наукой о сложном. Позже немецкий физик Г.Хакен успешно применил те же принципы к исследованию явлений в квантовых генераторах и предложил ныне широко используемое название «синергетика».

Синергетический подход развивается следующими школами:

1. Физико-химическая и математико-физическая Брюссельская школа Ильи Пригожина, в которой были сформулированы первые синергетические теоремы (1947 г.), разработанная математическая теория поведения диссипативных структур (термин Пригожина), раскрывались исторические предпосылки и мировоззренческие основания теории самоорганизации, как парадигмы универсального эволюционизма. На сегодняшний день преемственники этой школы работают в США и вместо термина «синергетика» называют разработанную ими методологию «теорией диссипативных структур» или просто «неравновесной термодинамикой».

2. Школа нелинейной оптики, квантовой механики и статистической физики Германа Хакена, с 1960 года профессора Института теоретической физики в Штутгарте. В 1973 году он объединил большую группу, в результате исследований которых появились 69 томов с широким спектром теоретических, прикладных и научно-популярных работ, основанных на методологии синергетики: от физики твёрдого тела и лазерной техники и до биофизики и проблем искусственного интеллекта.

3. В России крупнейшим разработчиком идей универсального эволюционизма и коэволюции человека и природы, а также других синергетических концепций был академик Н. Н. Моисеев. Математический аппарат теории катастроф, пригодный для описания многих процессов самоорганизации, разработан российским математиком В. И. Арнольдом и французским математиком Рене Томом. Академик А. А. Самарский и член-корреспондент РАН С. П. Курдюмов разработали теорию самоорганизации на базе математических моделей и вычислительного эксперимента. Члены-корреспонденты РАН М. В. Волькенштейн и Д. С. Чернавский разработали синергетический подход в биофизике. Синергетический подход в теоретической истории (историческая математика) с подразделами клиодинамика и клиометрика, развивается в работах Д. С. Чернавского, Г. Г. Малинецкого, Л. И. Бородкина, С. П. Капицы, А. В. Коротаева, С. Ю. Малкова, П. В. Турчина, А. П. Назаретяна и др.

Синергетика близка к философским наукам, поскольку объектом являются вопросы о том, как вообще возникают организационные структуры материальных образований со всеми их функциями. Но в не меньшей мере это и мировоззренческие вопросы, исследуя которые синергетика привносит характерные особенности, понятия, методы, чуждые традиционно сложившимся научным направлениям.

Синергетика как новое направление междисциплинарных исследований представляет собой интерес для науки в целом.

Разработка философских оснований синергетики, как отмечает академик РАН В.С. Степин, – это поле совместной аналитической работы философов и ученых специалистов различных областей знания. Эта работа включает осмысление онтологических категориальных структур самоорганизации и саморазвития, анализ гносеологической и методологической тематики, выяснение нового понимания познавательных идеалов и норм, которые необходимы для освоения сложных саморазвивающихся систем. Здесь нужен анализ тех новых смыслов, которые обретают категории «понимание», «объяснение», «предсказание», «теория», «факт» применительно к саморазвивающимся системам. Именно в этом пункте происходит переход к постнеклассическому типу рациональности. Еще одним аспектом философских оснований синергетики выступают мировоззренческие проблемы, связанные с включением в культуру новых научных представлений о саморазвитии. Здесь уже есть исследования (в том числе и мои), показывающие, что новые представления резонируют как с западной, так и с некоторыми восточными культурными традициями. Вместе с тем, эти представления создают точки роста новых ценностных ориентаций в современной культуре.

РЕФЕРАТ – это краткое изложение в письменном виде содержания и результатов индивидуальной учебно-исследовательской деятельности, имеет регламентированную структуру, содержание и оформление.

ЗАДАНИЕ:

- текст реферата должен содержать аргументированное изложение определенной темы;

- реферат должен быть структурирован (по главам, разделам, параграфам) и включать разделы: введение, основная часть, заключение, список используемых источников;

- в зависимости от тематики реферата к нему могут быть оформлены приложения, содержащие документы, иллюстрации, таблицы, схемы и т. д.

ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ:

1. Антропный принцип в космологии.
2. Генная инженерия и области ее применения.
3. Генная инженерия как социокультурный факт.
4. Двойственный характер достижений биотехнологии. Философско-этические проблемы генной инженерии.
5. Евгеника и неоевгеника: философский анализ.
6. Естественно-научные знания как основа развития современной медицины и ветеринарии.
7. Жизнь и самоорганизация
8. Здоровье, заболеваемость и смертность как социальная проблема.
9. Идея космического характера жизни в науке XX века.
10. Информационно-компьютерная революция и социальные изменения.
11. Историческая модель развития научного знания С. Тулмина.
12. История формирования философии науки
13. Концепция устойчивого развития общества, проблемы и возможности ее реализации.
14. Концепция электромагнитной теории жизни.
15. Методологические аспекты синергетики
16. Молекулярная эволюция и происхождение человека.
17. Н.Н. Моисеев о необходимости коэволюции общества и природы.
18. Наука и ее роль в обществе XXI века.
19. Общественная обусловленность техники.
20. Общие закономерности возникновения и развития естественных наук.
21. Опарин и Вернадский. Происхождение биологических видов и проблема эволюции.
22. Основные направления философии науки.
23. Основные регулятивы, структура и результаты научного познания и проверки истинности получаемых знаний, прогноз развития наук.
24. Основные этапы развития экологии от биологического до социоприродного статуса.
25. Основные принципы синергетического мировоззрения

26. Особенности научно-технического развития современности.
27. Перспективы развития глобальной и локальной экологии.
28. Перспективы хозяйственной деятельности человечества в условиях ограниченности материальных ресурсов планеты.
29. Почему мы доверяем науке. История науки. Границы науки.
30. Прикладные области социальной экологии.
31. Проблема воздействия биологии на формирование новых норм, установок и ориентаций культуры.
32. Проблема возможности генетической катастрофы.
33. Проблема происхождения жизни на земле.
34. Проблемы морали и биоэтики в современной ветеринарии.
35. Проект «Геном человека» и его влияние на социокультурную ситуацию.
36. Происхождение и эволюция жизни. Эволюция и коэволюция. Саморазвивающиеся системы.
37. Разнообразие форм жизни.
38. Рациональный смысл древней мифологемы происхождения жизни.
39. Роль СМИ в развитии и популяризации экологического образования и просвещения населения.
40. Роль социальной экологии в преодолении экологического кризиса.
41. Синергетика: становление нелинейного мышления
42. Синергетическая интерпретация учений о сложной природе человека
43. Современная экология: новые направления и дисциплины.
44. Современные методы моделирования зарождения жизни.
45. Социально-этические аспекты применения геной инженерии. Двойственный характер достижений биотехнологий.
46. Суть теории биосферы и ноосферы В.И. Вернадского.
47. Сущность живого и проблема его происхождения.
48. Теория биологической эволюции.
49. Теория научных революций Т. Кун.
50. Техника, человек, природа: проблемы взаимодействия и противостояния.
51. Традиции древних культур и научное творчество.
52. Традиционная и техногенная цивилизация.
53. Философский смысл клонирования.
54. Философские проблемы синергетики.
55. Формирование модели происхождения жизни А.И. Опарина. Важнейшие свойства живых систем.
56. Человек и природные ресурсы: проблемы взаимодействия в процессе эволюции цивилизации.
57. Эволюция науки: от знания к пониманию, от классического знания к постклассической науке.
58. Экогуманизм и экоаксиология как новая система приоритетов и ценностных ориентаций.
59. Экологическая культура и ее роль в преодолении современной кризисной ситуации.
60. Экологические императивы в образовании, воспитании и просвещении.
61. Экологические императивы современной цивилизации.

62. Экологическое образование на разных уровнях образования и воспитания.
63. Экологическое право России: особенности, проблемы и перспективы развития.
64. Экология и концепция устойчивого развития.
65. Эпоха ноосферы и проблемы коэволюции.

ВОПРОСЫ (ТЕМЫ), РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ

Данный вид самостоятельной работы, формирует умение самостоятельно отбирать и анализировать материал, решать поставленные проблемы и познавательные задачи, которые возникают при исследовании выбранного для изучения вопроса; способствует углубленному изучению выбранной темы (соответственно, и изучаемого курса), формированию своего собственного видения предмета исследования, собственного мировоззрения.

1. В заключается особенность международного экологического права?
2. В заключается особенность экологического права России?
3. В какие проблемы может вылиться борьба за ресурсы?
4. В чем заключается деятельностно-информационный подход к изучению болезни животного?
5. В чем суть проблемы телеологии в философии биологии?
6. Влияние биологии на формирование современной эволюционной картины мира.
7. Влияние биологической теории эволюции на становление современной концепции глобального эволюционизма.
8. Возможно ли снизить чрезмерную антропологическую нагрузку на биосферу?
9. Как влияют глобальные проблемы современности на развитие ветеринарной медицины?
10. Как понимается термин «редукция» в философии биологии?
11. Как проявляются экологические проблемы и их решение в вашем регионе?
12. Как соотносятся социальные, гуманистические и экономические основы ветеринарной медицины?
13. Какие концепции и проекты могут способствовать формированию экологических императивов современной культуры?
14. Какие философские проблемы связаны с теорией эволюции?
15. Какова направленность вектора философско-методологических подходов к изучению болезней в современной медицине?
16. Какова специфика взаимодействия субъективных и объективных факторов в процессе диагностики заболеваний?
17. Каково содержание принципа органицизма?
18. Может ли изменение мировоззренческой парадигмы повлиять на «экологическое поведение» людей?
19. Назовите основные концептуальные подходы к характеристике сущности жизни.
20. Ноосферная концепция – утопия или реальность?
21. НТР и глобальные экологические проблемы.
22. Обозначте характерные принципы синергетики?
23. Основные принципы и ориентации современной биоэтики и биомедицинской этики, биополитических концепций, биотехнологий и биоэстетики.
24. Основные этапы становления и структура синтетической теории эволюции.
25. Охарактеризуйте основные концепции сущности законов природы (науки) в философии Нового времени (принудительная, имманентская, позитивистская, конвенционалистская)?

26. Перечислите критерии болезни.
27. Поможет ли применение возобновляемых источников энергии и ресурсов преодолеть экологический кризис?
28. Принципы самоорганизации в неорганической и живой природе.
29. Раскройте философско-методологические аспекты учения о норме и здоровье.
30. Существуют ли границы активной преобразовательной деятельности человечества по отношению к природе?
31. Хаос и порядок, энтропия и жизнь, свобода и единство – охарактеризуйте эти понятия в рамках синергетики.
32. Чем объясняется возрастание роли философии в медицине и ветеринарии в наши дни?
33. Что такое витализм и механицизм в биологии?
34. Что такое синергетика: предмет, метод, идея?
35. Экологическое воспитание и образование – с чего начинать?

ТЕСТЫ – это краткие, стандартизированные или не стандартизированные пробы, испытания, позволяющие быстро оценить результативность познавательной деятельности студентов, т.е. оценить степень и качество достижения каждым студентом целей обучения

ЗАДАНИЕ:

- ознакомьтесь с тестами;
- используя знания, полученные в процессе обучения, а также дополнительные литературные и электронные источники правильно ответить на задания тестов.

1. Философские проблемы биологии

S: Основная задача биологической науки –

- + интеграция биологического знания в рамках общей теории
- + создание общей теории
- развитие только эволюционной биологии
- дифференциация биологического знания

S: Область философии, занимающаяся анализом и объяснением закономерностей формирования и развития основных направлений комплекса наук о живом –

- философия экологии
- + философия биологии
- биофизика
- биогеохимия

S: «Антропный принцип» утверждает, что ...

- только разум человека способен познать устройство Вселенной
- человек может менять течение физических процессов
- существует множество миров, в которых существует разумный человек
- + соотношения физических величин во Вселенной таковы, что только при этих соотношениях мог появиться и выжить человек

S: Учение о нравственной стороне деятельности человека в медицине и биологии –

- + биоэтика
- биоэстетика
- социобиология
- учение о морали и нравственности

S: Перспективное направление современной биологии, стремящееся составить полный перечень всех белков, входящих в структуру живых организмов ...

- бионика
- + протеомика
- геномика

-: евгеника

S: Наука о защитных свойствах организма ...

- : медицина
- : акмеология
- +: иммунология
- : микробиология

S: Американский биолог Э. Уилсон предложил проект новой науки о биологических основах поведения человека, которую он назвал ...

- : этология
- +: социобиология
- : антропология
- : человековедение

S: Биологическая наука о происхождении и эволюции физической организации человека и его рас ...

- +: антропология
- : этология
- : экология
- : биология

S: Антропология

- : наука о взаимодействии человека и окружающей природной среды
- : учение о строении и эволюции человекоподобных обезьян
- +: биологическая наука о происхождении и эволюции физической организации человека и его рас

S: Евгеника – это ...

- : учение об индивидуальном развитии растений и животных
- +: генетическая концепция о возможных методах влияния на эволюцию человечества для совершенствования его природы
- : наука об общих законах получения, хранения, передачи и переработки информации
- : антинаучное учение о биологической неравноценности различных рас и народов

S: Необходимые признаки мутации:

- +: случайное изменение структуры наследственной молекулы
- : сознательное изменение набора хромосом
- : сознательное изменение структуры наследственной молекулы
- +: случайное изменение наследственной информации

S: Природные явления, относящиеся к мутагенам ...

- +: температура
- +: радиация
- +: тяжелые металлы

- : легкие металлы
- +: вирусы
- : белки

S: Мутагены – это ...

- +: факторы, вызывающие мутации
- : испорченные гены
- : искаженные гены
- : факторы, вызывающие случайные комбинации хромосом

S: Мутация –

- +: внезапное изменение наследственных структур, вызванное естественным или искусственным путем
- : получение сложных соединений из более простых
- : случайные отклонения системы от некоторого среднего положения

S: Вирус –

- +: возбудитель инфекционных болезней растений, животных и человека, размножающийся только внутри живых клеток
- : материальный носитель генетической информации
- : организм, питающийся за счет фотосинтеза.

S: Гены – это ...

- : молекулы, в которых закодирована информация о структуре ДНК
- +: участки молекулы ДНК, структурная и функциональная единица наследственности живых организмов
- : органеллы, находящиеся внутри клетки и содержащие в себе специфические белки, отвечающие за внешние (фенотипические) признаки организма
- : особые клетки, несущие в себе наследственную информацию

S: Геном человека – это

- +: совокупность наследственного материала, заключенного в клетке человека
- : совокупность атомов и молекул
- : совокупность клеток и тканей
- : совокупность элементарных частиц

S: Результат реализации проекта «Геном человека» ...

- : создание полной карты генов человеческой популяции
- : расшифровка генетического кода
- +: определение последовательности нуклеотидов в геноме конкретного человека
- : определение функционального значения всех генов, входящих в геном человека

S: Процессу репликации соответствует следующая биологическая функция –

- +: удвоение молекулы ДНК
- : создание молекулы РНК на базе молекулы ДНК

- : синтез белка на основе молекулы РНК
- : расщепление молекулы ДНК

S: Наука о закономерностях наследственности и изменчивости ...

- +: генетика
- : евгеника
- : биохимия
- : молекулярная биология

S: Основные функции нуклеиновых кислот ...

- : катализ биохимических реакций
- +: регулирование синтеза белков
- +: хранение наследственной информации
- : регулирование метаболизма

S: Геном ...

- : положительно заряженная частица, входящая в состав ядра атома
- : элементарная живая система, основа строения и жизнедеятельности всех живых организмов
- +: совокупность генов, содержащихся в одинарном наборе хромосом данной животной или растительной клетке

S: Система «перевода» последовательности нуклеотидов в молекуле ДНК в последовательность аминокислот в молекуле белка – это ...

- : генотип
- : митоз
- : геном
- +: генетический код

S: Основная функция ДНК

- : получателя наследственной информации
- : носитель наследственной информации в процессе ее использования в процессе синтеза белков
- +: основной носитель и хранитель наследственной информации
- : разработчика наследственной информации

S: Авторы открытия ДНК как носителя наследственной информации:

- : Морган
- : Кольцов
- : Тимофеев-Ресовский
- +: Крик и Уотсон

S: Ученые, получившие Нобелевскую премию по физиологии за открытие молекулярной структуры ДНК ...

- : Н. Кольцов

- + : Дж. Уотсон
- + : Ф. Крик
- : Р. Фишер

S: Молекула ДНК состоит из двух зеркально отображающих друг друга (комплементарных) цепочек. Это необходимо для ...

- + : воспроизводства молекулы ДНК
- : повышения стабильности молекулы ДНК
- : гарантии целостности генетической информации
- : сохранения генетической информации

S: Первые формулировки генетической концепции

- : Дарвин Ч.
- : Мендель Г.
- : Ламарк Ж.-Б.
- + : Вейсман А.

S: Клонирование – это:

- + : формирование нового организма внутри другого на основе наследственной информации третьего организма
- : случайное изменение наследственной информации
- : селекция
- : естественный процесс приспособления организма к условиям окружающей среды

S: Искусственно модифицированные продукты (трансгены) могут быть опасны, потому что ...

- + : последствия их применения не апробированы долгим опытом людей
- : их наследственная информация может быть встроена в наследственную информацию человека и исказить ее
- : они непривычны для человека

S: Верное утверждение ...

- + : во всех клетках организма содержится одинаковый набор генов
- : в клетках различных тканей и органов содержатся различные гены
- : клетки различных тканей и органов содержат одинаковый хромосомный набор, но разные гены

S: Факторы, обуславливающие «ветвление» эволюции живых организмов, умножение их родов и видов ...

- : вмешательство человека в природные процессы
- + : различие в природно-климатических условиях и направлениях их изменений в разные эпохи и в разных частях Земного шара
- : наличие разных центров возникновения живого
- + : наличие разных форм и возможностей приспособления организмов к одним и тем же изменениям условий окружающей среды

S: Признаки, включаемые в современное определение жизни, живого:

- +: воспроизведение специфической структуры
- : наличие специфической структуры
- +: активность
- : выделение энергии
- +: поглощение энергии

S: Факторы, говорящие в пользу гипотезы об одном центре (временном и пространственном) - возникновения жизни

- : похожесть формы всех живых организмов
- +: единство генетического кода всех живых организмов
- +: наличие «магических аминокислот»
- : клеточное строение всех живых организмов

S: Принципы теории эволюции ...

- +: естественный отбор
- +: изменчивость
- : адаптация
- : многообразие видов

S: Синтез белков происходит в ...

- : ядре клетки
- : митохондриях
- +: рибосомах
- : хромосомах

S: Первыми живыми организмами на Земле были ...

- : эукариоты
- +: прокариоты – анаэробы
- : прокариоты – фотосинтетики
- : прокариоты

S: В основе эволюционного процесса лежит (лежат) ...

- : стремление организма приспособиться к изменяющимся условиям внешней среды
- : наличие особых генов, отвечающих за приспособляемость организма
- + случайные изменения генотипа
- : учение о генетической наследственности человека

S: Антропогенез –

- : теория индивидуального развития организма
- +: процесс эволюционно-исторического формирования человека
- : учение о генетической наследственности человека
- : учение о божественном сотворении человека

S: Гомеостазис –

- + : совокупность сложных приспособительных реакций организма, направленных на сохранение динамического состояния его внутренней среды
- : обмен веществ, ассимиляция и диссимиляция в организме
- : переход энергии упорядоченного движения в энергию хаотического движения
- : переход от хаотического движения к упорядоченному

S: Эволюционное значение полового размножения связано с ...

- : увеличением темпов роста популяции и, как следствие – усилением давления естественного отбора
- : усилением взаимной зависимости организмов и, как следствие – формированием популяций, сообществ и экосистем
- + : увеличением разнообразия генотипов в результате комбинирования генотипов различных особей
- : ослаблением взаимной зависимости организмов

S: Современная официальная теория эволюции (синтетическая теория эволюции) в себя включает –

- : идеи Ж. Ламарка и Ж. Кювье
- : только идеи Ч. Дарвина
- + : идеи Ч. Дарвина и генетику
- : идеи Н. Коперника и Г. Галилея

S: Систематика живых существ, предложенная К.Линнеем, основывалась на идее ...

- : резких изменениях видового состава биосферы в результате катастроф
- : постоянных эволюционных изменениях видов
- + : неизменности видов с момента их сотворения

S: Идеи катастрофизма и принцип неизменности органических видов –

- : Ламарк Ж.
- + : Кювье Ж.
- : Лайель Ч.
- : Дарвин Ч.

S: Ж. Кювье полагал, что –

- : жизнь существовала на Земле всегда
- + : на Земле периодически происходят глобальные катастрофы
- : жизнь на Земле возникла спонтанно
- : новые формы жизни на Земле возникают постоянно

S: Эволюционная теория происхождения биологических видов путем естественного отбора –

- : Ламарк Ж.
- : Кювье Ж.
- : Лайель Ч.

+: Дарвин Ч.

S: Автор труда по классической биологии «Происхождение видов путем естественного отбора»:

+: Дарвин

-: Ламарк

-: Лайель

-: Кювье

S: Эволюция путем случайных изменений, подвергающихся естественному отбору

+: Дарвин Ч.

-: Мендель Г.

-: Вейсман А.

-: Ламарк Ж.-Б.

S: Первые эксперименты по передаче наследственных свойств ...

-: Дарвин Ч.

+: Мендель Г.

-: Вейсман А.

-: Ламарк Ж.-Б.

S: Эволюция путем наследования приобретенных признаков –

-: Дарвин Ч.

-: Мендель Г.

-: Вейсман А.

+: Ламарк Ж.-Б.

S: Отказ от идеи вечности и неизменности биологических видов и установление основного фактора эволюционного процесса –

+: Ламарк Ж.

-: Кювье Ж.

-: Дарвин Ч.

-: Бутлеров А.

S: Эволюционизм это –

-: полное отрицание эволюционных процессов в природе

+: признание существования мироздания только в рамках глобального эволюционного процесса

-: признание принципа механицизма при формировании научной картины мира

-: признание существования эволюционных процессов только для живой природы

S: Согласно принципу Ф. Реди –

+: всё живое происходит только из живого

-: всё живое происходит из неживого

-: всё живое происходит из божественного

-: живое зарождается самопроизвольно

S: Видообразование может осуществляться вследствие ...

- : колебаний численности популяций
- : глобальных катастроф
- +: пространственной изоляции популяций
- +: гибридизации

S: Суть популяционных волн как элементарного фактора эволюции заключается в ...

- +: периодических колебаниях численности популяции
- : периодических изменениях условий окружающей среды
- : географическом распространении и изоляции различных популяций одного вида

S: Факт, говорящий в пользу гипотезы об одном центре (временном и пространственном) возникновения жизни ...

- : клеточное строение всех живых организмов
- +: единство генетического кода всех живых организмов
- : похожесть формы всех живых организмов

S: Совокупность внешних признаков организма – это ...

- : архетип
- : геном
- : генотип
- +: фенотип

S: Фенотип –

- : совокупность особей одного вида, населяющая некоторую территорию, относительно изолированных от других и обладающая определенным генофондом
- : процесс исторического развития организмов, различных типов, классов, отрядов.
- +: совокупность всех признаков и свойств организма, сформировавшихся в процессе его индивидуального развития

S: Клетки человеческого организма, в которых содержится половинный (гаплоидный) набор хромосом ...

- : соматические
- : мутантные
- +: половые
- : стволовые

S: Элементарная структура эволюции по современным меркам –

- +: популяция
- : клетка
- : молекула
- : вид

S: Основная единица систематики живых существ

- : популяция
- : род
- +: вид
- : особь

S: Элементарная структурная единица жизни ...

- : орган
- : особь
- : популяция
- +: клетка

S: Согласно данным современной антропологии, основным географическим очагом формирования новых видов гоминид является ...

- : Северная Америка
- : Китай
- : Европа
- +: Восточная Африка

S: Неандертальцы ...

- : были прямыми предками современного человека
- : вымершая раса современных людей
- : внесли некоторый генетический вклад в генофонд современного человека
- +: были независимой ветвью и полностью замещены человеком современного типа, не внося генетического вклада

2. Философские проблемы экологии

S: Наука о взаимодействии человека и окружающей природной среды –

- : антропология
- : этология
- +: экология
- : биология

S: Биосфера это ...

- : наука о природе и закономерностях её развития
- + область распространения жизни на Земле, образующая целостную динамическую систему
- : теория о миграции жизни во Вселенной

S: Новое эволюционное состояние биосферы, в которой разумная деятельность человека является решающим фактором, называется:

- +: ноосферой
- : техносферой
- : сферой культуры

-: литосферой

S: Ноосферное развитие – это ...

- : совместное развитие человеческого общества и научно-технического прогресса
- +: разумно управляемое соразвитие человека, общества и природы
- : развитие техносферы
- : развитие духовно-нравственного общества

S: Идея о влиянии солнечной радиации на живую природу и социальные процессы:

- : Гейзенберг В.
- +: Чижевский А.
- : Вернадский В.
- : Циолковский Э.

S: Учение о биосфере и ноосфере:

- : Гейзенберг В.
- : Чижевский А.
- +: Вернадский В.
- : Циолковский Э.

S: Экосистема – это ...

- : совокупность популяций, занимающих определенную территорию
- +: функциональное единство сообщества живых организмов и среды обитания
- : совокупность популяций, занимающих определенную территорию и образующих единую пищевую цепь

S: Вся совокупность живых организмов на Земле, находящаяся во взаимосвязи с физической средой, называется ...

- + биосфера
- : ноосфера
- : биогеоценоз
- : биота

S: Антропогенез – это ...

- : новое эволюционное состояние биосферы, в которое она переходит в результате воздействия преобразовательной деятельности человека
- : - учение о генетической наследственности человека
- +: процесс эволюционно-исторического формирования человека
- : теория индивидуального развития организма

I:

S: Ноосфера – это ...

- : область распространения жизни на Земле
- +: новое эволюционное состояние биосферы, при котором разумная деятельность человека становится решающим фактором ее развития

- : учение о происхождении и эволюции человека и его рас
- : наука о взаимодействии природы и общества.

S: Исследования биосферы и оценка возможных антропогенных ее изменений с помощью компьютерного моделирования проводились –

- + : Моисеевым Н.
- : Вернадским В.
- : Чижевским А.
- : Циолковским К.

S: Область философии, исследующая философские проблемы взаимодействия живых организмов и систем между собой и средой своего обитания, а также кризисных явлений в биосфере, вызванных антропогенной нагрузкой на природу –

- : биоэтика
- + : экофилософия
- : экология
- : биофилософия

S: Интегральная дисциплина, рассматривающая специфическую взаимосвязь и взаимовлияние между человеческим обществом и средой его обитания, исследующая законы совместимости общества и природы –

- : экофилософия
- : экология
- : биофилософия
- + : социальная экология

S: Центральным понятием социальной экологии является –

- : социальные отношения
- : социальные нормы
- + : система-общество-природа
- : практическая деятельность

S: «Экологический императив» это –

- + граница допустимой активности, которую человек не имеет права переступить ни при каких обстоятельствах
- + поведение человека, которое бы способствовало развитию биосферы
- : нормы права, содержащие властные предписания, отступления от которых не допускаются
- : безусловно общеобязательное формальное правило поведения всех людей

S: Понятие «экологический императив» ввел –

- + : Моисеев Н.
- : Вернадским В.
- : Пригожин И.
- : Хакен Г.

S: Первым концепцию коэволюции ввел –

- : Вернадский В.
- : Хакен Г.
- +: Тимофеев-Ресовский Н.
- : Чижевский А.

S: Совместная эволюция человеческого общества и природы –

- : бифуркация
- : аттрактор
- : фазовый переход
- +: коэволюция

S: Согласно учению В. Вернадского живое вещество – это –

- +: совокупность всех живых организмов
- : органические соединения
- : неорганические соединения
- : совокупность клеток

S: Эволюция биосферы это ...

- +: процесс самоорганизации открытой неравновесной системы планетарного мышления
- : замкнутая система
- : система, включающая неживые вещества
- : процесс перехода замкнутой системы в состояние равновесия

3. Философские проблемы синергетики

S: Диссипация – это ...

- : поглощение вещества из газовой или жидкой среды поверхностным слоем твердого тела
- +: переход энергии упорядоченного движения в энергию хаотичного движения частиц
- : отклонения волн, возникающие при их распространении в неоднородных средах
- : прохождение световых волн сквозь непрозрачную среду

S: Флуктуация – это ...

- : приспособление функций и строения организмов к условиям существования
- : распад сложных веществ на простые в организме, сопровождающийся освобождением энергии
- : явление сильного возрастания амплитуды колебаний под влиянием внешних воздействий
- +: случайное отклонение величины, характеризующее систему из большого числа частиц, от её среднего значения

S: Процесс саморегуляции систем любой природы относительно заданного состояния на основе поддержания отрицательной обратной связи с окружающей средой, обеспечивающий динамическое равновесие системы, называется ...

- + : гомеостазис
- : бифуркация
- : структура
- : энтропия

S: В кибернетике количественная мера устранения неопределенности, мера организации системы называется ...

- : организованность
- : функциональность
- : детерминация
- + : информация

S: Автор концепции универсального (глобального) эволюционизма

- + : Моисеев Н.
- : Алферов Ж.
- : Пригожин И.
- : Хакен Г.

S: В начале XX века российский ученый А.А. Богданов-Малиновский выдвинул проект создания всеобщей организационной науки, которую он назвал ...

- + : тектология
- : теория информации
- : эргономика
- : общая теория систем

S: Кибернетика – это ...

- : наука о взаимоотношениях живых организмах с окружающей средой
- : теоретическая информатика
- : наука, изучающая проблемы анализа и синтеза систем
- + : наука об общих закономерностях процессов управления и передачи информации в машинах, живых организмах и обществе

S: Основателями синергетики являются ...

- + : Г. Хакен
- : Г. Мендель
- + : И. Пригожин
- : Н. Моисеев

S: Важнейшая функция современной синергетики

- : объяснение происхождения жизни из неживого вещества
- + : интеграция научного знания
- : анализ самоорганизации химических молекул

S: Кибернетическая основа механизма самоорганизации
-: целостность системы
-: самовоспроизводящаяся отрицательная обратная связь
+: самовоспроизводящаяся положительная обратная связь

S: Задача создания искусственного разума (интеллекта) заключается в ...
+: техническом моделировании функций человеческого мозга
-: создании нервных клеток мозга человека из синтетических материалов
-: создании мыслящих машин
-: развитию робототехники

S: Проблема искусственного разума (интеллекта)...
+: комплексная проблема на стыке философии, кибернетики, нейрофизиологии и других наук
-: проблема чисто техническая
-: одна из задач синергетики
-: нравственная проблема

S: Самоорганизация – это ...
-: процесс самоуправления
-: организация деятельности за счет собственных ресурсов
+: процесс самопроизвольного перехода системы на качественно новый уровень
-: организация

S: Синергетика – это ...
-: биологическая наука о коллективном поведении животных
-: религиозное учение о сотворении мира Богом из ничего
-: наука об отношениях растительных и животных организмов с окружающей средой
+: наука об общих принципах самоорганизации систем

S: Теорию информации разработал:
-: Аристотель
+: Н. Винер
-: К. Шеннон, А. Колмогоров
-: Л. фон Бергаланфи

S: Общая теория систем была разработана:
-: Аристотель
-: Н. Винер
+: К. Шеннон, А. Колмогоров
-: Л. фон Бергаланфи

S: Один из основоположников кибернетики:
-: Аристотель

- + Н. Винер
- : К. Шеннон, А. Колмогоров
- : Л. фон Берталанфи

S: Идеальное конечное состояние, к которому стремится система в развитии ...

- : бифуркация
- +: аттрактор
- : фазовый переход
- : коэволюция

S: Критическое состояние системы, когда система становится неустойчивой, возникает неопределённость: станет ли состояние системы хаотическим или перейдет на новый уровень упорядоченности ...

- +: бифуркация
- : аттрактор
- : фазовый переход
- : коэволюция

S: Бифуркация – это ...

- : механизм приспособления живого организма к изменениям внешней среды
- +: момент раздвоения в траектории движения системы, в который невозможно точно предсказать дальнейшее направление её движения
- : особенность атома к образованию химических связей
- : предельное неупорядоченное состояние системы

S: Энтропия – это ...

- : особое состояние электромагнитного поля при отсутствии возбуждения
- : явление самораспада ядер атомов некоторых химических элементов
- : непрерывное, связанное, целостное единство точек, чисел или физических величин
- +: мера внутренней неупорядоченности всех процессов, происходящих в замкнутых системах

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Работа с научной литературой является обязательным компонентом научной деятельности, в том числе обязательным элементом самостоятельной работы. Также, список литературы может быть дополнен и расширен обучающимися, при условии, что будут соблюдены требования достоверности, новизны, актуальности, научности, признанности в научном мире и соответствия изучаемой теме.

1. Анохин А.М. Проблемы знания в медицине: методологические аспекты. М., 1995
2. Анохин А.М. Теоретическое знание в медицине. М., 1998
3. Афанасьев В.Г. Мир живого: системность, эволюция и управление. М., 1986.
4. Баксанский О.Е. Биологические корни познания. // Философия природы сегодня. Под ред. И.К. Лисеева, В. Луговского. М., 2009.
5. Белкина Г.Л., Корсаков С.Н. И.Т. Фролов и становление отечественной биоэтики // Биоэтика и гуманитарная экспертиза. М., 2008.
6. Белозёрский А.Н., Карпинская Р.С. Молекулярная биология и эволюционное учение. М., 1970.
7. Биологическая кибернетика/Под. Ред. А.Б. Когана. М., 1977.
8. Биология и культура./ отв. ред. И.К. Лисеев., М., 2004.
9. Биомедицинская этика. М., 1997.
10. Биоэтика и гуманитарная экспертиза. М., 2008.
11. Биофилософия. М., 1997.
12. Борзенков В.Г. Принцип детерминизма и современная биология. (Методологические аспекты). М., 1980.
13. Борзенков В.Г. Философские основания теории эволюции. М., 1987.
14. Ботвинко И.В. Новый учебный курс «Эстетика биотехнологии» // Эпистемология и философия науки. 2006. № 4.
15. Брызгалина Е.В. Индивидуальность: стратегии поиска. М., 2003.
16. Буrowsкий А.М. Антропозкофия. М., 2007.
17. Вебер А.Б. Модернизация, экология и проблема устойчивого развития. // Модернизация общества и экология. Ч.1. – М., 2006.
18. Вернадский В. И. Химическое строение биосферы Земли и её окружения. — М.: Наука, 1987
19. Вернадский В. И. Философские мысли натуралиста. — М.: Наука, 1988
20. Вернадский В.И. Биосфера и ноосфера. М, 2008.
21. Вернадский В.И. Философские мысли натуралиста М., 1988.
22. Виноградов Б.В. Основы ландшафтной экологии. М.: ГЕОС, 1998. 418 с.
23. Власов В.В. Время биотехнологов // В мире науки. 2013. № 10
24. Вопросы развития эволюционной теории в XX веке. Л., 1979;
25. Воронков М.Г., Рулев А.Ю. О химии с улыбкой, или Основы Пегниохимии. Л. : Наука, 1999.
26. Воронцов Н.Н. Развитие эволюционных идей в биологии. М. 1999.
27. Газенко О.П., Тимофеев-Ресовский Н.В., Шепелев Э.Я. Учение о биосфере и космическая биология. // Человек, 2000, № 4, с. 9-15.

27. Гайденко П.П. От античного к новоевропейскому пониманию природы. // *Философия природы сегодня*. Под ред. И.К. Лисеева, В. Луговского. М., 2009.
28. Герасимова И.А., Мильков В.В. Целительство и медицинская книжность Древней Руси // *Философия науки. Эпистемология в междисциплинарных исследованиях*. М., 2014. Вып. 19.
29. Гермес Трисмегист и герметическая традиция Востока и Запада ; сост., коммент., пер. с др.греч., лат., фр., англ., нем., польск. К. Богуцкого. Киев ; М., 2001.
30. Герметизм, магия, натурфилософия в европейской культуре XIII–XIX вв.; под ред. И.Т. Касавина. М., 1999.
31. Гиппократ. О ветрах. О воздухах, водах и местностях // Гиппократ. Избранные книги ; пер. с гр. В.И. Руднева, комм. В.П. Карпова. М., 1936.
32. Гиренок Ф.И. Экология, цивилизация, человек. М., 2000.
33. Гиренок Ф.И. Экология. Цивилизация. Ноосфера. М.: Наука, 1987,
34. Гирусов Э.В. Экология и экономика природопользования. М., 2002.
35. Глушкова В.Г., Макара С.В. Экономика природопользования. М., 2003.
36. Гуманитарная биология. Терминологический словарь; ред. А.В. Олескин. М., 2009.
37. Гумилев Л. Этногенез и биосфера Земли. Л., 1990.
38. Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С. Экологический вызов и устойчивое развитие. М., 2000
39. Докинз Р. Эгоистичный ген. М. 1998.
40. Доувер Г. и др. Динамика эволюции генома и дифференцировка видов // *Эволюция генома*. М., 1986.
41. Егорова Л.В. Из истории становления биосферного мышления человечества. // *Вестник экологического образования в России*. № 2-3, 2007.
42. Елдышев Ю.Д. Изменится ли «мусорный менталитет»? // *Экология и жизнь*. № 9, 2007.
43. Ефременко Д.В., Гиряева В.Н., Евсеева Л.В. NBIC+конвергенции как проблема социально-гуманитарного знания // *Эпистемология и философия науки*. 2012. № 4.
44. Жизнь как ценность. М., 2000;
45. Законы эволюции и самоорганизации сложных систем. М., 1990.
46. Заренков Н.А. Теоретическая биология. Введение. М., 1988.
47. Захлебный А.Н., Дзятковская Е.Н. Экологическая компетенция школьника как цель обучения. // *Экология и жизнь*. № 3, 2009.
48. Иванюшкин А.Я. Профессиональная этика в медицине. Философские очерки. М., 1990
49. Иванов В.И., Ижевская В.Л. Генетика человека: этические проблемы настоящего и будущего. Проблемы евгеники // *Биомедицинская этика*. М., 1997
50. Идеи эволюции в биологии и культуре. М., 2011.
51. История биологии с древнейших времён до начала XX века. М, 1972.
52. Казарина Г. Разгребатели генетического мусора // *New Scientist*. 2013. No 11 (32).
53. Капица С.П., Курдюмов С.П. и Малинецкий Г.Г. «Синергетика и прогнозы будущего», 2001 // <http://www.iph.ras.ru:8101/mifs/kkm.GI1.htm>.
54. Карпачевский Л.О. Зеркало ландшафта. - М: Мысль, 1983.
55. Карпинская Р.С. Биология и мировоззрение. М.. 1980
56. Карпинская Р.С. Теория и эксперимент в биологии: мировоззренческий аспект. М, 1984.

57. Карпинская Р.С. Философские проблемы молекулярной биологии. М., 1971.
58. Карпинская Р.С., и др. Философия природы: коэволюционная стратегия. М., 1995.
59. Карпинская Р.С., Лисеев И.К., Огурцов А.Т. Философия природы: коэволюционная стратегия. М., 1995
60. Карпинская Р.С., Никольский С.А. Социобиология: критический анализ. М., 1988;
61. Касавин И.Т. Предтечи научной революции // Философия науки. Вып. 5. Философия науки в поисках новых путей. М., 1999.
62. Квок Р. Форма жизни // *New Scientist*. 2012. № 10 (21).
63. Кендзерек П. Биологизация социальных доктрин. // Философия природы сегодня. Под ред. И.К. Лисеева, В. Луговского. М., 2009.
64. Кибернетика живого. Биология и информация. М., 1984.
65. Киященко Л.П., Пятницин Б.Н. К проблеме построения общей теории экологии // Ценностные аспекты науки и проблемы экологии. М., 1981.
66. Кобылянский В.А. Соотношение природы и общества: философско-социологические аспекты. Иркутск, 1985.
67. Кобылянский В.А. Философия экологии: общая теория экологии, геоэкологии, биоэкологии. М., 2003.
68. Крик Ф. Жизнь как она есть. Ее зарождение и сущность. М., 2002.
69. Крупенников И.А. История почвоведения. - М.: Наука, 1981.
70. Лисеев И. К. Философия, биология, культура. М., 2011.
71. Лисеев И.К. Особенности развития современного биологического познания // Природа биологического познания. М. 1991.
72. Лисицын Ю.П. Теории медицины на стыке веков – XX и XXI. М., 1998
73. Максимов А.Г., Максимова Т.Г., Максимов Г.К. Доказательная медицина и здравоохранение. СПб, 2001.
74. Медицина и права человека. М., 1992.
75. Медников Б. Дарвинизм в XX веке. М., 1975
76. Медоуз Д.Х., Медоуз Д.Л., Рандерс Й. За пределами роста. М., 1994.
77. Методология биологии: новые идеи. М., 2001.
78. Микешина Л.А. Диалог когнитивных практик. Из истории эпистемологии и философии науки. М., 2010.
79. Микешина Л.А. Эмпирический субъект и категория жизни // Эпистемология и философия науки. 2009. № 1.
80. Миркин Б.Н., Наумова Л.Г. Экологическая культура России: взгляд социолога. // Экология и жизнь. № 4, 2007.
81. Моисеев Н. Н. Человек, среда, общество, 1982
82. Моисеев Н. Н. Человек и ноосфера. М., 1990
83. Моисеев Н.Н. Судьба цивилизации. Путь разума. М., 2000.
84. Моисеев Н.Н. Универсум. Информация. Общество. М., 2001.
85. Новиков Ю.В. Экология, окружающая среда и человек. М., 2002.
86. Нижников А. Пути обретения здоровья и мировоззрение // Философия здоровья. М., 2001.
87. Огурцов А.П. Антропность биологии и образы человека // Биология в познании человека. М., 1990.
88. Пастушный С.А. Генетика как объект философского анализа. М., 1981.

89. Петленко В.П., Корольков А.А. Философские проблемы теории нормы в биологии и медицине. М., 1977
90. Петров В.В. Экологическое право России. М., 1995.
91. Петров К.М. Философские проблемы географии: Натурфилософская парадигма. СПб, 2005.
92. Плюснин Ю.М. Проблема построения теории социальной биологии. М., 2000.
93. Потапова Т.В. Образование для устойчивого развития в детском саду: научные основы и общественная поддержка. // Вестник экологического образования в России. № 4, 2007.
94. Почему человек стареет // Популярная механика. 2013. No 11 (133).
95. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса: новый диалог человека с природой. М., 1986.
96. Природа биологического познания. М., 1991
97. Промышленная экология: Учебное пособие / Под ред. В. В. Денисова. — М: ИКЦ Март, 2007.
98. Прохоров Б.Б. Популяционное здоровье во времени и пространстве. // Человек, № 5, 1995.
99. Пятницкий С.С. Г.Н. Высоцкий как образец учёного.//Лесное хозяйство.-1998.-№4.
100. Разумова Е.Р. Экологическое воспитание и образование молодежи. // Экология и жизнь. № 3, 2007.
101. Реймерс Н.Ф. Концептуальная экология. М., 1992.
102. Риттер К. Идеи о сравнительном земледелии. // М., 1983.
103. Розин В.М. Опыт построения методологического курса, выполняющего функции навигатора для программ и курсов «История науки» // Философские науки, №10, 2005.с.103.
104. Розин В.М. Эволюция и метаморфозы понятия «природа». // Философия природы сегодня. Под ред. И.К. Лисеева, В. Луговского. М., 2009.
105. Сибирцев Н.М. Избранные сочинения.// Почвоведение. Т.1. - М: государственное издательство сельскохозяйственной литературы, 1951.
106. Силурьянова И.В. Биоэтика и мировоззренческие традиции. // Человек, № 5, 1995.
107. Силурьянова И.В. Биоэтика в России: ценности и проблемы. М., 2001
108. Сингер П. Биоэтика и академическая свобода. // Проблемы биоэтики. М., 1993.
- 109.Складнев Д.А. Что может биотехнология? М., 1990.
- 110.Смирнов И.Н. Материалистическая диалектика и современная теория эволюции. М., 1978.
111. Современные философские проблемы естественных, технических и социально-гуманитарных наук. М., Гардарики, 2007.
112. Современные философские проблемы естественных, технических и социально-гуманитарных наук: учебник для аспирантов и соискателей ученой степени кандидата наук / под общ. ред. В.В. Миронова. М, 2007.
113. Солнцев Н.А. Учение о ландшафте: Изб. труды. М., 2001
114. Социально-экологический словарь (русско-французский). Ред. И.Н. Ремизов. М., 2002.
115. Тимофеев-Ресовский Н. Воспоминания // Наука и жизнь, № 11, 1996.

116. Тюмасева З.И., Орехова И.Л., Цыганков А.А. К «экологическому сознанию» через сознание. // Экология и жизнь. № 11-12, 2009.
117. Тюрин И.В. Академик Василий Робертович Вильяме. // Лесное хозяйство. -1998.-№5.
118. Тюрюканов А. Н., Фёдоров В. М. Н.В. Тимофеев-Ресовский: биосферные раздумья. — М.: РАЕН, 1996
119. Урсул А.Д. Перспективы экоразвития. М.: Наука, 1990.
120. Урсул А.Д. Путь в ноосферу. М.: Луч, 199.
121. Урсул А.Д., Лось В.А. Стратегия перехода России на модель устойчивого развития: проблемы и перспективы. М.: Луч, 1995,
122. Усольцев В.А. Русский космизм и современность. Екатеринбург, 2009.
123. Федотова В.Г. Экологические проблемы как спутники модернизации и глобализации. // Модернизация общества и экология. Ч.1. – М., 2006.
124. Фесенкова Л.В. Ценности в науках о жизни и биофилософия // Биофилософия. М., 1997.
125. Философия здоровья; ред. А.Т. Шаталов. М., 2001.
126. Философия биологии. Вчера, сегодня, завтра (памяти Регины Семеновны Карпинской); ред. И.К. Лисеев, Д.В. Локтионов. М., 1996.
127. Философия науки. Формирование современной естественнонаучной парадигмы. Вып. 7. М., 2001
128. Философия науки. Здоровье как проблема естественных и биомедицинских наук. Вып. 13. М., 2008
129. Философия природы: коэволюционная стратегия. М., 1995.
130. Философские проблемы биологии и медицины. Естественно-научный и гуманитарный полилог. М., 2013. Вып. 7.
131. Философские проблемы глобальной экологии. М., 2003.
132. Фоллмерт Г. Эволюционная теория познания. Врождённые структуры познания в контексте биологии, психологии, лингвистики, философии и теории науки. М., 1998;
133. Фролов Н.Т. Жизнь и познание. О диалектике в современной биологии. М., 1981.
134. Фрохов И.Т. Философия и история генетики: поиски и дискуссии. М., 1988.
135. Фукуяма Ф. Наше постчеловеческое будущее: Последствия биотехнологической революции. М., 2004
136. Хен Ю.В. Евгеническая модернизация общества как способ разрешения экологического кризиса. // Модернизация общества и экология. Ч.1. – М., 2006.
137. Хен Ю.В. Проблема природы человека в современных геномных исследованиях. // Философия природы сегодня. Под ред. И.К. Лисеева и др. М., 2009.
138. Царегородцев В.И. Методологические проблемы медицины. // Философские проблемы естествознания. М., 1995
139. Цветкова К. Ген рождения // New Scientist. 2012. No 10 (21).
140. Чепиков М.Г. Современная революция в биологии: философский анализ. М., 1976.
141. Чумаков В. До мельчайших атомов. Интервью с завлабораторией электронной микроскопии НИЦ «Курчатовский институт» А.Л. Васильевым // В мире науки. 2013. No 10.
142. Эволюция. Язык. Познание. М., 2010.
143. Экология и жизнь № 12, 2007 с. 4-11.
144. Энгельгардт В.А. Познание явлений жизни. М., 1984. С. 201-220.

145. Юдин Б. Г., Фролов И. Т. Этика науки. М., 1987
146. Юдин Б. Г. Здоровье человека как проблема гуманитарного знания //Философия здоровья. М., 2001
147. Юдин Б. Г. Биотехнологическое конструирование человека // Биология и культура, М., 2004
148. Яницкий О.Н. Взаимодействие человека и биосферы как предмет социологического исследования // Социологические исследования, № 3, 1978.
149. Яницкий О.Н. Экологическая культура: очерки взаимодействия науки и практики. М., 2007.

РАБОТА С ПЕРИОДИЧЕСКИМИ ИЗДАНИЯМИ.

Периодические издания – это сериальные издания, выходящие через определенные промежутки времени, с постоянным для каждого года числом номеров. Работа с периодическими источниками существенно дополняет использование учебных пособий, монографий и научных трудов, так как в них содержится емкое, актуальное и современное освещение фундаментальных научных проблем и вопросов. К периодическим изданиям также применяются требования научности, достоверности, актуальности и признанности в научном мире.

ЗАДАНИЕ:

- *ознакомьтесь с предложенными научными статьями, взятыми из различных научных журналов;*
- *используйте их для работы на семинарских занятиях и выполнения самостоятельной работы;*
- *самостоятельно используйте периодические источники для своей научно-исследовательской работы*

О ФИЛОСОФСКИХ ОСНОВАНИЯХ СИНЕРГЕТИКИ

Степин В.С., академик РАН

Опубликовано в: Философия и синергетика //

<http://spkurdyumov.ru/philosophy/o-filosofskix-osnovaniyax-sinergetiki-v-s-stepin/>

Междисциплинарность и трансдисциплинарность не противоречат статусу синергетики как особой дисциплины. В этом качестве она сегодня конституируется, и с этим связаны дискуссии относительно ее места в современной системе наук. Она должна очертить свою предметную область, определить систему методологических принципов исследования и включить их в состав сложившейся системы научного знания.

Для того чтобы наше обсуждение носило конструктивный характер, надо уточнить исходные методологические понятия. Термины «междисциплинарный» и «трансдисциплинарный» применяются чаще всего интуитивно. И на этом уровне они трудно различимы. Нужен предварительный анализ соответствующего употребления терминологии. К междисциплинарным наукам мы относим, например, биохимию, биофизику, т.е. науки, в которых применяются понятийные средства и методы, выработанные в разных дисциплинах и синтезируемые в новой науке для решения ее специфических задач. Эти задачи принципиально решаемы только с использованием синтеза познавательных средств, заимствованных из разных дисциплин. Что же касается термина «трансдисциплинарный», то можно выделить два основных его смысла. Первый обозначает вненаучные знания, выходящие за рамки сложившихся научных дисциплин, но применяемые при поддержке и экспертизе научно-технических программ (политические мотивы, реклама в СМИ, вненаучные компоненты этической экспертизы и

т.д.). В этом значении термин «трансдисциплинарный» используется, например, немецкими философами техники (Бехман, Грюневольд) при характеристике современной технонауки. Но этот термин может применяться и в другом смысле. Например, язык математики, будучи языком особой научной дисциплины, одновременно используется во множестве других наук и в инженерно-технологической деятельности. Уместно напомнить высказывание Ричарда Фейнмана, что математика больше чем наука, она – язык науки. В этом значении можно говорить о трансдисциплинарности математики. Здесь речь идет уже не о вненаучном знании, а о трансдисциплинарности как характеристике одного из языков науки. Синергетика, бесспорно, принадлежит к междисциплинарным направлениям науки, и в чем-то она сродни математике, поскольку ее язык начинает применяться в самых различных областях знания. Поэтому термин «трансдисциплинарный» в его втором значении может быть применим и для характеристики синергетики.

Междисциплинарность и трансдисциплинарность не противоречат статусу синергетики как особой дисциплины. В этом качестве она сегодня конституируется, и с этим связаны дискуссии относительно ее места в современной системе наук. Она должна очертить свою предметную область, определить систему методологических принципов исследования и включить их в состав сложившейся системы научного знания.

Решение этих задач означает:

- построение особой картины исследуемой реальности (дисциплинарной онтологии синергетики),
- формирование идеалов и норм синергетического исследования (идеалов и норм объяснения и описания, доказательности и обоснования, строения и построения знаний),
- разработку философских оснований синергетики, обеспечивающих обоснование ее картины исследуемой реальности, а также ее методологических установок, выражающих принятые идеалы и нормы исследования.

Онтология синергетики строится посредством особой системы абстракций отождествляемых с реальностью, такими как «нелинейные среды», «динамический хаос», «бифуркации», «кооперативные эффекты», «фракталы». Посредством их создается представление об общих системно-структурных характеристиках ее предмета. Эти представления организуют в целостность многообразные модели (теоретические схемы), многие из которых были ранее созданы в других науках – в физике, химии, биологии, экономике, истории, технических науках. Разнесенные по разным дисциплинам они организуются в новую систему благодаря создаваемой в синергетике картины реальности (дисциплинарной онтологии). Эта картина обычно обозначается понятием «самоорганизация». Понятие в принципе довольно расплывчатое. Но когда его начинают уточнять, вводятся представления о порядке и хаосе как состояниях гомеостаза (порядок) и фазовых переходов от одного типа гомеостазиса к другому через динамический хаос.

Все эти представления синергетической картины исследуемой реальности вводят образ предмета исследования как сложной, саморазвивающейся системы. Синергетика изучает закономерности таких систем. Она избыточна по отношению к тем задачам, в которых можно абстрагироваться от развития системы и фазовых переходов (а таких задач в науке множество). Но и развивающиеся системы в синергетике изучаются с особых позиций. Она делает акцент на идеях целостности, сложности в противовес идеям элементаризма и редукционизма. Каждый из этих подходов (холистский и элементаристский) представляют собой сильные идеализации. Но они могут быть рассмотрены как дополнительные (в смысле Н. Бора), необходимые для полноты описания процессов саморазвития. Акцентируя холистские аспекты, синергетика раскрывает ряд существенных закономерностей саморазвивающихся систем. В этом ее достоинство, но в этом и ее границы.

Экспансия синергетических методов в различные науки эффективна там и тогда, где и когда требуется учитывать саморазвитие, его интегральные характеристики и закономерности. Недостаточно просто констатировать, что имеет место перенос синергетических методов в различные науки (ссылки на междисциплинарность и трансдисциплинарность синергетики часто не выходят за рамки этой констатации). Но это лишь первый шаг. Вторым шагом должен быть анализ, связанный с постановкой проблемы: почему возможен такой перенос, каковы его основания?

Трансляция методов предполагает предварительное видение сходства предметных областей, с которыми скоррелирован метод. Это видение может быть неотрафлексированным, интуитивным, но оно входит в то, что называется пониманием метода. В науке такое видение определяется научной картиной мира.

Синергетика сегодня стоит не только перед проблемой создания своей дисциплинарной онтологии, которая выражается в соответствующих онтологических принципах, но и перед проблемой включения этих принципов в научную картину мира. Она претендует на то, чтобы стать ядром общенаучной картины мира. И в этом состоит один из важных аспектов оснований ее междисциплинарного и трансдисциплинарного статуса. Именно вокруг этой проблематики, по существу, и разворачиваются дискуссии относительно места синергетики в системе научного знания. Ее неприятие некоторыми критиками относится не к ее конкретным моделям, а к программе включения ее принципов в общенаучную картину в качестве системообразующего ядра.

Трудности в реализации этой программы связаны с переосмыслением оснований многих наук. В частности, важно представить изучаемые ими объекты в качестве открытых процессуальных систем. В физике эта программа была предложена И. Пригожиным. Известно, что он переформулировал термодинамику, представив нестационарные состояния, (которые традиционно рассматривались как вырожденный случай стационарных) в качестве базисных. И. Пригожин наметил с этих позиций возможные новые интерпретации квантово-релятивистской физики и космологии. Но эту работу еще предстоит сделать.

Сходные программы «процессуального видения» возникают и в других науках, но пока эти программы находятся лишь в начальной стадии своей реализации.

Сегодня развитие современной научной картины мира как формы синтеза достижений различных дисциплин протекает в русле идей глобального (универсального) эволюционизма. Он соединяет идеи эволюции и системного видения. Включение идей синергетики в этот процесс представляется весьма органичным. Трудности состоят в состыковке трех основных блоков картины мира – представлений о развитии неживой природы, живой природы и общества. Между ними существуют своего рода лакуны, требующие дополнительного анализа. Возможно, применение синергетических идей и методов даст новый импульс этому анализу. И если это произойдет (а в этом направлении уже есть обнадеживающие результаты), то принципы синергетики органично войдут в ядро общенаучной картины мира.

Формирование оснований синергетики и ее трансдисциплинарного статуса включает множество философских проблем. Они связаны с пониманием особенностей саморазвивающихся систем и методологических принципов их анализа. Прежде всего – это проблема нового смысла категорий, обеспечивающих видение и понимание саморазвивающихся систем. На эту тему я уже писал, поэтому сжато напомню, что имеется в виду. Саморазвивающиеся системы важно отличать от простых (механических) и от сложных саморегулирующихся систем. Каждая из них для своего освоения требует особой категориальной сетки. Это – различные понимания части и целого, вещи и процесса, взаимодействия, причинности, пространства и времени. Для малых систем достаточно полагать, что целое может быть описано свойствами частей и их взаимодействиями, что элементы вне целого и внутри его обладают одними и теми же свойствами, что вещи есть нечто первичное по отношению к взаимодействиям, которые

описываются как воздействия одной вещи на другую. Причинность трактуется как жесткий лапласовский детерминизм. Пространство и время полагаются как внешнее по отношению к системе, как арена, на которой разыгрываются процессы взаимодействия вещей. Эта категориальная сетка доминировала в механике и была основой механической картины мира.

Для сложных саморегулирующихся систем смыслы категорий и категориальная сетка их освоения уже иная. Такие системы имеют уровневую организацию, они включают в свой состав подсистемы со стохастическими взаимодействиями элементов и информационно-управляющий блок, с передачей информации от него к подсистемам и обратными связями, обеспечивающими воспроизводимость системы как целого. Категории части и целого здесь изменяются – появляется идея системного качества, не сводимого к свойствам частей. Вещь предстает как воспроизводящийся процесс. Лапласовская причинность применяется ограниченно и дополняется идеей «вероятностной причинности». Категории пространства и времени также обретают новый смысл. Наряду с внешним пространством-временем вводится понятие внутреннего пространства-времени системы. Эти новые категориальные смыслы возникали в науке XX в. – в биологии, кибернетике, отчасти в квантово-релятивистской физике. Но для освоения сложных саморазвивающихся систем и этих категориальных смыслов также недостаточно. Здесь формируется новая категориальная сетка. Развивающиеся системы в качестве своего аспекта включают представления о саморегуляции (гомеостазисе), но не сводятся к ним. Их эволюция связана с изменением типа саморегуляции, переходом от одного типа гомеостазиса к другому. Эти системы открытые, обменивающиеся веществом, энергией и информацией с окружающей средой. Для них характерна иерархия уровневой организации элементов, появление по мере развития новых уровней с новой дифференциацией системы на подсистемы. При этом каждый новый уровень оказывает обратное воздействие на ранее сформировавшиеся, видоизменяет их, и система функционирует как новое целое. Появление новых уровней организации и переход к новому типу гомеостазиса происходит через состояния динамического хаоса, появление точек бифуркации, в каждой из которых возникает спектр потенциально возможных направлений развития системы. В этом отношении можно сказать, что саморазвивающиеся системы обязательно обладают синергетическими характеристиками.

Категориальная сетка, необходимая для понимания и освоения таких систем, предполагает новые смыслы. Уже недостаточно зафиксировать наличие особого свойства целого, не сводимого к свойствам частей (системное качество), необходимо добавить идею изменения системного качества (появление новых управляющих параметров) в процессе развития системы. Процессуальность выступает не только как воспроизводство определенных качественных состояний, но и как переход от одного качества к другому. Расширяется категория причинности – наряду с лапласовской и вероятностной причинностью важной становится идея целевой причинности. Вероятностная причинность обретает новое содержание в связи с изменением вероятностных мер при появлении новых уровней иерархии и их воздействия на ранее сложившиеся. Категории пространства и времени включают не только представление о внешнем и внутреннем пространстве-времени, но и об изменении последнего по мере эволюции системы (идея оператора времени, предложенная И. Пригожиным вполне согласуется с этими новыми смыслами).

Некоторые особенности этой категориальной сетки были в первом приближении описаны в гегелевской диалектике. Определенные конкретизации в нее были внесены нашими философами в 70-х годах при исследовании диалектики естествознания. Но сегодня можно и нужно продолжить эту работу. Синергетика дает для этого новый материал, требующий философского осмысления. Например, то, что в диалектике традиционно обозначалось как «скачок», «перерыв постепенности», связанный с

возникновением нового качества, в синергетике раскрывается через характеристики динамического хаоса, возникновение странных аттракторов и кооперативных эффектов.

Исследование странных аттракторов поставило в новом свете и проблему целевой причинности, расширяя понятие детерминизма применительно к саморазвивающимся системам.

Экспликация новых смыслов категорий выступает условием обоснования синергетики как ядра общенаучной картины мира. Без этого трудно достигнуть понимания среди тех представителей научных дисциплин, которые привыкли видеть мир сквозь призму иных, менее богатых категориальных смыслов, достаточных для освоения более простых системных объектов, чем те, с которыми имеет дело синергетика.

Так всегда было в истории науки при появлении новых теорий и концепций, которые вносили коррективы в прежнюю картину мира. Уместно вспомнить споры вокруг понятия причинности между Бором и Эйнштейном на Сольвеевских конгрессах в эпоху разработки квантовой механики. Вероятностная причинность не сразу вошла в арсенал науки. Эйнштейн, например, полагал, что она вообще подрывает идею детерминизма («Бог не играет в кости»).

Разработка философских оснований синергетики – это поле совместной аналитической работы философов и ученых специалистов различных областей знания. Эта работа включает не только осмысление онтологических категориальных структур самоорганизации и саморазвития. Это важный, но лишь первый аспект проблемы философских оснований синергетики. Второй ее аспект связан с анализом гносеологической и методологической тематики. Он предполагает выяснение нового понимания познавательных идеалов и норм, которые необходимы для освоения сложных саморазвивающихся систем. Здесь нужен анализ тех новых смыслов, которые обретают категории «понимание», «объяснение», «предсказание», «теория», «факт» применительно к саморазвивающимся системам. Именно в этом пункте происходит переход к постнеклассическому типу рациональности.

Наконец, третьим аспектом философских оснований синергетики выступают мировоззренческие проблемы, связанные с включением в культуру новых научных представлений о саморазвитии. Здесь уже есть исследования (в том числе и мои), показывающие, что новые представления резонируют как с западной, так и с некоторыми восточными культурными традициями. Вместе с тем, эти представления создают точки роста новых ценностных ориентаций в современной культуре. Разумеется, все эти проблемы требуют дальнейшей углубленной проработки, и в этом я вижу основную задачу философов.

БИМЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК ПРОБЛЕМА ИСТОРИИ И ФИЛОСОФИИ НАУКИ

**Герасимова И.А., доктор философских наук, главный научный
сотрудник**

Института философии РАН.

«Эпистемология и философия науки» № 2 (т. 40), 2014

Одобренный Правительством РФ «Прогноз научно технологического развития Российской Федерации на период до 2030 года» предусматривает среди приоритетных направлений науки и модернизации экономики России биотехнологии, медицину и здравоохранение. В современной классификации наук эти дисциплины входят в комплекс «Науки о жизни» («The Life Sciences»). Науки о жизни представляют собой междисциплинарные исследования, целью которых является углубленное изучение феномена жизни, а в практическом отношении – разработка принципиально новых способов работы с природным материалом – биотехнологий, возможности которых связывают с

улучшением качества жизни человека, преобразованием сельского хозяйства, пищевой промышленности, решением экологических проблем.

Под биомедицинской технологией в широком смысле слова понимается комплекс действий, направленных на создание новых биологических объектов и процессов, которые могут быть использованы в целях диагностики, профилактики и лечения в медицинской практике. Развитие биомедицинских технологий связывают с междисциплинарными исследованиями в таких областях, как биофизика, биохимия, биоинформатика, биоинженерия. Предполагается, что с помощью этих технологий удастся разрешить важнейшие проблемы современности, связанные с улучшением качества диагностики, профилактики и терапии, качества человеческого тела и психики, повышения жизненного тонуса и продления жизни путем изучения генома и манипуляций с ним, клеточной терапии и инженерии. Персонализированная медицина будущего мыслится как врачебная помощь с учетом генетического профиля пациента. Биомедицинские разработки и их последствия порождают бурные дебаты в обществе. Проблемы ГМО, клонирования, генной инженерии, вспомогательных репродуктивных технологий, нанобиотехнологий вызывают многочисленные дискуссии. Гуманитарным ответом на эти вызовы современной жизни в техногенной цивилизации стало развитие такой дисциплины, как биоэтика.

Развитие наук о жизни и их практических применений порождает вопросы, относящиеся к компетенции эпистемологии, истории и методологии науки, философии техники и философской антропологии. Можно ли определить, что такое жизнь, на языке исключительно естественных наук? Критическое философское исследование этого вопроса дает отрицательный ответ. Понятие жизни многозначно, его смысл уточняется в зависимости от области естественно-научного и социогуманитарного знания [Микешина, 2000]. Новые технологии конструирования систем жизни бивалентны, они несут и перспективы, и угрозы жизни как планетарному феномену. Науки о жизни задают новые измерения для философского осмысления понятия жизни. В мировом научном сообществе утверждается принцип «коллективного мышления», который практически реализуется в специализированных философских изданиях. Издаются журналы по истории и философии наук о жизни, в том числе и специально посвященные тематике истории и философии биомедицинских наук и технологий. Комплексный подход к углубленному пониманию жизни и природы человека требует объединить усилия исследований биологов (и представителей смежных естественно-научных дисциплин), историков, философов и ученых, занимающихся социальным измерением науки и техники.

Идеи гуманитаризации биологических исследований обсуждались российскими учеными с последней трети XX в. [Лисеев, 2011; Философия биологии, 1996; Гуманитарная биология, 2009; Ботвинко, 2006]. Работая над философскими проблемами молекулярной биологии, Р.С. Карпинская ставила вопрос о пределах редуccionистского подхода [Карпинская, 1971]. Принципы биоэтики закладывались в работах И.Т. Фролова [Белкина, Корсаков, 2008]. Благодаря усилиям отечественных ученых идеи коэволюции приобрели общекультурное значение [Карпинская, Лисеев, Огурцов, 1995; Идеи эволюции в биологии и культуре, 2011]. В дискуссиях по проблемам жизни и здоровья большое значение придается понятию «окружающая среда». Под средой понимается как природная среда (географические и климатические условия местности), так и социальная (этнические и культурные особенности, традиции, тенденции современного образа жизни, этические основы общества и проч.).

В междисциплинарных исследованиях человек понимается как психобиосоциальное существо [Философские проблемы биологии и медицины, 2013]. Расширение практических горизонтов космических исследований открывает возможности рассмотреть влияние космических факторов на земную жизнь («космическая среда»). Среди ученых утверждается идея о проблеме жизни и здоровья как проблеме планетарного масштаба [Философия здоровья, 2001]. Встает вопрос о развитии

системно-планетарного мышления, что предполагает фундаментальное философское и междисциплинарное образование.

Научное и вненаучное в истории медицины

Исследования по истории медицины ставят по крайней мере две проблемы, имеющие актуальное значение для эпистемологии и философии науки. Первая проблема касается раскрытия закономерностей смены типов рациональности в истории медицинских практик. Вторая проблема вводит нестандартные измерения диалога когнитивных практик [Микешина, 2010]: целительских и научных, традиционной и современной медицины. В Оксфордской энциклопедии медицины первый раздел посвящен глобальной истории медицины как истории культуры и ментальности, а второй отражает локальные медицинские традиции [The Oxford Handbook of the History of Medicine, 2011]. Для нас актуальной задачей является исследование целительства и медицинской книжности Древней Руси [Герасимова, Мильков, 2014].

Проблема научного и вненаучного знания, рассмотренная на примере истории медицины и ее современных перспектив, имеет множественные аспекты, но не обещает однозначного решения. Стандартный взгляд на историю науки, как правило, формируется на основе отбора того ценного, что, как считается, вошло в корпус научного знания. Методологи связывают критерии научности с рациональным доказательством и опытной проверкой, с развитым языком и методологическим инструментарием, с построением фундаментальных теорий, призванных давать объяснение законам природы, гарантировать прогностику данных и фактов, с созданием теоретических моделей, с гарантированной технической поддержкой исследований.

Донаучную медицину можно назвать природосообразной медициной, опирающейся на личностное знание и опыт врача-целителя, а также силы природы. Естественно-научную медицину в стандартной модели начинают датировать с культурной революции Нового времени. В современный период медицина опирается на последние достижения фундаментальной науки и технологий, что позволяет выделить технаучную медицину как следующий шаг в развитии научной медицины. Вместе с тем процессы демократизации, с одной стороны, и трудности технаучной медицины – с другой, способствовали оживлению древних практик, которые сегодня составляют направление традиционной медицины.

Традиционная медицина неоднородна по составу и уровням рефлексии: сюда входят и народное целительство, и систематизированные в учебных канонах индийская, китайская, тибетская традиции. Чем сегодня привлекает традиционная медицина? Во многом искусностью целителей, способных быстро и щадящими методами устанавливать диагноз, натуралистическими способами лечения и профилактики, индивидуальным подходом к пациенту, достигаемым эффектом.

К традиционной медицине можно отнести античную медицину и медицину Средних веков, но именно к Новому времени эта традиция сдает свои позиции зарождающейся естественно-научной медицине. Исследуя вопрос о соотношении научного и вненаучного в медицинских практиках и знаниях, возможно, мы приблизимся к более глубокому пониманию прошлого, настоящего и будущего науки как особой сферы человеческой деятельности.

Тип рациональности, способы познания, ценностные установки в познании, социальный характер познания и даже этика в технаучной медицине иные, чем в древней, природосообразной, медицине.

Врачебное искусство уходит корнями в глубокую древность. Исторически можно выделить период целительства и магии древних цивилизаций Ближнего и Дальнего Востока. Человек жил в природе и знал особенности местности до мельчайших подробностей. Огромную роль играло знание зависимости жизнедеятельности человеческого организма,

растений, живых существ от солнечно-лунных ритмов, о чем свидетельствует палеоархеология, от сезонных и климатических колебаний, от условий местности. Можно заметить, что науки о жизни вспоминают ее основы, которые знали наши предки. Традиция хорошо знала силу воздействия слова и мысли. Большой популярностью пользовались заговоры, в которых сила целителя усиливалась природными стихиями – землей, водой, ветром, огнем. Металлы, минералы, экстракты растений, усиленные воздействием целителя, считались целебными. Ритмичное слово играло свою вспомогательную роль, но причины эффективности стоит искать в особом состоянии психики целителя, способностях воздействовать безмолвными приказами мыслеволи. Магические трансформации можно усмотреть в современной арт-терапии.

Магические знания и практики интерпретируются и систематизируются в герметической литературе. Врачевание входит в корпус астромании, напрямую соединяясь с астрологией и алхимией [Гермес Трисмегист, 2001]. Формула Гермеса «Все связано со всем» распространяется на видимую и невидимую космическую природу. Врачебное воздействие рекомендовалось производить с учетом симпатической связи природных средств и функций человеческого организма, а также соотносясь с благоприятным расположением светил – в день и час контактного резонанса с космической ритмикой. Идеи и принципы астромедицинских практик в современном мире становятся предметом обсуждения, особенно в связи с расширительным пониманием «окружающей среды» до понятия «космической окружающей среды». Парацельс как представитель магио-герметической традиции открывает новую страницу в истории медицины и науки, предвосхитив многие современные технологии [Койре, 1994; Касавин 1999; Герметизм, магия, натурфилософия, 1999].

Врачебное искусство времен архаической магии принимает формы рационализации, отражаясь в текстах медицинского характера. Каноны китайской медицины сложились в середине I тысячелетия до н.э.; в тот же период складываются ранние аюрведические тексты. От индийской традиции отпочковывается тибетская медицина, которая проникает в Центральную Азию вместе с буддизмом. Санскритский вариант учебника тибетской медицины «Чжудши», как предполагают, написан в IV в. н.э. Античные школы медицины при всех вариациях не выходят из рула древнейшей традиции. Во многих современных медицинских учреждениях организуются лаборатории немедикаментозных методов лечения, в которых внимательно изучают и осваивают эти методы.

Технонаучная медицина как когнитивная практика.

Сравнение древней природосообразной медицины и современной технонаучной медицины позволяет ярче проявить особенности последней как науки, искусства, практики (технологии), а также направления философских исследований.

Основными чертами древней медицины называют холистичность, витализм, неразрывную связь с натурфилософией. Последняя выполняла функцию картины мира, принципы которой конкретизировались во врачебной практике. В школе Гиппократова вошедшие в теоретическую схему обобщения опытного характера касались условий конкретной местности: розы ветров, качества вод, расположения города по отношению к солнцу и природному магнетизму (север–юг, вос-ток–запад), качества земли [Гиппократ, 1936]. Далее шли теоретические схемы типичных заболеваний и эпидемий в конкретных условиях местности. На уровне человека учитывались психотипы (темпераменты) личностей, которые определялись в соответствии с классификационной схемой элементов-стихий. Картина мира в науках о жизни, включающих философский аспект, оказывалась неотъемлемой частью исследования.

Античная традиция медицины в отличие от символической восточной более близка европейскому менталитету зарождавшимися рациональными способами доказательства. Изучение текстов Сборника Гиппократова приводит к выводу о соединении личностного знания с аналитической культурой. Врачебная мудрость (иатрософистика) подразумевала высокую нравственность, знания, способность мыслить и действовать. В познавательном

аспекте представляет интерес отношение к истине в античной философской медицине и в современной науке. В понимании Гиппократом целью познания мыслится истина, а не правдоподобие как чисто спекулятивное рассуждение. Безошибочность в достижении истины призваны гарантировать мастерство (искусство) и знания (episteme) врача. Правдоподобие сегодня в методологическом отношении предполагает связь теоретической модели с экспериментальными проверками, но трудность заключается в том, что высокие темпы научно-технического развития быстро меняют научные модели. Например, «анализ медицинской литературы на тему заболеваний печени показал, что через 45 лет после публикации 50 % статей в научных журналах утрачивают свою актуальность» [Арбесман 2012: 86]. Они устаревают или оказываются вовсе не верными.

Для древнего врача инструментом было тело, так же как сегодня для представителей творческих профессий. В ходе эволюции человека утончилась нервная система и мозг, усложнялся состав крови. Медицина современной цивилизации в своей основе существенно опирается на науку и технологии. Биомедицинские исследования – яркий пример изменения характера наблюдения и эксперимента в технауче: точность наблюдений и экспериментов находится в прямой зависимости от приборного и компьютерного инструментария. Мощные микроскопы конструируются по типу многофункциональных комбайнов, позволяя не только отслеживать процессы на атомном уровне, но и «создавать конструкции и приборы, перемещать отдельные части, формируя микро- и наномеханические устройства» [Чумаков, 2013]. Компьютерный анализ выполняет тонкую аналитическую работу. Компьютерное моделирование берет на себя функции эксперимента, участия в диагностике и прогнозировании. В этих условиях искусность врача-исследователя или практикующего врача приобретает иные черты. Мастерство достигается в совершенстве сотрудничества с техническим устройством. Для телесного подхода в эпистемологии встает вопрос о новых формах телесности, симбиозе техно- и био-.

В древних цивилизациях врачебное искусство считалось священным, особую роль играл институт посвящений, воспитанию личности придавалось первостепенное значение. Трансляция знания шла по линии передачи личностного знания от учителя к ученику. Эзотеричность современной науки и медицины является оборотной стороной дифференциации наук и социальной политики. Биоэтика вошла в систему образования, но она не решает вопрос о моральном воспитании будущего профессионального врача, основы которого закладываются в детстве. Вопросы воспитания регулируются государственной политикой в области образования и культуры. В советский период за воспитание отвечала школа и другие общественные институты, перестройка внесла коррективы – функцию воспитания возложили на семью, а за школой оставили функцию образования. Сегодня проблема воспитания и нравственных устоев общества выходит на первый план, обнажая язвы глобального кризиса. Еще одна серьезная проблема вырастает как грозная тень в информационном обществе: школа и вуз перестают учить думать. Личностное общение учителя и ученика отодвигается на дальний план. Заботу о развитии творческого мышления проявляют инновационные компании, заинтересованные в «изобретательных» кадрах, но – для избранных [Спасибо за поддержку, 2012].

Биомедицинские технологии вводят новые аспекты в проблему конструктивной природы познания. Любой конструктивизм предполагает учет природных закономерностей. Зачастую оказывается, что то, что мы изобретаем, уже существует в природе. Одна из модных тематик в фармакологии – интерферирующие РНК, но оказалось, что природа уже использует эти технологии [Власов, 2013: 21]. Благодаря генетическим исследованиям споры о ГМО получают новые импульсы. Китайские ученые приходят к выводу о том, что обычные растения могут своим генетическим материалом влиять на физиологию животных и человека [Зелень в еде, 2011: 5]. Многие технологии создают благодаря изучению естественных возможностей тела – инструмента человека. Компания «Ай Сенс» (штат Флорида, США) занимается разработкой искусственного носа, представляющего собой систему датчиков,

«меняющих цвета в присутствии определенных молекул аромата», тем самым предполагается решить проблему экспресс-диагностики вирусов [Детектор вирусов, 2011: 72].

Диалог с природой на уровне высоких технологий позволяет по-новому обсудить старую философскую проблему возможностей и границ человеческого познания. В своей увлеченности открытиями и окрыленности успехом ученые порой считают «мусором» то, что им неизвестно и что они не могут объяснить. Так было до последнего времени с расшифровкой ДНК генома, 98 % считалось «мусором», т.е. тем, что не несет информации о ДНК, пока исследования Филиппа Капранова (США) не обнаружили регуляторную функцию некоторого класса РНК (Vlink-РНК). Дальнейшие совместные

исследования ученых разных стран и России дают многообещающий результат: блокировка некоторых Vlink-РНК приводит к смерти (апоптозу) раковых клеток. Значительную роль в экспериментах сыграли математики Института систем информации им. А.П. Ершова в Новосибирске. Биоинформатика – новая научная дисциплина, разрабатывающая методы математического моделирования применительно к изучению и конструированию биологических объектов и процессов. Занимаясь математическим моделированием живых систем, профессионалы осознают: «Зачастую нельзя сделать предсказание точнее, чем на 80 %. У природы всегда есть исключения из правил. Всегда есть факторы, которые невозможно учесть в своей математической формуле» (Дмитрий Штокалов) [Казарина, 2013: 39]. Формула Сократа «Я знаю, что я не знаю» остается в силе. Наше углубленное познание мира с помощью высоких технологий отодвигает черту непознанного, но сущность природы вещей остается тайной. Нередки признания ученых: «Старение – чрезвычайно сложный процесс, к адекватному пониманию которого мы только начинаем приближаться» (Ян Вич) [Почему человек стареет, 2013: 81]; «Выяснение генетических основ аутизма очень важно, но пока они еще остаются загадкой, поскольку найти соответствующие мутации довольно сложно» [Лэнг, Макдугл 2013: 77].

Представляет интерес социальный контекст конструктивизма. Благодаря новым открывшимся возможностям творчество в науке приобретает черты, характерные для искусства. Одно из перспективных направлений – молекулярный дизайн. Занимаясь конструированием молекулярных соединений, можно и пошутить. Создаваемые по желанию химика-технолога молекулярные соединения типа «печати Соломона» (израилян), «птеродактиля» (птеродактиладиен) или молекул, завязанных в узел, реализуют эстетическое чувство изобретателей [Воронков, Рулев, 1999]. Финансовые и технологические возможности могут открывать простор любым фантастическим проектам. Еще одно модное направление – экологический дизайн – позволяет конструировать невиданные дотоле формы, например деревья в виде кресел. Есть проекты, предлагающие закладывать морфогенез на генетическом уровне. Так, генные инженеры проектируют создание «курозавра»: «Манипулируя генами курицы, они хотят придать птице внешний вид ее далекого предка – манираптора» [Квок, 2012: 39]. Возможности открывают исследования магнитной ориентации клеток в определении направления при построении формы, но вот точные механизмы морфогенеза все-таки неизвестны.

Желание раскрыть все тайны природы, жажда конструирования без оглядки на законы природы и прогностику последствий ставит серьезные проблемы, связанные с биологической безопасностью и созданием действенных механизмов контроля за разработкой новых технологий [Ефременко, Гиряева, Евсеева, 2012]. В общественном контроле над разработками биомедицинских технологий может сыграть поворотную роль диалог древней и современной медицины. Рассмотрим пример. В Курчатовском институте создан Центр нано-, био-, инфо-, когно- и социотехнологий (NBICS). В разговоре корреспондента с начальником лаборатории А.Л. Васильевым речь зашла об исследованиях эпифиза, или шишковидного тела, которое располагается между полушариями головного мозга. Начиная с младенчества, там формируются мельчайшие камешки, функция которых остается неизвестной, но их не обнаруживают у больных шизофренией. Вызывает

удивление реакция корреспондента: «Все, что вы сейчас говорили, – чистая практика. А как обстоят дела с фундаментальной частью?» [Чумаков, 2013: 41]. Многие функции систем организма, которые были известны древней медицине, неизвестны современной медицине. Согласно восточной медицине, шишковидная железа является физическим субстратом энергетического центра-проводника, ответственного за развитие самосознания. Так называемые камешки формируются к семилетнему возрасту, но они отсутствуют у глубоких стариков, а также психически больных людей. Познание одного из субстратов высшей психической деятельности – задача фундаментальная, а не чисто практическая. Исследования предполагают углубленное изучение восточной антропологии и философии.

Генетическое тестирование считают перспективным методом самопознания. Оно ставит вопросы, которые могут привести к революционным переворотам во взглядах на историю и природу человека. Если раньше интересовались семейной родословной, то сегодня генетическое тестирование позволяет нам узнать о наших далеких предках. В ДНК обычного москвича могут превалировать наследственные признаки, скажем, кельтов. Один из актуальных вопросов касается «парадокса неандертальцев». Согласно генетикам, европейцы наследуют от неандертальцев от 1 до 4 % признаков, чего нельзя сказать об африканцах. Современные ДНК-исследования устанавливают гены, ответственные за личностные качества, в том числе интеллектуальные, эмоциональные, поведенческие. Исследовав геном рок-звезды Оззи Осборна, исследователи обнаружили в его «наследственном материале» большое количество генов, характерных для неандертальцев. Возможно, именно в них заключается секрет феноменального здоровья музыканта, на протяжении 40 лет злоупотреблявшего алкоголем и наркотиками» [Цветкова, 2012: 24]. Почему столь древние гены проявились вновь и активизировались? Эволюционная антропология задает новые аспекты в обсуждении вопроса о соотношении биологического и социального человека.

Генетический мониторинг с помощью научных методов подтверждает простые истины, которые знали люди на протяжении столетий. То, что мысль есть действие, подтверждают биомедицинские технологии. Наиболее чувствительны к генной нестабильности дети, но не столько природная, сколько неблагоприятная социальная среда ослабляет иммунитет и обуславливает заболевания. Установлено, что разные причины эмоциональной напряженности (достаток в семье, образование матери или отца, качество жизни и образование учителя) вели к различным сбоям на клеточном уровне в организме детей [Ингель, Легостаева, Анциферов, 2014]. Прогностика ВОЗ неутешительна. В списке заболеваний на 2020 г., которые приведут к инвалидности, на первом месте стоит ишемическая болезнь сердца, а на втором месте – депрессия. Благодаря уже вошедшим в быт датчикам нетрудно убедиться во влиянии на сердце наших эмоций и мыслей. Причины и ишемической болезни сердца, и тем более депрессии – прежде всего социальные.

В этом хрупком мире не может быть здоровых, когда страдают массы людей. Значение древней идеи о том, что все связано со всем, в современной жизни можно осознать на пути гуманитаризации технонауки. Без серьезного внимания к природе человека и его разума фундаментальная проблема здоровья не может быть решена даже самыми совершенными биотехнологиями. Биомедицинские технологии смогут реализовать свою глобальную задачу развития человека только в союзе и сотрудничестве с философско-гуманитарным знанием

ОТ ЛАМАРКА К ДАРВИНУ... И ОБРАТНО

Марков А. В., доктор биологических наук, старший научный сотрудник Палеонтологического института, «Экология и жизнь» №1, 2008

В 2009 году весь мир отметит 200 лет со дня рождения Чарлза Дарвина, на протяжении многих лет считавшегося признанным автором общепризнанной теории эволюции всего живого. Ее основные положения

выдвинуты им в знаменитом труде «Происхождение видов путем естественного отбора», которому в том же году исполнится 150 лет. Этим двум знаменательным событиям журнал «Экология и жизнь» намерен посвятить цикл материалов о различных аспектах и проблемах эволюции, в последние годы вновь вызывающих ожесточенные споры и привлекающих внимание представителей самых разных научных дисциплин, — полемика по многим вопросам эволюционного учения до сих пор не только не утихает, но и разгорается с новой силой. В первом номере предъюбилейного года мы предлагаем вниманию читателей первую из задуманных публикаций, посвященную одному из наиболее интересных предметов дискуссий — наследованию изменений, происходящих в ходе эволюции.

Как известно еще со школьной скамьи, первую последовательную и непротиворечивую теорию эволюции в начале XIX века разработал Жан Батист Ламарк. В ее основе лежали два допущения: о наследовании приобретенных признаков и о внутренне присущем всему живому «стремлении к совершенству».

Первая гипотеза объясняла, почему организмы так хорошо приспособлены к условиям обитания. В течение жизни они используют свои органы по-разному: одни чаще, другие реже. Органы, которые все время «тренируются», крепнут и растут, а «остающиеся без работы» — уменьшаются и слабеют. Небольшие изменения, возникающие вследствие такой избирательной тренировки, передаются по наследству. Например, если животное питается листьями, растущими высоко на деревьях, ему приходится часто вытягивать шею. Шея тренируется, крепнет и постепенно удлиняется. Потомство такого животного уже от рождения получит чуть более длинную шею. Так, по мнению Ламарка, жирафы приобрели свою знаменитую шею. А если какая-то птица перестает летать и переходит к наземному образу жизни, то, согласно его представлениям, ее крылья, долгое время остающиеся неиспользованными, рано или поздно атрофируются. Так возникли нелетающие птицы с рудиментарными крыльями.

Второе предположение Ламарка — внутренняя «тяга к совершенству» — объясняло постепенное усложнение организмов, появление новых органов и тканей. Кстати, эволюционистов до сих пор упрекают в том, что они не могут как следует объяснить этот феномен. Конечно, сами эволюционисты считают, что они все отлично объяснили. Но некоторые ученые продолжают возвращаться к идее Ламарка. Например, замечательный палеонтолог, эволюционист и философ Пьер Тейяр де Шарден, один из тех, кто открыл знаменитого пекинского синантропа, полагал, что повышение уровня организации живых существ, неуклонно происходящее в ходе эволюции, не может быть объяснено отбором случайных, ненаправленных мутаций и служит доказательством присутствия какой-то особой направляющей силы. Он называл ее радиальной энергией, потому что, по его мнению, она движет эволюцию к некому абсолютному средоточию, или центру — «точке Омега».

Отличия подлинные и надуманные

Что же изменил Дарвин в теории Ламарка? Он отказался от второй посылки своего предшественника — «тяги к совершенству» — и придумал такой механизм эволюционных изменений, которого теория Ламарка

не предусматривала, — естественный отбор. Механизм естественного отбора основан на борьбе за существование (которая происходит оттого, что живые существа производят больше потомков, чем может выжить), изменчивости (ее причины Дарвин, не зная генетики, не мог сформулировать и принимал просто как данность) и наследственности, благодаря которой свойства, помогающие данной особи выжить, передаются ее потомству.

В силу странного стечения обстоятельств сейчас, противопоставляя дарвинизм ламаркизму, обычно имеют в виду вовсе не разное отношение авторов к идее «стремления к совершенству» и даже не принцип естественного отбора, т. е. вовсе не то, что действительно отличало взгляды двух великих естествоиспытателей. Сложилось совершенно ошибочное мнение о том, что Дарвин якобы опроверг первый постулат Ламарка о наследовании приобретенных признаков и доказал, что наследуются только признаки врожденные.

На самом деле Дарвин вовсе не отвергал эту ламарковскую идею. Она многократно упоминается в его знаменитом «Происхождении видов» и признается им как очевидная. Более того, он даже развил ее, выдвинув теорию пангенеза (или пангенезиса). Дарвин предположил, что в клетках организма образуются особые мельчайшие частицы (он назвал их геммулами, или пангенами), несущие информацию о тех изменениях, которые клетки претерпели в течение жизни. Геммулы с током крови разносятся по организму и в конце концов проникают в половые клетки. Таким образом, потомству передается информация о приобретенных признаках.

О дарвиновской теории пангенеза современные дарвинисты почти не вспоминают. Еще бы, ведь она противоречит основному постулату доминирующей ныне «синтетической теории эволюции», сложившейся в начале XX века из толкований дарвиновского учения и результатов генетики, достигнутых к тому времени. Согласно этому постулату, называемому также центральной догмой неodarвинизма, приобретенные признаки не могут наследоваться.

Догма начала складываться через несколько лет после смерти Дарвина, в основном благодаря усилиям немецкого ученого Августа Вейсмана, которого и считают родоначальником неodarвинизма. Он показал, что если крысам из поколения в поколение отрубать хвосты, это не приводит к рождению бесхвостых крысят. В другом эксперименте черным мышам пересаживали яичники белых. У тех мышек, которым удавалось выжить после этой экзекуции, рождались белые мышата. На основании этих и других подобных экспериментов и был сформулирован главный принцип так называемого вейсмановского барьера: клетки тела (соматические клетки) не могут передавать информацию половым клеткам.

Молекулярные подтверждения

Развитие молекулярной биологии еще больше укрепило в сознании ученых незыблемость этого барьера, действительно превратив учение в догму. Выяснилось, что наследственная информация записана в молекулах ДНК особым кодом, который удалось расшифровать в 1960-е годы. Информация, записанная в ДНК, сначала должна быть «переписана» на молекулу РНК (этот процесс называется транскрипцией). Затем специальные сложные молекулярные комплексы — рибосомы — считывают информацию с молекулы

РНК, синтезируя молекулу белка в точном соответствии с записанной в РНК «инструкцией» (этот этап реализации генетической информации называется трансляцией). Белки выполняют огромное множество функций, и в конечном счете именно они определяют строение организма (фенотип). Таким образом, информация передается в одном направлении — от ДНК к РНК и от РНК к белкам. Никаких механизмов переноса информации в обратную сторону — от белков к РНК или от РНК к ДНК — поначалу обнаружено не было, что и укрепило веру в невозможность такого переноса.

Потом, правда, оказалось, что в природе существуют вирусы, у которых хранилищем наследственной информации служат молекулы РНК (а не ДНК, как у всех прочих организмов), и у них есть специальные ферменты, которые умеют осуществлять обратную транскрипцию, т. е. переписывать информацию из РНК в ДНК. Созданная таким путем ДНК встраивается в хромосомы клетки-хозяина и размножается вместе с ними. Поэтому с подобными РНК-вирусами очень трудно бороться (печально известный ВИЧ относится к их числу). Но вот обратной трансляции — переписывания информации из белков в РНК — не обнаружено и по сей день. По-видимому, такого явления в природе и вправду не существует.

Из одной крайности в другую

Итак, появилась и окрепла «центральная догма». Все теории, основанные на возможности наследования приобретенных признаков, стали считать лженаучными априори. Но, как известно, всякое действие рождает противодействие. И не секрет, что иногда лекарство оказывается опаснее болезни. В качестве уродливого и страшного противовеса догматизации достижений генетики и молекулярной биологии в СССР возникла лысенковщина — символ воинствующего невежества.

Т. Д. Лысенко открыл способ придавать семенам морозоустойчивость, выдерживая их некоторое время на холоде, а потом перенося в тепло и укрывая одеялом. Молодого «ученого-крестьянина» направили на работу в лабораторию Н. И. Вавилова. Трагические последствия этого шага всем известны. Лысенко, пользуясь далеко не научными аргументами и средствами, подчинил себе руководство советской биологической наукой. Генетика и «вейсманнизм» были объявлены лженауками. В стране официально была принята догма, противоположная вейсмановской и основанная на базовом принципе ламаркизма: приобретенные признаки наследуются; определяющим фактором наследственности являются не мифические гены, а воздействие внешней среды. Торжество лысенковщины в СССР и особенно репрессии против генетиков привели к окончательной дискредитации ламаркизма на Западе и к абсолютной догматизации принципа Вейсмана. Наука в очередной раз смешалась с политикой. Это не пошло на пользу ни советской, ни западной биологии. Два противоположных подхода к проблеме наследственности сошлись в смертельной схватке. Вопрос заключался уже не в том, могут ли наследоваться приобретенные признаки. Речь шла о борьбе двух «научно-социальных» систем: социалистической лысенковщины и буржуазного вейсманнизма.

После смерти Лысенко отечественная биология постепенно вернулась в русло мировой науки. Но последствия этой «аномалии» проявляются и по сей день: многих генетиков (как российских, так и зарубежных) до сих пор

передегивает при одном упоминании о возможности наследования приобретенных признаков.

Однако результаты ряда новых исследований свидетельствуют о том, что приобретенные признаки иногда все же могут передаваться по наследству. По-видимому, рациональное зерно есть в обеих «догмах», и для движения вперед необходимо отказаться от догматизма с обеих сторон и искать возможности синтеза.

На пути к компромиссу

В каких же случаях может проявляться «наследственность по Ламарку»?

Перед каждым клеточным делением все молекулы ДНК в клетке удваиваются: специальные белки-ферменты синтезируют точные копии имеющихся ДНК, которые потом распределяются между дочерними клетками. Однако при копировании иногда возникают ошибки — мутации. Если мутация возникает при образовании половой клетки, она, естественно, передается по наследству. Обычно считается, что такие мутации происходят совершенно случайно. Так возникает изменчивость, служащая материалом для естественного отбора. Но мутации могут происходить при делении любых клеток тела. Такие мутации, как и клетки, тоже называются соматическими и приводят к возникновению участков измененных тканей. Понятно, что соматические мутации могут быть вызваны различными воздействиями внешней среды и в какой-то мере, возможно, содержат информацию об этих воздействиях, которая могла бы оказаться полезной для будущих поколений.

Классическая генетика отрицает возможность наследования соматических мутаций. Считается, что изменения клеток тела (в том числе и мутации) не могут отразиться на генах половых клеток. Похоже, что в большинстве случаев это утверждение справедливо. Но Природа остается неизмеримо сложнее любых наших теорий и моделей. У всякого сформулированного людьми закона обязательно находятся исключения. И данный случай не исключение, иными словами, исключения из этого правила тоже существуют.

У одноклеточных организмов, естественно, нет деления на соматические и половые клетки. Их единственная клетка одновременно оказывается и половой, и соматической, так что любые произошедшие с ней изменения немедленно передаются потомкам. А гены у одноклеточных организмов меняются довольно часто. И не только из-за мутаций. У них очень широко распространен так называемый горизонтальный обмен генетическим материалом. Бактерии выделяют в окружающую среду фрагменты своей ДНК, могут поглощать такие фрагменты, выделенные другими бактериями (в том числе и относящимися к совершенно другим видам), и «встраивать» эти кусочки чужого генома в свой собственный.

А вот у многоклеточных организмов горизонтальный обмен, по-видимому, играет гораздо меньшую роль. Вместо него развились более совершенные механизмы «перемешивания» наследственной информации, связанные с половым размножением. К тому же половые железы у многоклеточных, особенно высших, действительно ограждены от остального организма особым барьером, практически непроницаемым для крупных молекул (таких, например, как белки или ДНК).

Эти парадоксальные вирусы

Один из способов горизонтального обмена генами, от которого не защищены даже многоклеточные, — это вирусный перенос генетической информации.

Известно, что ДНК вируса способна «встраиваться» в геном клетки-хозяина, а потом снова отделяться от него и формировать новые вирусные частицы, которые могут заражать другие клетки. При этом вместе с собственной ДНК вирус может случайно «захватить» кусочек ДНК хозяина и таким образом перенести его в другую клетку, в том числе — и в клетку другого организма. В большинстве случаев вирусы, размножающиеся в клетках организма (например, человеческого), не могут пробиться сквозь барьер Вейсмана и заразить половые клетки. Но все же иногда вирусная инфекция передается потомству. (Обычно заражение происходит уже после оплодотворения, во время внутриутробного развития. Если же оно произойдет достаточно рано, когда «барьер Вейсмана» у эмбриона еще не успел сформироваться, то зародыш будет нести вирусную ДНК не только в соматических, но и в половых клетках, и таким образом признак может стать по-настоящему наследственным.) А ведь это не что иное, как наследование приобретенного признака! И при этом совершенно не важно, что от такого «признака» обычно один только вред. Вирус ведь может «прихватить» с собой и какой-нибудь «полезный» кусочек ДНК (хотя вероятность этого, конечно, весьма мала).

Механизмы наследственности

Недавно ученые открыли еще несколько способов передачи по наследству приобретенных признаков. Эти способы не связаны напрямую с изменениями ДНК, т. е. с мутациями. Поэтому такую наследственность называют эпигенетической, или надгенетической.

Один из эпигенетических механизмов наследственности связан с метилированием ДНК. Оказалось, что в процессе жизнедеятельности к молекулам ДНК в клетках (в том числе и в половых) специальные ферменты присоединяют метильные группы ($-CH_3$). Причем к одним генам их «прилипает» больше, к другим — меньше. Распределение метильных групп по генам (так называемый рисунок метилирования) зависит от того, насколько активно тот или иной ген используется. Получается почти полная аналогия с «тренировкой» органов, которую Ламарк считал причиной наследственных изменений. Поскольку «рисунок метилирования» передается по наследству и, в свою очередь, влияет на активность генов у потомства, нетрудно заметить, что здесь может работать совершенно ламарковский механизм наследования: «натренированные» предками гены будут и у потомства работать активнее, чем «ослабевшие» от долгого бездействия.

Другой вариант эпигенетического наследования приобретенных признаков основан на взаимной активации и инактивации («отключении») генов. Рассмотрим систему из двух генов, где ген А контролирует синтез белка, одна из функций которого состоит в блокировании работы гена Б, а ген Б, в свою очередь, определяет выработку другого белка, способного «выключать» ген А. Такая система может находиться в одном из двух состояний: либо ген А «работает», и тогда ген Б «выключен», либо наоборот. Допустим, что переход системы из одного состояния в другое может происходить только в результате какого-то особого внешнего воздействия, происходящего довольно редко. То

состояние, в котором находится эта «двухгенная» система в клетках матери, будет через яйцеклетку передаваться ее потомству (поскольку сперматозоид содержит пренебрежимо малое количество белков). Если же при жизни матери система переключится в другое состояние, этот признак передастся потомству, родившемуся после «переключения». Опять получается «наследование по Ламарку».

Эволюция представлений о мутациях

Что же касается мутаций, то и тут классические неodarвинистские представления оказались не совсем верными. Мутации, похоже, оказываются не вполне случайными. В последнее время твердо установлено, что разные участки геномов мутируют с разной скоростью, причем у каждого из них эта скорость довольно постоянна. По-видимому, это означает, что одним генам Природа «разрешает» мутировать чаще, чем другим. А недавно появилось достаточно убедительно обоснованное предположение, что в клетках существуют специальные механизмы для целенаправленного увеличения скорости мутаций определенных участков генома.

Способность клеток контролировать скорость мутирования особенно ярко проявляется в работе иммунной системы. Биологов и медиков давно интересовал вопрос, каким образом белым кровяным клеткам — лимфоцитам — удается породить такое огромное разнообразие антител, используемых для борьбы с различными инфекциями. Антитела — это белки, которые умеют безошибочно распознавать определенные бактерии, вирусы, а также любые чужеродные белки (и многие углеводы) и прикрепляться к ним, что приводит к обезвреживанию возбудителей и выделяемых ими токсинов. По многим независимым оценкам, организм человека способен производить не менее миллиона разных антител. Даже если в организм вторгается вирус, прежде не встречавшийся в природе, уже через несколько дней в крови можно обнаружить специфические антитела, которые безошибочно узнают и «атакуют» именно его (и никакой иной возбудитель).

Стоит ли объяснять, что организм человека не может заранее «заготовить» антитела на все случаи жизни, тем более способные противостоять неведомым ранее бактериям и вирусам. Для кодирования миллиона антител понадобилось бы два миллиона генов (поскольку каждое антитело состоит из двух белковых молекул), но ведь после расшифровки человеческого генома выяснилось, что общее число генов у человека не превышает 30 тыс. Впрочем, еще задолго до расшифровки генома стало очевидно, что гены большинства антител, образующихся в крови при различных инфекциях, не закодированы в геноме изначально, а «изготавливаются» по мере необходимости из небольшого числа «генов-заготовок». И происходит это за счет интенсивного мутирования. В «гены-заготовки» вносятся случайные изменения (происходят соматические мутации) до тех пор, пока не получится нужный белок — такой, который будет безошибочно «узнавать» нового возбудителя.

Это открытие показало, что у клеток есть возможность целенаправленно, почти «сознательно», изменять собственный геном. Конечно, сделать процесс поиска подходящего варианта по-настоящему осознанным клеткам так и не удалось. Они не могут исследовать новый вирус и сразу определить, какой именно белок в данном случае нужен. Им приходится действовать методом «оптимизированного случайного поиска». Оптимизированного — поскольку

имеются универсальные заготовки, а клетки «знают», в какие участки этих заготовок следует вносить случайные изменения. Но ведь и это уже немало!

Опыт — по наследству?

Между тем самое интересное еще впереди. Недавно группа австралийских иммунологов собрала убедительные данные, показывающие, что изменения, приобретенные генами иммунных белков в течение жизни организма, иногда могут передаваться по наследству. И тогда потомство прямо от рождения оказывается более устойчивым к некоторым возбудителям. Ученые предположили, что тут имеет место механизм, благодаря которому приобретенный признак (ген нового антитела) может передаваться из лимфоцитов в половые клетки. Внутри лимфоцитов образуется некое подобие РНК-содержащих вирусов, которые захватывают молекулы РНК, несущие информацию о строении нового антитела. Затем эти «вирусы собственного изготовления» выходят из лимфоцитов и разносятся кровью по организму, попадая в разные клетки, в том числе и половые. Здесь методом обратной транскрипции генетическая информация переписывается с РНК на ДНК, и получившийся фрагмент ДНК встраивается в одну из хромосом половой клетки.

Если гипотеза австралийских иммунологов окажется правильной, это подтвердит не только справедливость идей Ламарка о возможности наследования приобретенных признаков, но и впоследствии преданную анафеме раннюю теорию Дарвина о геммулах и пангенезе. Ведь «самодельные» РНК-вирусы, образующиеся в лимфоцитах, по всем признакам и свойствам вполне соответствуют удивительным агентам, передающим приобретенные изменения, существование которых предсказывал великий Дарвин, как выясняется, отнюдь не отвергавший все представления своего выдающегося предшественника.

ПРОЕКТ «ГЕНОМ ЧЕЛОВЕКА»: ДЕСЯТЬ ЛЕТ СПУСТЯ.

Мясникова Д. (*обозреватель журнала «Экология и жизнь»*)

«Экология и жизнь» №12, 2010

Проект «Геном человека» является наиболее амбициозной биологической исследовательской программой за всю историю науки. Знание генома человека внесет неоценимый вклад в развитие медицины и биологии человека. Исследования человеческого генома так же необходимо человечеству, как когда-то было необходимо знание человеческой анатомии. Осознание этого пришло в 1980-х, и это привело к тому, что появился проект «Геном человека». В 1988-м с аналогичной идеей выступил выдающийся российский молекулярный биолог и биохимик, академик А. А. Баев (1904–1994). С 1989 г. и в США, и в СССР функционируют соответствующие научные программы; позднее возникла Международная организация по изучению генома человека (HUGO). Вклад России в международное сотрудничество признан в мире: 70 отечественных исследователей являются членами HUGO.

Итак, прошло 10 лет с того времени, когда проект «Геном человека» был завершен. Есть повод вспомнить, как это было...

В 1990 г. при поддержке министерства энергетики США, а также Великобритании, Франции, Японии, Китая и Германии, был запущен этот трехмиллиардный проект.

Возглавил его д-р Фрэнсис Коллинз, глава *International Human Genome Sequencing Consortium*. Целями проекта являлись:

- идентификация 20 000–25 000 генов ДНК;
- определение последовательности 3 млрд. пар химических оснований, составляющих ДНК человека, и сохранение этой информации в базе данных;
- усовершенствование приборов для анализа данных;
- внедрение новейших технологий в область частного использования;
- исследование этических, правовых и социальных вопросов, возникающих при расшифровке генома.

В 1998 г. аналогичный проект был запущен д-ром Крейгом Вентером и его фирмой «*Celera Genomics*». Д-р Вентер поставил перед своей командой задачу более быстрого и дешевого секвенирования человеческого генома (в отличие от трехмиллиардного международного проекта, бюджет проекта д-ра Вентера ограничивался 300 млн долл.). Кроме того, фирма «*Celera Genomics*» не собиралась открывать доступ к своим результатам.

6 июня 2000 г. президент США и премьер-министр Великобритании объявили о расшифровке человеческого генетического кода, и таким образом соревнование закончилось. На самом деле, был опубликован рабочий черновик человеческого генома, и лишь к 2003 г. он был расшифрован практически полностью, хотя и сегодня все еще проводят дополнительный анализ некоторых участков генома.

Тогда умы ученых были взбудоражены необыкновенными возможностями: новые, действующие на генетическом уровне лекарства, а значит, не за горами создание «персональной медицины», настроенной точно под генетический характер каждого отдельно взятого человека. Существовали, конечно, и опасения, что может быть создано генетически зависимое общество, в котором людей будут делить на высшие и низшие классы по их ДНК и соответственно ограничивать их возможности. Но все же была надежда, что этот проект окажется столь же прибыльным, сколь и Интернет.

И вдруг все затихло... надежды не оправдались... казалось, что 3 млрд долл., вложенных в эту затею, выброшены на ветер.

Нет, не совсем так. Быть может, полученные результаты не столь грандиозны, как предполагалось во времена зарождения проекта, но они позволят достичь в будущем значительных успехов в различных областях биологии и медицины.

В результате исполнения проекта «Геном человека» был создан открытый банк генокода. Общедоступность полученной информации позволила многим исследователям ускорить свою работу. Ф. Коллинз привел в качестве иллюстрации такой пример: «Поиск гена фиброзно-кистозной дегенерации был успешно завершён в 1989 г., что стало результатом нескольких лет исследований моей лаборатории и еще нескольких других и стоило США около 50 млн долл. Сейчас это способен сделать смысленный выпускник университета за несколько дней, и все, что ему понадобится, — это Интернет, несколько недорогих реактивов, термоциклический аппарат для увеличения специфичности сегментов ДНК и доступ к ДНК-секвенатору, читающему ее по световым сигналам».

Еще один важный результат проекта — дополнение истории человека. Раньше все данные об эволюции были почерпнуты из археологических находок, а расшифровка генокода не только дала возможность подтвердить теории археологов, но в будущем позволит точнее узнать историю эволюции как человека, так и биоты в целом. Как предполагается, анализ сходства в последовательностях ДНК различных организмов сможет открыть новые пути в исследовании теории эволюции, и во многих случаях вопросы эволюции теперь можно будет ставить в терминах молекулярной биологии. Такие важнейшие вехи в истории эволюции, как появление рибосомы и органелл, развитие эмбриона, иммунной системы позвоночных, можно будет проследить на молекулярном уровне. Ожидается, что это позволит пролить свет на многие вопросы о

сходстве и различиях между людьми и нашими ближайшими сородичами: приматами, неандертальцем (чей генокод недавно был реконструирован из 1,3 млрд фрагментов, подвергавшихся тысячелетнему разложению и загрязненным генетическими следами археологов, державших в руках останки этого существа), а также и всеми млекопитающими, и ответить на вопросы: какой же ген делает нас *Homo sapiens*, какие гены отвечают за наши поразительные таланты? Таким образом, поняв, как прочитать информацию о нас в генокоде, мы сможем узнать, как гены влияют на физические и умственные характеристики и даже на наше поведение. Возможно, в будущем, посмотрев на генетический код, можно будет не только предсказать, как будет выглядеть человек, но и, к примеру, будет ли у него актерский талант. Хотя, естественно, никогда нельзя будет это определить со 100%-ной точностью.

Кроме того, межвидовое сравнение покажет, чем отличается один вид от другого, как они разошлись на эволюционном древе. Межпопуляционное сравнение покажет, как этот вид эволюционирует. Сравнение ДНК отдельных особей внутри популяции покажет, чем объясняется различие особей одного вида, одной популяции. Наконец, сравнение ДНК различных клеток внутри одного организма поможет понять, как происходит дифференцирование тканей, как они развиваются и что идет не так в случае заболеваний, таких например, как рак.

Вскоре после расшифровки большей части генокода в 2003 г., ученые обнаружили, что существует гораздо меньше генов, чем они ожидали, но впоследствии убедились в противоположном. Традиционно ген определяли как участок ДНК, который кодирует белок. Однако, расшифровывая генокод, ученые выяснили, что 98,5% участков ДНК не кодируют белки, и назвали эту часть ДНК «бесполезной». И выяснилось, что эти 98,5% участков ДНК имеют едва ли не большее значение: именно эта часть ДНК отвечает за ее функционирование. Например, определенные участки ДНК содержат инструкции для получения похожих на ДНК, но небелковых молекул, так называемых двухцепочечных РНК. Эти молекулы являются частью молекулярно-генетического механизма, контролирующего активность гена (РНК-интерференция). Некоторые двухцепочечные РНК могут подавлять гены, препятствуя синтезу их белковых продуктов. Таким образом, если данные участки ДНК также считать генами, то их количество удвоится. В итоге исследования изменилось само представление о генах, и сейчас ученые считают, что ген — это единица наследственности, которую нельзя понимать как просто участок ДНК, кодирующий белки.

Можно сказать, что химический состав клетки — ее «хард», а информация, закодированная в ДНК, — предварительно загруженный «софт». Никто раньше и не предполагал, что клетка является чем-то большим, чем просто совокупностью составных частей, и что для ее построения недостаточно закодированной в ДНК информации, что столь же важным является процесс саморегулирования генома — и путем сообщения между соседними генами, и путем воздействия других молекул клетки.

Открытый доступ к информации позволит объединить опыт врачей, информацию о патологических случаях, результаты многолетнего изучения отдельных особей, и потому станет возможным соотнести генетическую информацию с данными анатомии, физиологии, поведения человека. И уже это сможет привести к лучшей медицинской диагностике и прогрессу в лечении.

Например, исследователь, изучающий определенную форму рака, сможет сузить круг поиска до одного гена. Сверив свои данные с данными открытой базы генома человека, он сможет проверить, что другие написали об этом гене, включая (потенциально) трехмерную структуру его производного белка, его функции, его эволюционную связь с другими генами человека или с генами мышей, дрождей или дрозофилы, возможные пагубные мутации, взаимосвязь с другими генами, тканями тела, в которых ген активируется, заболеваниями, связанными с этим геном, или другие

данные.

Более того, понимание хода заболевания на уровне молекулярной биологии позволит создать новые терапевтические методы. Учитывая, что ДНК играет огромную роль в молекулярной биологии, а также ее центральное значение в функционировании и принципах работы живых клеток, углубление знаний в этой области откроет путь для новых методов лечения и открытий в различных областях медицины.

Наконец, и «персональная медицина» теперь кажется уже более реальной задачей. Д-р Уиллс выразил надежду, что лечение заболеваний путем замены поврежденного участка ДНК нормальным станет возможным уже в следующее десятилетие. Сейчас проблемой, препятствующей развитию такого метода лечения, является то, что ученые не умеют доставлять ген в клетку. Пока единственный известный способ доставки — заражение животного вирусом с необходимыми генами, но это опасный вариант. Однако д-р Уиллс предполагает, что в скором времени в этом направлении будет совершен прорыв.

Сегодня уже существуют простые способы проведения генетических тестов, которые могут показать предрасположенность к различным заболеваниям, включая рак молочной железы, нарушение свертываемости крови, кистозный фиброз, заболевания печени и др. Такие заболевания, как рак, болезнь Альцгеймера, диабет, как было выяснено, связаны не с общими для всех, а с огромным количеством редких, практически индивидуальных мутаций (причем не в одном гене, а в нескольких; например, мышечную дистрофию Шарко-Мари-Тут может вызвать мутация 39 генов), в результате чего эти болезни трудно поддаются диагностике и воздействию медицинских препаратов. Именно это открытие является одним из камней преткновения «персональной медицины», поскольку, прочитав генокод человека, пока невозможно точно определить состояние его здоровья. Исследуя генокоды разных людей, ученые были разочарованы результатом. Около 2000 участков ДНК человека статистически относилось к «болезненным», которые при этом не всегда относились к работающим генам, т. е. не представляли угрозы. Похоже, что эволюция избавляется от мутаций, вызывающих болезнь, до того, как они станут общими.

Проводя исследования, группа ученых в Сиэтле обнаружила, что из всего человеческого генокода лишь 60 генов претерпевают спонтанную мутацию каждое поколение. При этом мутировавшие гены могут вызвать различные заболевания. Так, если у каждого из родителей было по одному «испорченному» и одному «неиспорченному» гену, то у детей болезнь может и не проявиться или проявиться в очень слабой форме, если они получают один «испорченный» и один «неиспорченный» ген, но если ребенок унаследует оба «испорченных» гена, то это может привести к болезни. К тому же, поняв, что общечеловеческие болезни вызываются индивидуальными мутациями, ученые пришли к выводу, что необходимо исследовать полностью весь генокод человека, а не его отдельные участки.

Несмотря на все затруднения, уже созданы первые генетические лекарства против рака, которые блокируют эффекты генетических отклонений, приводящих к росту опухолей. Также недавно было одобрено лекарство компании «Amgen» от остеопороза, которое основывается на том, что болезнь вызывается гиперактивностью определенного гена. Последнее достижение — проведение анализа биологических жидкостей на присутствие мутации определенного гена для диагностики рака толстой кишки. Такой тест позволит избавить людей от неприятной процедуры колоноскопии.

Итак, привычная биология ушла в прошлое, наступил час новой эры науки: постгеномной биологии. Она полностью развенчала идею витализма, и хотя в него уже больше столетия не верил ни один биолог, новая биология не оставила места и для призраков.

Не только интеллектуальные озарения играют важную роль в науке. Такие технические прорывы, как телескоп в астрономии, микроскоп в биологии, спектроскоп

в химии, приводят к неожиданным и замечательным открытиям. Похожую революцию в геномике производят сейчас мощные компьютеры и информация, содержащаяся в ДНК.

Закон Мура говорит о том, что компьютеры увеличивают свою мощность вдвое примерно каждые два года. Таким образом, за последнее десятилетие их мощность возросла более чем в 30 раз при постоянно снижающейся цене. В геномике пока нет имени для аналогичного закона, но его следовало бы назвать законом Эрика Лэндера — по имени главы *Broad Institute (Cambridge, Massachusetts)*, крупнейший американский центр, занимающийся расшифровкой ДНК). Он подсчитал, что по сравнению с прошлым десятилетием цена расшифровки ДНК снизилась на сотни тысяч долларов. При расшифровке последовательности геномов в *International Human Genome Sequencing Consortium* использовали метод, разработанный еще в 1975 г. Ф. Сенджером, что заняло 13 лет и стоило 3 млрд долл. А значит, расшифровка генетического кода была под силу только мощным компаниям или центрам по исследованию генетической последовательности. Сейчас, используя последние устройства для расшифровки от фирмы «*Illumina*» (*San Diego, California*), человеческий геном может быть прочитан за 8 дней, и стоит это будет около 10 тыс. долл. Но и это не предел. Другая калифорнийская фирма, «*PacificBiosciences*» из Менло Парка, разработала способы, позволяющие прочесть геном всего с одной молекулы ДНК. Вполне возможно, что скоро расшифровка генома будет занимать минут 15 и стоить менее 1000 долл. Аналогичные разработки существуют и в «*Oxford Nanopore Technologies*» (Великобритания). Раньше фирмы использовали решетки проб ДНК (ДНК-чипы) и искали определенные генетические символы — SNP.* Сейчас известно несколько десятков таких символов, но есть основания предполагать, что среди трех миллиардов «букв» генетического кода их гораздо больше.

До недавнего времени полностью было расшифровано всего несколько генокодов (в проекте «Геном человека» были использованы кусочки генокода множества людей, а затем собраны в единое целое). Среди них генокоды К. Вентера, Дж. Уотсона, д-ра Ст. Куэйка, двух корейцев, китайца, африканца, а также больного лейкемией, национальность которого ныне уже трудно установить. Теперь, с постепенным усовершенствованием техники чтения последовательностей генов, станет возможным расшифровка генокода все большего и большего числа людей. В будущем свой генокод сможет прочесть любой человек.

Кроме стоимости расшифровки, важным показателем является его точность. Считается, что приемлемым уровнем является не более одной ошибки в 10 000–100 000 символов. Сейчас уровень точности находится на уровне 1 ошибки в 20 000 символов.

На настоящий момент в США ведутся споры по поводу патентования «расшифрованных» генов. Однако многие исследователи считают, что патентование генов станет препятствием для развития науки. Главная стратегическая задача будущего сформулирована следующим образом: изучить однонуклеотидные вариации ДНК в разных органах и клетках отдельных индивидуумов и выявить различия между индивидуумами. Анализ таких вариаций даст возможность не только подойти к созданию индивидуальных генных «портретов» людей, что, в частности, позволит лучше лечить болезни, но и определить различия между популяциями, выявлять географические районы повышенного «генетического» риска, что поможет давать четкие рекомендации о необходимости очистки территорий от загрязнения и выявлять производства, на которых есть большая опасность поражения геномов персонала.

* SNP — одиночный генетический символ, который меняется от человека к человеку. Его открыли специалисты «*International HapMap Project*», изучая такую мутацию генокода, как однонуклеотидный полиморфизм. Целью проекта по картированию участков ДНК, различных для разных этнических групп, был поиск

уязвимости этих групп к отдельным заболеваниям и возможностей их преодоления. Эти исследования могут также подсказать, как человеческие популяции адаптировались к различным заболеваниям.

ДАРВИН И ЭВОЛЮЦИЯ ВСЕЛЕННОЙ

Владимир Георгиевич Сурдин, кандидат физико-математических наук, Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга

«Экология и жизнь» №3, 2009

Два юбилея совпали в нынешнем году совершенно случайно: 200-летие Дарвина и 400-летие создания телескопа, давшего начало современной астрономии. Таким образом, год дарвинского юбилея оказался вдвойне знаменательным, поскольку ООН объявила его Международным годом астрономии (МГА—2009). Казалось бы, какая связь между Дарвином и астрономией? Но в действительности она без труда усматривается. Результатом работы Дарвина и его коллег стал эволюционный взгляд на живую природу. Результатом создания телескопа стал эволюционный взгляд на Вселенную.

Трудно поверить, но астрономы долго сопротивлялись идее об эволюции Вселенной. Разумеется, изменения в жизни звезд и планет наблюдались всегда. Тысячелетиями астрономы следили за перемещением светил по небу, пытаясь математически предсказать их пути и используя эти движения для счета времени и ведения календаря. Но в основном эти движения были периодическими, монотонно повторяющимися, в них не усматривалось элемента развития. Даже в XX веке, уже обнаружив факт расширения Вселенной, астрономы пытались описать его в рамках стационарной модели: вечно расширяющейся и при этом вечно сохраняющей свое неизменное состояние (очень изящная модель, но не выдерживающая давления фактов).

Я человек не религиозный, поэтому способен лишь поверхностно судить о мировосприятии верующего человека, но все же мне кажется, что религиозное сознание должно легче воспринимать идею эволюции, чем сознание естественнонаучное (которое под давлением статистики я отождествляю с атеистическим сознанием). Одна из аксиом абсолютного большинства религий — идея творения, сотворения мира, которая уже сама по себе есть эволюционная идея. Для атеиста же естественной является идея вечной природы, вечной Вселенной, следовательно, в своих основных качествах — неизменной (всё, что могло измениться, давно уже изменилось). Даже законы термодинамики, утверждающие неизбежность эволюции (энтропия нарастает!), физикам удалось обойти, вспомнив о наличии флуктуаций и в равновесном состоянии, причем флуктуаций любой амплитуды, если достаточно долго подождать. Но изыскания астрономов и геологов показали: неживая природа эволюционирует, развитие многих процессов в ней идет в одном направлении. Если же выразаться аккуратнее, то в эпохи, охваченные наблюдениями, процессы преимущественно развивались в одном направлении. Более того, астрономические наблюдения прошедшего столетия невозможно интерпретировать вне рамок модели расширяющейся Вселенной, имевшей «начало».

На мой взгляд, это не говорит о какой-либо конвергенции религиозных и атеистических взглядов на мир. Напротив, процесс непрерывного изменения и развития природы, которое интуитивно чувствовали наши предки, но не могли объяснить иначе как действием разумного начала, теперь находит естественное объяснение на основе «законов природы». Тут можно было бы вспомнить о деизме (Бог создал целесообразную «машину» природы, дал ей законы движения и больше не вмешивается в ее развитие), но, как любой паллиатив, деизм, на мой взгляд,

не заслуживает серьезного отношения к себе.

Биологи пришли к идее эволюции раньше, чем астрономы и физики. Думаю, им способствовало то, что живой мир эволюционирует с характерным временем, доступным самому человеку, в чем убеждает нас работа селекционеров. Шкала размеров (см. схему), а следовательно и характерных времен эволюции космических систем, слишком велика для человека, а физические процессы в микромире происходят со скоростью, недоступной нашему восприятию.

Но сегодня и в науке о неживом эволюционная идея доминирует, хотя до сих пор не все эпизоды космической эволюции находят свое объяснение. Особенно сложны проблемы рождения планет, звезд, галактик, Вселенной... Как бы мы ни называли момент $t = 0$ в уравнениях космологов, фактически это рождение мира — проблема очень сложная для современной космологии, которая пытается решить ее, используя весь арсенал теоретической физики и наблюдательной астрономии. В последние годы доминируют попытки свести «начало Вселенной» до рядового эпизода в круговороте вечной эволюции многомерного мира. Это интересная идея, но она в каком-то смысле прячет проблему начала мира «под ковер», точно так же, как гипотеза панспермии делает это с проблемой происхождения жизни.

Но в этих заметках я не стану развивать тему рождения Вселенной, а опишу значительно лучше изученные эволюционные процессы из мира планет, звезд и галактик, чтобы продемонстрировать вездесущий характер эволюции во Вселенной, отнюдь не сводящийся только лишь к эпизоду ее рождения.

Планеты и их спутники

Одно из основных отличий космического пространства от биосферы — его почти абсолютная пустота. К примеру, если расселить людей равномерно по поверхности Земли, то расстояние между ближайшими соседями будет около 200 м, т. е. в 200 раз превысит характерный размер самого человека. Бесцельно бродя в ночной темноте, люди изредка сталкивались бы даже при таком рассеянном поселении. А среднее расстояние между звездами в нашей Галактике превышает их собственные размеры в миллиарды раз. Поэтому звезды практически никогда не встречаются друг с другом и тесно не взаимодействуют (за исключением особых случаев, к которым мы еще вернемся).

Иное дело планеты, их спутники и прочее околозвездное «население». Планетные системы — это тесные, густонаселенные «города» на просторах Галактики. В нашей Солнечной системе 8 больших планет (Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун), несколько планет-карликов (в начале 2009 г. — Церера, Плутон, Хаумея, Макемаке и Эрида), а также малые тела: более 400 тыс. астероидов, уже обнаруженных в области планетных орбит, и несметное число ядер комет, не открытых астероидов и даже карликовых планет «на задворках» системы — в облаке Оорта. Все они взаимодействуют и конкурируют за существование. С одной стороны, крупные объекты растут за счет мелких: падение метеоритных частиц на Землю можно наблюдать каждую ночь, с другой — взаимные соударения приводят к дроблению крупных объектов на более мелкие. Достается даже большим планетам: на Земле обнаружено уже немало осколков Луны и Марса. Наиболее интересная для нас внутренняя часть Солнечной системы постоянно обменивается веществом с периферией — одни малые объекты под действием гравитации массивных планет выталкиваются в облако Оорта (а иногда и дальше), другие — захватываются на их место.

В целом наша планетная система давно уже пришла к равновесию, для этого у нее было время: Земля совершила миллиарды оборотов по орбите. Еще недавно астрономы думали, что это равновесие почти равноценно смерти, но год от года обнаруживаются новые процессы, «омолаживающие» планеты и их спутники. Примером могут служить спутники планет-гигантов, в последние годы приковавшие к себе внимание астрономов

и биологов.

Первым свою высокую активность продемонстрировал спутник Ио — самый экзотический в свите Юпитера. Зонды «Вояджер-1» и «Вояджер-2» еще в 1979 г. обнаружили на его поверхности действующие вулканы, мощные извержения которых заметно меняют внешний вид поверхности Ио буквально за считанные месяцы. Хотя температура поверхности спутника не превышает -120°C , вблизи действующих вулканов она поднимается до $+150^{\circ}\text{C}$, а в кальдере крупного вулкана Пеле зарегистрировано даже $+300^{\circ}\text{C}$. В условиях крайне разреженной атмосферы и небольшой силы тяжести высота вулканических выбросов на Ио обычно достигает 100 км, а газовые султаны над самыми активными вулканами типа Пеле поднимаются на 300 км! По склонам вулканов на сотни километров разливаются потоки лавы. И эти процессы на всей поверхности спутника не прекращаются ни на минуту: Ио — истинный рай для вулканологов. Но и биологи проявляют к нему большой интерес: вулканические области — оазисы жизни, богатые энергией и важными химическими соединениями (достаточно вспомнить черные курильщики на дне океана). Биологам и геологам Ио напоминает молодую Землю, какой мы ее сейчас представляем.

В чем же причина омоложения этой юпитерианской луны?

Активная вулканическая деятельность на Ио в основном объясняется мощным приливным влиянием со стороны Юпитера. Из-за разницы в расстояниях ближней и дальней сторон спутника от планеты действующее на них притяжение существенно различается. В результате Юпитер придает Ио чуть-чуть дынеобразную форму: спутник вытянут в направлении планеты примерно на 7 км. Этим бы все и ограничилось, если бы Ио обращалась вокруг Юпитера на неизменном расстоянии, т. е. по круговой орбите. Но массивные соседи-спутники сбивают Ио с кругового пути и вынуждают то чуть приближаться, то удаляться от Юпитера. От этого заметно меняется напряжение приливной силы и форма спутника, который, как разминаемый в руках кусочек пластилина, разогревается от этих деформаций. Возможно, некоторый вклад в разогрев недр вносит и электрический ток, возникающий в теле Ио от того, что она движется в магнитном поле Юпитера.

Не менее интересен и второй крупный спутник Юпитера — Европа, на изображениях поверхности которой видна система линий, напоминающая старинные рисунки каналов на Марсе. С одной стороны, на Европе практически нет крупных метеоритных кратеров, что указывает на высокую активность геологических процессов, с другой — там нет ни гор, ни разломов, ни других признаков тектонической активности. Европа, поверхность которой сплошь покрыта льдом, более других планет и спутников похожа на ровный бильярдный шар.

Эти трудновосместимые свойства Европы, по-видимому, объясняются результатами теоретического моделирования ее внутреннего строения. Весьма вероятно, что под толстой ледяной корой спутника может находиться необъятный водный океан. Помимо жидкой воды Европа, кажется, имеет и другие компоненты, необходимые для жизни: сильное приливное влияние Юпитера (хотя и не такое сильное, как в случае Ио служит ей источником тепла, а в трещинах ледового панциря заметны следы органических соединений).

Экзобиологи уже потирают руки, предчувствуя обнаружение неведомых организмов в ледовитом океане Европы. Для проверки этой гипотезы инженеры работают над проектом космического аппарата, который смог бы проникнуть сквозь ледяной покров Европы и, превратившись в «подводную лодку», исследовать первый внеземной океан. Если там действительно обнаружится биосфера, то какой простор откроется для эволюционной биологии! Но технически задача очень сложна: вряд ли удастся в ближайшее время пробиться сквозь ледяной панцирь Европы толщиной, как минимум, в десятки километров, а свежие трещины с открытой водой пока в нем не найдены.

Поэтому значительно привлекательнее выглядит сравнительно небольшой спутник

Сатурна — Энцелад, внешне весьма похожий на Европу. Да и по своей природе он близок к Европе: судя по всему, под его ледяным панцирем (во всяком случае, под значительной его частью) тоже находится жидкая вода. Впервые астрономы увидели поверхность этого спутника более четверти века назад, когда «Вояджер-2» пролетал через систему Сатурна. Тогда он передал фотографии, которые на многие годы поставили в тупик специалистов. Даже на фоне большого разнообразия спутников Сатурна Энцелад выглядел «белой вороной». Его ледяная поверхность оказалась ярко-белой, как свежий снег. На поверхности Энцелада обнаружили обширные области без единого кратера, что указывало на его геологическую активность. Однако такая активность предполагает источник внутреннего тепла. Откуда он на столь скромном по размеру и массе теле?

Летом 2004 г. межпланетный зонд «Кассини» (NASA, ESA) достиг системы Сатурна, сбросил посадочный аппарат в атмосферу его крупнейшего спутника Титана и начал изучать остальные спутники, в том числе и Энцелад, которому было оказано особое внимание. И Энцелад его оправдал: снимки, полученные в контровом освещении (в направлении на Солнце), показали, что из трещин в южной полярной области бьют фантастические фонтаны, выбрасывая водяной пар, который тут же превращается в снежинки. Основная их масса падает обратно, на поверхность спутника, но часть улетает в космос, создавая вдоль орбиты Энцелада самое внешнее кольцо Сатурна. Сами трещины удалось рассмотреть во время пролета зонда над поверхностью Энцелада — несколько параллельных полос, похожих на следы тигриных когтей (за это их так и прозвали — *tiger stripes*).

Проблема источника энергии фонтанов решилась так же, как и в случае Европы, — это приливное влияние гигантского Сатурна. Энцелад довольно близок к нему и поэтому нещадно деформируется в гравитационном поле планеты, отчего его недра плавятся, а форма поверхности округляется. Для сравнения можно посмотреть, как выглядит более далекий спутник примерно такого же размера — Гиперион. Ясно, что он избежал «жарких объятий» Сатурна, никогда не плавился и не извергал на свою поверхность снежные фонтаны.

Энцелад — это то, о чем мечтали планетологи: на этом маленьком, но активном небесном теле обнаружилось всё — современная геологическая активность, вещество, извергающееся из недр (не надо бурить!) и относительная доступность (посадка зонда на Энцелад не представляет проблем). Теперь этот крошечный объект, затерянный среди других на краю Солнечной системы, вызывает огромный интерес. Не исключено, что и у других планет-гигантов обнаружатся приливно-эволюционирующие спутники. Еще недавно астрономы сильно недооценивали эволюционную роль приливов. А ведь биологи предупреждали: жизнь на Земле вышла на сушу благодаря приливам.

Любопытно, что одним из первых исследователей приливных явлений в космосе был сын Чарлза Дарвина — сэр Джордж Говард Дарвин (1845–1912), известный геофизик и астрофизик, профессор Кембриджского университета, президент Королевского астрономического общества. Как видим, связь между биологией и астрономией в этой замечательной семье была очень тесной. Впрочем, не забыта оказалась и физика: сын сэра Джорджа Дарвина — Чарлз Галтон Дарвин (1887–1962) стал известным физиком.

По сути, в теории приливов Джордж Дарвин сыграл ту же роль, какую Чарлз Дарвин сыграл в биологии: объединил разрозненные идеи и создал стройную теорию. Книга Дж. Дарвина «Приливы и родственные им явления в Солнечной системе» (последнее издание на русском языке: М.: Наука, 1965) в этой области исследований почитается так же высоко, как в биологии «Происхождение видов» его отца.

Звезды и галактики

Самый очевидный на сегодня процесс эволюции во Вселенной — это химическая эволюция ее вещества в недрах звезд. Это не количественный процесс, а качественный. Древнее вещество Вселенной, которое мы встречаем сегодня в составе маломассивных

звезд первого поколения, практически не содержит ничего, кроме водорода и гелия. Этих элементов недостаточно не только для зарождения биосфер, но даже для формирования планет земного типа. А то вещество, из которого состоят наша планета и ее живая оболочка, родилось и было выброшено в космическое пространство благодаря эволюции весьма малочисленных массивных звезд.

Будь Вселенная устроена немного иначе, наиболее массивные звезды могли бы и не рождаться. Реакции ядерного синтеза происходят в недрах всех звезд, но у большинства из них новые химические элементы навсегда остаются глубоко в недрах, и только самые массивные светила извергают их, обогащая Вселенную элементами, необходимыми для жизни.

Случайное это свойство нашей Вселенной или предопределенное? Должна ли была эволюция непременно привести к рождению галактик, к формированию в них массивных звезд и т. д. вплоть до появления живого вещества и разумного существа? Тут мы вступаем в самую современную натурфилософскую область, изучающую так называемый антропный принцип. Полстолетия назад, раздумывая о фундаментальных свойствах Вселенной, московский физик Абрам Леонидович Зельманов сформулировал его так: «Мы являемся свидетелями процессов определенного типа, потому что процессы иного типа протекают без свидетелей». В такой формулировке антропный принцип постулирует вполне очевидную вещь: изучая Вселенную, мы непременно обнаружим у нее такие свойства, которые в процессе ее эволюции позволили появиться нам, любознательным особям.

В современном виде антропный принцип перерос эту простую мысль и развился в интереснейшее направление теоретических исследований. Решаемые им проблемы достойны Создателя: может ли вселенная с совершенно иной геометрией (например, с другим числом пространственных измерений) и иной физикой (другие значения мировых констант) быть прибежищем жизни? Единственна ли наша Вселенная или их бесчисленно много? Разнообразны ли при этом их свойства? Можно ли проникнуть из одной вселенной в другую? Может ли разумное существо конструировать и создавать вселенные с определенными свойствами? Возможна ли конкуренция вселенных, и если да, то вселенные с какими свойствами имеют более высокий шанс сохраниться? В этих астрофизических вопросах чувствуется влияние биологии. В некотором смысле антропный принцип дает развитие эволюционному принципу Дарвина. Быть может, когда-нибудь и астрофизики придут в выводу, что наша Вселенная сформировалась в результате естественного (или искусственного?) отбора.

Так ли уж проста Вселенная?

Встречаясь с биологами, я порой чувствую с их стороны скрытую зависть: мне кажется, они завидуют нашей пресловутой «астрономической точности». Действительно, по общему мнению, астрономия — старейшая из наук. Считается, что она давно и твердо опирается на законы физики и математики, а потому предельно точна. Откроем учебник космологии: двумя-тремя уравнениями описана эволюция Вселенной! Откроем монографию по физике звезд: несколькими формулами описана эволюция звезды, причем любой! Биологи лишь мечтают, что когда-нибудь их наука тоже достигнет такого уровня. Известный специалист по эволюционной динамике Мартин Новак считает: «Если возможно полное и окончательное понимание законов биологии, то оно обязательно выгладит как набор математических уравнений» (*Вакс Х. Как рассчитать эволюцию?* // В мире науки, 1/2009, с. 16–17.).

А правда ли, что астрономы уже «поверили алгеброй гармонию» Вселенной? В ответ на подобные вопросы мне вспоминается один исторический анекдот. Многие годы в научно-популярной литературе цитировалась реплика знаменитого английского астрофизика сэра Фреда Хойла о том, что «нет ничего проще звезды». Полвека спустя этот эпизод вспомнил английский астроном Питер Фелгет: «Как очевидец могу сказать, что замечание о простоте звезд было сделано Фредом Хойлом (тогда еще не сэром) на

коллоквиуме, который он проводил в старой обсерваторской библиотеке в Кембридже. Насколько я помню, фраза Хойла, произнесенная с его изумительным северным акцентом, звучала так: «В принципе звезда имеет довольно простую структуру». В ответ на это профессор Редман заметил: «Вы бы тоже выглядели довольно простым, Фред, с расстояния в десять парсеков». (*Fettgett P. B. Simple stars // The Observatory, v. 115, 1995, p. 95.*)

Глубокий смысл этого замечания открывается нам постепенно. Чем детальнее мы изучаем звезды, тем более сложными выглядят их структура и поведение. Так что в пору согласиться с высказыванием английского астронома Джона Брауна: «Вопреки известной реплике Фреда Хойла звезды не так уж просты, по крайней мере когда изучаешь их с расстояния в 5 микропарсеков, как в случае с Солнцем» (*The Observatory, v. 114, 1994, p. 124.*) Чем дольше и внимательнее мы наблюдаем за жизнью звезд и даже за самой близкой из них — Солнцем, тем больше обнаруживается загадок. Это не означает, что некоторые из них мы не разгадываем, но их число от этого не уменьшается. В этом смысле сближение биологии и астрономии идет с двух направлений: биологи находят простые математические закономерности в живом, астрономы обнаруживают немыслимое разнообразие космических процессов.

Хотя биологию обычно не относят к точным наукам, поскольку она еще не достигла полной однозначности, свойственной высоко математизированным дисциплинам, я вижу в этом заблуждение. Биология далеко впереди физики и астрономии, если учесть сложность ее объекта. У нас, астрономов, еще не родился свой Карл Линней, который привел бы в порядок систематику астрономических объектов и систему их названий: у астрономов масса курьезных терминов типа белых, красных и коричневых карликов, планетарных туманностей, метеороидов-метеоров-метеоритов, квазаров, пульсаров и т. п. Поэтому, быть может, нам еще рано думать о своем Дарвине и стоит позавидовать биологам, среди которых уже трудился ученый, создавший грандиозную теорию об эволюции живого вещества Вселенной.

НАУКА, ТЕХНОЛОГИЯ И МАГИЯ.

Умберто Эко

«Экология и жизнь» №4, 2008

Умберто Эко (р. 1932 г.) — итальянский прозаик, семиотик, культуролог, эссеист. Преподавал эстетику и теорию культуры в университетах Милана, Флоренции и Турина. Профессор Болонского университета. Почетный доктор множества иностранных университетов.

К какой бы области человеческой деятельности ни обращался Умберто Эко, он ставит перед собой задачу провести полное исследование, поскольку полагает, что идеи имеют социальную функцию. Он исследует проблему накопления и передачи знаний, место и роль науки в современном обществе, увлекательно описывая складывавшийся исторически образ науки, а также соблазны и опасности, подстерегающие ученого в его взаимоотношениях с современным обществом. Такова тема его выступления на международной конференции по вопросам научной информации в Риме в ноябре 2002 года, которое мы предлагаем вниманию читателей.

Мы считаем, будто живем в эпоху, которую, отождествляя весь период с его началом, Исая Берлин (Исайя Берлин (1909–1997) — английский политолог и писатель российского происхождения) нарек веком Просвещения. Рассеялась средневековая тьма, явилась возрожденческая критическая мысль и с нею само понятие научной мысли, и всем нам свойственно думать, будто ныне у нас тут наступила эра, когда наука стала главной силой и царит повсеместно.

Честно сказать, эту идею абсолютной всезначности научного подхода, идею,

которую в простоте душевной провозгласил Кардуччи в «Гимне Сатане», ту же, что — в заостренном виде — была основой «Коммунистического манифеста» 1848 года, — эту идею проповедуют в большинстве реакционеры, спиритуалы, *laudatores temporis acti*, а не ученые (Джозуэ Кардуччи (1835–1907) — «поэт нации», первый итальянский лауреат Нобелевской премии, автор исторических и гражданских од. Спиритуалы — философское течение второй половины XIX века во Франции и Италии, противопоставлявшее преобладающим направлениям мысли — материализму и позитивизму — свою метафизику, выросшую из традиционного католицизма.

Laudatores temporis acti (лат.) — хвалящие прошлое.).

Реакционеры, а не ученые разворачивают перед нами устрашающие картины, похожие на научную фантастику: картины мира, который, отринув все остальные ценности, предался и поклонился вере в научные истины, в мощь технологии. Модель эпохи, подчиненной науке, в глазах противников — именно та, триумф которой изображал Джозуэ Кардуччи в «Гимне Сатане»:

Оставь свой ладан, поп, упрячь кадило!

Нет, не отступит дьявольская сила!

Восславься, Сатана, врагов сразив —

Ты, Разума великомощный взрыв!

.....

Внимай, Сатан, молитвенному зову —

Ты победил поповского Иегову!

Те, кто внимательно читает этот текст 1863 года, видят, что там приведены в качестве сатанинских героев, одолевающих засилье религии, ведьмы и алхимики, великие еретики и реформаторы, от Гуса до Савонаролы и Мартина Лютера (Ян Гус (1371–1415) — чешский религиозный деятель, идеолог чешской Реформации. (Джироламо Савонарола (1452–1498) — итальянский монах, проповедник, попытавшийся превратить Флоренцию в «Град Божий». Казнен по приговору Папского суда. Мартин Лютер (1483–1546) — религиозный деятель, основоположник немецкой Реформации, автор первого перевода Священного Писания на новые европейские языки (на немецкий — в 1533 г.), но нет ни одного ученого, нет даже нашего соотечественника Галилея, которому полагалось бы просто очаровать антиклерикальную и республиканскую душу Кардуччи. У Кардуччи на месте Галилея иной идеальный герой, иное воплощение победы разума над верой. Этот герой — паровоз:

Дивновидно, страхолудно, чудище играет,

Рассекает океаны, землю обегает,

Вихри, дымы изрыгая, подобно вулкану,

Преодолеывает горы, равнину пространну;

Пропасти перелетает — и внезапно в горы

Утекает, проницая их тайные норы,

И опять, пройдя глубины, людям и природе

Зычным зовом возвещает о своем приходе.

То есть даже Джозуэ Кардуччи, ценивший классику, но подверженный страстям в духе свежей романтической моды, видел торжество разума в технике, а не в научной идее. Это интересно, и отсюда мы поведем мысль о противопоставлении между наукой и технологией.

Люди сегодняшнего дня не только ожидают от технологии непомерных достижений, но прямо требуют их, при этом не отграничивая разрушительную технологию от технологии созидательной. Дети воспитываются компьютерными играми, полагают наушники природным отростком евстахиевых труб и дружат по Интернету. Они живут в технологии, они не в состоянии представить себе, как мог бы существовать иной мир, мир без компьютеров и даже без телефонов.

Но с наукой такой близости не выходит. Средства массовой информации сами путают науку с технологией и, к сожалению, запутывают публику, та начинает считать наукой все, что имеет отношение к технологии, и при этом не ведает, в чем содержание науки, и не знает, что технология — только придаток, только следствие, но никак не первостепенность.

Технология — это когда предлагается всё и сразу. А наука движется постепенно.

Поль Вирильо (Поль Вирильо (р. 1932) — французский архитектурный критик и философ, основоположник дромологии (науки о скорости, с 1980 г.) так описал нашу эпоху: всех захватила (я бы выразился — загипнотизировала) скорость. Главный знак нашего мира — скорость, это угадали с опережением футуристы. Мы желаем тратить не больше четырех часов на перелеты из Старого Света в Новый. Мы так привыкли к быстрой, что досадуем, когда медленно грузится электронное письмо или запаздывает самолет.

Однако эта технологичность жизни несколько не эквивалентна научности. Она тождественна, если угодно, магичности.

Что же такое магия, чем она была на протяжении столетий и чем является сегодня, пускай в закамуфлированном виде?

Магия означает веру, будто можно перескочить в быстром темпе с причины на результат, опустив промежуточный процесс. Ткнуть булавкой в изображение врага — и враг погибнет. Произнести заветную формулу — железо станет золотом. Воззвать к ангелам и через ангелов направить важную информацию. Бенедиктинский аббат Тритемий (XV в.) выступил провозвестником современных шифровальных машин, разрабатывая системы секретного кодирования для передачи посланий от правителей военачальникам. Все схемы Тритемия в наше время запросто взламываются на компьютере, но для его собственного времени они были достаточно гениальны. Так вот, чтобы схемы смотрелись поаппетитнее, автор изображал свою технику как волхвование, включающее в себя созыв ангелов, которые озаботятся перенести подальше и поконфиденциальнее нашу зашифрованную информацию.

Магия — это когда не показывают длинную цепь следствий и причин и в особенности когда не пытаются проверить эту цепь методом повторяемых экспериментов. Чудо совершается сразу, в том-то красота магии. От первобытных культур до просветленного Возрождения и далее до сегодняшнего дня, до мириад оккультных сект и групп, кишящих в Интернете, — вера в магию, надежда на магию отнюдь не угасла по воцарении опытной науки.

Страсть к стремительным перескокам от причин к результатам олицетворилась в технологии, которая воспринимается как дочь науки. А сколько пришлось попыть, чтобы от первых компьютеров Пентагона, от «Элеа» фирмы «Оливетти» размером с целую комнату (помнится, потребовались месяцы программистам из Ивреи (В городе Иврея (близ Турина) инженер Камилло Оливетти в 1908 г. основал легендарную компанию «Оливетти», производившую печатные машинки, а позднее — калькуляторы и компьютеры. Фирма внедрила в свой быт многие виды социальных забот о работниках и гордилась почти нулевой текучестью кадров. В 1950-е годы компания «Оливетти» начинает разработки вычислительной техники вместе с некоторыми лабораториями США (Коннектикут) и создает «Elea 9003» — первый компьютер итальянской конструкции.), чтобы заставить своего мастодонта сыграть марш из фильма «Мост через реку Квай», к невероятному их счастью и гордости) дойти до нашего с вами «лэптопа», где имеется все и сразу? Технология из кожи вон лезет, чтоб затушевать порядок причин и следствий, сделать вид, что причин не существует, что все вершится само собой, волшебю.

Первые компьютерщики писали программы на Бейсике, который был не машинным языком, а языком почти мистическим (мы — первые компьютерные пользователи — не знали язык машины, но понимали, что дабы вынудить машинные чипы связаться в

определенную цепочку, им обязательно следует дать мучительно сложные инструкции на хитром бинарном языке). Впоследствии система *Windows* заокультуривала это программирование на языке Бейсик, потребитель нажимает на кнопку и переворачивает перспективу, связывается с заморским корреспондентом, получает результат астрономического расчета; потребитель остается в полном неведении, каким же путем он дошел до этого (а путь-то был!). Компьютерный пользователь воспринимает компьютерную технологию как магию.

Наверное, покажется странным, что эта магическая ментальность живуча в наше время, но стоит посмотреть вокруг, и мы убедимся, что магия популярна повсеместно. Повсюду правят бал сатанинские секты, под боком у нас исполняются синкретические обряды — те самые, за которыми совсем недавно антропологи ездили в далекую Бразилию, а сегодня монсеньор Милинго устраивает свои радения в Риме, хотя Рим — отнюдь не Баия.

И даже традиционные религии все чаще отступают, дрожа, под натиском многообразных чужих ритуалов и, дабы подманить публику, ныне перестают обсуждать публично и такую тематику, как таинство Троицы (хотя вообще-то богословские диспуты, хоть и подчинены особым критериям, все-таки методологически ближе к науке, нежели к магии, уж хотя бы по одному тому, что они развиваются поэтапно, ступень за ступенью, шаг за шагом), — и предпочитают преподносить сошествие Святого Духа как мгновенное чудо.

Разбирая проблему Троицы, богословская мысль продвигалась по правилам логики, поэтапным методом, выкладывая аргумент за аргументом для доказательства, что эта тайна постигнута (или что она непостижима). А мысль магическая выводит на первый план сакральность, таинственность, трансцендентность, которая исходит от харизматической инстанции, и именно этой таинственной харизматичностью (отнюдь не трудными богословскими силлогизмами) завораживает широкие массы.

СМИ при первой возможности живописуют нам науку как магию, а эта первая возможность представляется, как только наука начинает обещать какую-то потрясающую технологичность.

Сам собою возникает «низкий сговор» между ученым и масс-медиа, потому что ученый не способен устоять перед соблазном, он даже считает своим долгом рассказывать о своем исследовании. Иногда это полезно для привлечения спонсоров, иногда исследование просто приятнее предъявить миру в качестве открытия еще до неизбежно грядущего разочарования, до того, когда обнаружится, что обещанного результата вовсе нету на золотом блюде.

Мы все помним подобные эпизоды, от явно преждевременно разрекламированного «секрета холодного термоядерного синтеза» до постоянно обещаемого лекарства от рака. Это триумф веры в магию, в мгновенность. Трудно объяснить публике, что научная работа — это гипотезы, опыты, ошибки и разборы ошибок. Когда спорят, что достовернее — официальная медицина или знахарство, вопрос по сути стоит так: к чему ждать три года обещанного наукой, если можно получить моментальный результат от альтернативной медицины?

Недавно Гараттини в журнале *CICAP* (*CICAP (Comitato Italiano per il Controllo delle Affermazioni sul Paranormale*, Итальянский комитет по проверке сигналов о паранормальном) существует с 1989 г. и объединяет интеллектуалов, телевизионных журналистов и даже несколько нобелевских лауреатов. Сильвио Гараттини (р. 1928) — итальянский фармаколог, с 1963 г. основатель и директор Института фармакологических исследований «Марио Негри» в Милане, активный член рабочей группы и сотрудник выпускаемого Комитетом раз в два месяца журнала) снова написал, что если больной принял лекарство и вскорости выздоровел, это еще не доказательство, что именно лекарство сработало. Существуют, по крайней мере, еще два объяснения: во-первых, могла иметь место природная ремиссия, и лекарство

подействовало только как плацебо; или, во-вторых, природная ремиссия могла быть уже на подступах и раньше, а лекарство только отдалило ее. Но вы только попробуйте предъявить широкой публике два этих последних рассуждения. Не будет вам ни малейшей веры, поскольку для магической ментальности всего важнее быстрый процесс, победный механизм связи между предполагаемой причиной и желанным результатом.

В связи с этим может произойти, да и действительно происходит странная вещь: урезаются средства, отводимые на науку, а общественность совершенно не возмущается урезанием. Общественность возмутилась бы, если бы закрыли больницу или повысили цены на лекарства, однако она остается невозмутимой, когда прикрывают долгие и медленные научные исследования. Ну самое большее — возникает неуютное чувство, что какие-нибудь ядерщики того и жди эмигрируют в Америку (хотя что скажешь, атомная бомба-то все равно у американцев). Никто не сознает, что именно этот срыв долгого исследования ставит под вопрос новое лекарство от гриппа или ввод в эксплуатацию нового автомобиля на электрическом ходу. Никто не связывает научные эксперименты, с одной стороны, и лечение полиомиелитного мальчика — с другой, потому что цепь последствий и причин в этом случае длинная, опосредованная, не «раз-два-три», как полагается по правилам волшебства.

Все мы помним выпуск сериала «Скорая помощь», в котором доктор Грин оглашает перед длинной очередью пациентов великую научную новость: тем, кто заболел гриппом, не будут прописывать антибиотики, потому что при гриппе антибиотики не помогают. Этот эпизод довел публику до такого накала, что зазвучали даже упреки в расовой дискриминации. Пациенты верили в волшебную связь антибиотиков с выздоровлением. Все СМИ убеждали их, что антибиотики спасают. В этой коротенькой цепочке главнейшая истина. Таблетка антибиотика — техногенный продукт и опознается как таковой. А разбор причин и способов борьбы с эпидемией гриппа — забота всяких НИИ.

Я изобразил тут неприятную и разочаровывающую картину еще и потому, что в довершение всех зол даже некоторые правители (которые, если верить официальным сообщениям Белого дома, советуются с магами и астрологами) иногда в своих позициях ближе к человеку с улицы, чем к человеку из лаборатории. Я изобразил эту картину, но не могу порекомендовать, что же с ней делать. Нельзя уговорить масс-медиа отменить мистический подход. Массмедиа обречены на мистицизм не только в погоне за «аудиторией», но и потому, что их обязанность — каждый день выстраивать связи между причинами и следствиями, и связи эти описываются сплошь и рядом как магические. Существуют и всегда существовали, я согласен, серьезные популяризаторы — упомяну хотя бы моего друга Джованни Мария Паче (Джованни Мария Паче (1938–2002) — итальянский журналист и писатель, штатный сотрудник сперва журнала «Эспрессо», впоследствии газеты «Республика», автор статей о генетических манипуляциях с продуктами питания, здравоохранении, экспедициях в Антарктику, военных корреспонденций (Балканы, Афганистан, война в Персидском заливе), статей о роботах, созданных для разминирования минных полей, работ на темы философии и биоэтики (эвтаназия), совсем недавно умершего. Но и для его серьезных статей газеты обычно находили такие крикливые, такие скандальные заголовки, что эти заголовки обычно искажали содержание статьи. Осторожный рассказ о том, что начинает разрабатываться вакцина против гриппа, неизбежно становился фанфарным провозвестием: грипп на Земле скоро исчезнет без следа. (Думаете, благодаря науке? Нет, благодаря триумфу технологии, сумевшей внедрить в ассортимент новую пиллюлю.)

Как должен реагировать ученый на назойливый запрос газетчиков, которые ждут от него ежедневных волшебных обещаний? Ученый должен реагировать осторожно. Но и

осторожность порою, как только что мы наблюдали, не помогает. Ученому не пристало, с другой стороны, и покрывать завесой тайны всякую научную новость, поскольку наука по естеству своему — принадлежит общественности.

Думаю, нам следует вернуться за парты начальной школы. Именно школа и все учебные центры наряду со школой, включая наиболее серьезные интернет-сайты, должны постепенно приучать молодых людей к правильному представлению о научных процессах. Это самая нелегкая часть обучения, потому что и школе очень свойственно впихивать в память учащихся отрывочные данные, связь между которыми непостижима и магична. Мадам Кюри (Мария Склодовская-Кюри (1867–1934) — французский физик, дважды лауреат Нобелевской премии, исследовала явление радиоактивности и открыла радий и полоний.) приходит вечером домой, глядит — на бумаге пятно, и открывает радиоактивность. Доктор Флеминг (Александр Флеминг (1881–1955) — английский бактериолог, лауреат Нобелевской премии, обнаружил способность содержащегося в плесени пенициллина уничтожать патогенные микроорганизмы) кидает задумчивый взор на плесень и понимает: пенициллин. Галилей по колебанию пламени в лампе осознает, что Земля-то обращается. Мы настолько прекрасно помнили, какую трепку получил Галилей за свою научную смелость, что забыли: Галилей понятия не имел, по какой орбите Земля обращается.

Как можно ожидать от школы корректной научной информации, когда еще до сих пор во многих учебниках и во многих хрестоматиях можно прочесть, что до Христофора Колумба люди считали Землю плоской? Ведь это извращение истории. Уже древним грекам прекрасно было известно, что Земля круглая, и это знали и саламанкские мудрецы, тормозившие экспедицию Колумба именно потому, что они точнее, чем Колумб, все рассчитали и хорошо представляли себе настоящий масштаб нашей с вами планеты.

И все же одно из назначений интеллигента — кроме жесткой и суровой критики — это просвещенная популяризация. Все мы превосходно понимаем, что в Италии более чем где бы то ни было научный работник считает занятие популяризацией делом компрометирующим. Между тем великими популяризаторами были и Эйнштейн, и Гейзенберг (Вернер Карл Гейзенберг (1901–1976) — немецкий физик, создатель квантовой механики, лауреат Нобелевской премии (1932), автор принципа неопределенности.), и мой покойный друг Стивен Джей Гулд (Стивен Джей Гулд (1941–2002) — американский палеонтолог и зоолог, автор теории «прерывистого равновесия» (*punctuated equilibrium*), предполагающей, что некоторые виды в силу чисто случайных причин совершали скачки в биологическом развитии.). И если все-таки ждать откуда-то не волшебного описания ситуации в науке, то его ждать можно отнюдь не от журналов и газет, а от самих исследователей и ученых. Именно они должны потихоньку трансформировать общественное сознание, влияя на молодых.

Полемическое резюме этого моего выступления: пиетет в отношении науки в наше время основан на ошибочных предпосылках и, как бы то ни было, извращен совместным влиянием двух магических подходов — веры в волшебное колдовство и веры в колдовство технологическое. Эти подходы до сих пор царят и в душах наших слушателей, и в их головах, и в их сердцах.

Если не стремиться выйти из порочного круга лжеобещаний и обманутых надежд, науке несдобровать.

В пору раннего средневековья Исидор Севильски (Исидор Севильский (570–636) — испанский епископ и доктор католической церкви, составитель компендиума «*Etymologiae*» в двадцати книгах) все же сумел, хоть и на основании неверных сведений, восходивших к незапамятным временам, к Эратосфену (Эратосфен Киренский (ок. 276 — ок. 194 г. до н. э.) — греческий математик, астроном, географ, первым рассчитавший с большой точностью окружность земного шара.), почти что правильно и в любом случае без всякого волшебства вычислить длину экватора. Но по

экватору гуляли единороги и лесные чуды-юды, и хотя ученые не сомневались, что Земля сферична, художники по своим уважительным причинам представляли ее не только плебеям, но даже господам в качестве плоского диска с Иерусалимом в середине или расплющивали шар для пущей символичности и для удобства демонстрации (как до сих пор Землю расплющивают в школьном атласе). Расплющивали не очень сильно, но все-таки достаточно, чтоб все кругом переставали понимать, какая же форма на самом деле у земного шара.

Вот так, пройдя через три века Просвещения, мы все еще похожи на Исидора: когда газеты повествуют о наших научных симпозиумах, симпозиумы неотвратимо выглядят волхвованием.

Чему тут удивляться? Мы и сейчас, как в Средние века, деремся и пишем неудержимым фундаментализмом, упрямым фанатизмом. Ратуем за крестовые походы, целые континенты вымирают от голода и СПИДа, а телевидение при этом показывает (волшебство преображая) нас с вами в качестве блаженных богатейших людей, привлекая на наши побережья баркасы, нагруженные нелегалами из Африки и Албании. Эмигранты хотят попасть к нам, как в старину все хотели попасть в Эльдorado.

Как не понять, что простакам до сих пор неизвестно, что есть наука, и они склонны принимать за науку даже ренессансную магию? И что для них волшебство — возможность послать сообщение в Австралию по цене внутригородского звонка и со скоростью молнии?

Чтобы успешно продолжать работу, каждый из нас в своей области должен хорошо сознавать, в каком мире он живет, делать выводы, быть хитроумным как змея и если не чистым как голубка, то хотя бы великодушным как пеликан (Пеликан, отрывающий собственное мясо с груди, чтобы накормить детей (так интерпретировали издавна зрелище раздачи птенцам полупережеванной отрыгнутой пищи) — воплощение милосердия и Христовой жертвы, изображался в церквах и на эмблемах в качестве символа Христа. Имя пеликана носят масонские ложи и благотворительные учреждения (в особенности по призрению детей).), и всегда стараться преподнести от себя нечто людям, которые о нас никакого понятия не имеют.

Как бы то ни было, следовало бы ученым остерегаться тех, кто чересчур их боготворит и считает, будто ученые — это жрецы истины в последней инстанции. Ученого легко возвышают до статуса мага. Но стоит ученому замешкаться с выдачей проверяемого результата, он будет объявлен шарлатаном, в то время как колдуньи, выдавая результаты не проверяемые, но эффектные, получают приглашения на ток-шоу. Так что ученым на ток-шоу ходить не надо, чтоб их не путали с колдуньями.

НИКИТА НИКОЛАЕВИЧ МОИСЕЕВ – ЧЕЛОВЕК ВЕКА.

«Экология и жизнь» №2, 2008

- **Незабываемые встречи (Г. С. Голицын)**
- **Выдающийся декан Физтеха (О. М. Белоцерковский)**
- **Он мыслит глобальными обобщениями (Г. В. Добровольский)**
- **В «орбите» Моисеева (В. И. Гурман)**
- **Моисеев предостерегает (В. И. Осипов)**

Всё дальше уходит время, оставляя в прошлом памятные десятилетия, свершившиеся события, добрые дела и имена людей, их творивших. В числе тех, кто оставил след в истории, в науке, в памяти людей, — Никита Николаевич Моисеев, выдающийся математик, глубокий мыслитель, оказавший огромное влияние на науку, на общественное мнение, на международную политику.

В минувшем году научная общественность широко отметила 90-летие со дня рождения ученого. Он ушел от нас вместе с XX веком, в феврале 2000-го. Он был и остался в нашей памяти, в своих трудах, которые по-прежнему вызывают глубокий интерес, был человеком своего века.

Сегодня, отдавая дань памяти Никите Николаевичу Моисееву, основателю нашего журнала, мы публикуем небольшую подборку воспоминаний об ученом людях, работавших с ним и хорошо его знавших. Это небольшие «штрихи к портрету» человека прошедшего века, так много думавшего о веке будущем, который для нас стал веком настоящим.

Незабываемые встречи

Г. С. Голицын,
академик, директор Института физики атмосферы (ИФА) имени А. М. Обухова, член Президиума РАН

Работая в области теории климата, аэродинамики, занимаясь исследованиями, я неоднократно пересекался с Никитой Николаевичем Моисеевым. Встречи и разговоры с ним каждый раз оставляли глубокое впечатление. О некоторых из них я хочу вспомнить и рассказать о Никите Николаевиче как о человеке.

Самая первая встреча была в 1958 году, когда я только что окончил университет. Мы встретились на конференции по электродинамике, где выступил молодой профессор Моисеев. Никите Николаевичу тогда было чуть за сорок, и мне, двадцатитрехлетнему, он казался солидным ученым. Так и состоялось наше знакомство — он поговорил со мной и моим научным руководителем. Эта первая встреча оставила сильное впечатление, и в последующем, имея возможность видеть Никиту Николаевича на различных семинарах, я старался не упустить возможность пообщаться с ним.

В начале 1980-х в составе большой группы ученых, в числе которых был и Н. Н. Моисеев, я занимался оценкой глобальных последствий возможного ядерного конфликта. В сентябре 1983 года появилась моя публикация об этом — первая в мире публикация о «ядерной зиме» в открытой печати. В эти годы мы много и плодотворно работали и тесно общались с Никитой Николаевичем, разрабатывавшим математические модели и по существу возглавлявшим всю работу. Нас объединяла не только научная идея, но и чрезвычайная важность нашей работы для судеб человечества. Сразу скажу, что кроме Советского Союза оценкой последствий возможной ядерной войны мало кто занимался — американские ученые почти не имели государственной поддержки, наоборот, их всячески ограничивали в исследованиях, как мне рассказывали сами участники процесса.

Концепция эта возникла в 1983 году, термин «ядерная зима» принадлежит американцам, первая статья на эту тему появилась в октябре 1983 года в журнале «Таймс». Но еще за полгода до этого проблемы ядерной угрозы уже обсуждались у нас в Академии наук и на конференции, организованной президиумом АН СССР. В итоге был создан Комитет советских ученых в защиту мира, против ядерной угрозы под руководством Е. П. Велихова.

31 октября 1983 года на конференции в Вашингтоне был обнародован основной доклад Вычислительного центра АН СССР с изложением модели, техники ее анализа и результатов (подготовленный под руководством Н. Н. Моисеева). В докладе и модели была дана картина глобальных последствий продолжительной ядерной войны на уничтожение. Сообщение отечественных ученых произвело эффект. Это был наш триумф.

Во время поездки в США я имел возможность особенно много общаться с Никитой Николаевичем. Это было незабываемое впечатление — обаятельный, интеллигентный собеседник, большой эрудит, человек высочайшей культуры, разбирающийся в русской и мировой классике. Очень любил Гёте.

В мировой печати прошла волна публикаций, в том числе и советских ученых.

Запомнилась статья П. Крутцена — впоследствии нобелевского лауреата по химии за исследования по озону. Он подтвердил наши выводы, показав, что ядерные взрывы повлекут за собой разрушение озонового слоя. Потом было наше участие во всемирной программе исследований климата, которая ставит целью определить предсказуемость климата, а также определить влияние человека на климат. Я был тогда членом руководящего комитета. Необходимо было улучшить наши знания о глобальных и региональных климатических системах, их изменениях во времени и наше понимание механизмов, вызывающих эти изменения. Для этого надо было разработать и усовершенствовать физические математические модели, которые способны воспроизводить и оценивать предсказуемость климатической системы в различных временных и пространственных масштабах.

По инициативе советской стороны Генеральная Ассамблея ООН приняла решение образовать группу экспертов, которая должна была подготовить в 1987–1988 гг. доклад Генеральной Ассамблеи о последствиях глобальных изменений климата. Как известно, эта большая работа получила дальнейшее развитие в 1990–2000 гг.: «Рио-92» (Конференция ООН по окружающей среде и развитию), принятие Повестки дня на XXI век, Киотский протокол 1997 года и последующие, вплоть до недавней встречи представителей 190 стран на Бали, обсудившей проблемы изменения климата.

Я вижу в этих событиях продолжение той большой деятельности, которая начиналась в 1970–1980 гг. рядом ученых, в первых рядах которых находился Никита Николаевич Моисеев — ученый, математик, философ, человек энциклопедических знаний, предвидевший будущее.

Выдающийся декан Физтеха

О. М. Белоцерковский,
академик РАН, директор Института автоматизации проектирования (ИАП) РАН.

Я так чувствую, что теперь моя судьба до конца моих дней будет заключаться в том, что я буду освещать роль людей, которые прошли через Физтех.

Можно сказать, что у нас с Никитой Николаевичем связь очень давняя, очень долгая, и очень непростые были контакты и взаимоотношения. Никита Николаевич 7–8 лет был деканом одного из факультетов Московского физико-технического института, и я бы сказал, что Никита Николаевич внес новую волну — множество новых идей и дел в Физтех.

Я могу сказать, что мне, ректору, посчастливилось иметь такого декана: он был одним из самых выдающихся деканов, хотя в целом у меня были очень непростые отношения с ним. (Далеко не у всех были гладкие отношения с Моисеевым, но это уже характеризует наших коллег и то время, в котором мы жили.)

Им было организовано мощное направление прикладной математики, оно выросло из аэромеханики, аэрофизики, но это уже отошло, а направление прикладной математики и экономика бурно двинулось вперед. Всё это делалось на идеях Моисеева. Он у меня бывал раз в неделю, и каждый раз — пакет новых идей. Было привлечено много новых преподавателей — такая политика оказалась чрезвычайно разумной и очень нужной.

И построенный сиреневый корпус Физтеха — это заслуга Моисеева. Он успел в какое-то постановление воткнуть, вписать Физтех. Потом, когда он уже отошел от этих дел, нам с трудом удалось удержать строительство этого корпуса в Долгопрудном.

А еще было решено ввезти большую технику на Физтех. Было много споров, но с ним спорить, а вернее разговаривать, можно было единственным способом: «Никита Николаевич, я согласен». После трех раз «я согласен», он говорил: «Ну ладно, теперь я вам расскажу несколько анекдотов».

И вот теперь оказывается, что было сделано немало и было сделано неплохо.

Конечно, Моисеев — это выдающийся ученый, один из немногих механиков,

который великолепно знал математику. Трудно даже оценить, то ли он больше математик, то ли он больше механик.

Мы жили на одной площадке с ним лет 15 и были посвящены, к счастью или к несчастью, в те трудности, которые были в его и моей семье.

Что можно сказать в заключение? Никита Николаевич был всегда полон идей. Всегда и везде. Я считаю, что вторая половина ВЦ РАН была создана Моисеевым. Я считаю, что наряду с великими людьми, которые здесь, в ВЦ, были и работают, Моисеев — это очень значимая фигура, им гордится вся Россия.

Он мыслил глобальными обобщениями

Г. В. Добровольский,

академик РАН, Институт экологического почвоведения МГУ

В своей жизни Никита Николаевич претерпел сложную эволюцию своих знаний, прошел сложный жизненный путь человека в XX веке. Мне это особенно понятно, потому что я почти одноклассник с Никитой Николаевичем, и поэтому все перипетии его жизни мне хорошо понятны. Начав свою творческую жизнь с проблем механики, вычислительной математики, Никита Николаевич постепенно расширял круг и сферу своих научных интересов, своего творчества, переходил ко всё более крупным, глобальным обобщениям жизни природы и жизни человеческого общества, а в поздние годы своей жизни — и взаимодействия человеческого общества и природы.

Перечитывая некоторые его работы в последнее время, я обратил внимание на то, что, анализируя наиболее крупные достижения в области естествознания, Никита Николаевич выделил следующие три глобальных обобщения. Первое — создание Дмитрием Ивановичем Менделеевым знаменитой Периодической системы классификации химических элементов. На второе место он поставил обобщение Ивана Михайловича Сеченова, который развил концепцию необходимости изучения человека как сложной целостной системы, начиная с его физиологии, духовного развития и кончая отношениями с окружающей средой и явлениями жизни. И третье — это, может быть, сейчас прозвучит несколько неожиданно, — третьим таким крупнейшим обобщением науки XIX века он назвал учение Василия Васильевича Докучаева о почве, в которой сложнейшим образом сплетаются все процессы, связанные с взаимодействием живого мира и минеральной природы, жизни человека. Докучаев показал, что почва связывает в единое целое всю биосферу.

В 1988 году в статье «Экология человечества глазами математика» Никита Николаевич писал: «Почва, почвенный покров занимает ключевое место в биосфере суши. Не будет преувеличением сказать, что почва — это основа биосферы, а плодородие почвы — это основа благополучия человеческого». Вот эти мысли и слова Никиты Николаевича удивительно современно звучат в последние годы. Нам теперь стало понятно, что почва — это далеко не только объект сельского хозяйства, это далеко не только производство продуктов питания, хотя именно использование плодородия дает человечеству 98% всей его пищи. И несмотря на эту незаменимую роль почвы, как становится всё более понятным (о чем говорил еще В. И. Вернадский в XIX веке), почва — это уникальная среда обитания жизни.

На конференции в Рио-де-Жанейро, посвященной глобальным проблемам биосферы (1992 год), была сформулирована острая необходимость сохранения биологического разнообразия на Земле, от которого зависит нормальное функционирование биосферы. Так я хочу сказать о том, что, по данным генетиков, 92% генетического разнообразия видов растительного и животного мира в своей жизни так или иначе связано с почвой, и следовательно, все разговоры о сохранении биоразнообразия в мире без сохранения разнообразия почв просто беспочвенны.

Это понял в поздние годы своей жизни Никита Николаевич Моисеев. И я помню, как он активно участвовал в работе наших семинаров почвоведов, которые проходили и в Москве, и в Пущине, и старался оказать всемерную поддержку развитию почвоведения

в нашей стране. Сегодня мы ему очень благодарны за это.

Добавлю, что Никиту Николаевича Моисеева Докучаев интересовал не только как почвовед, он его интересовал как самобытный мыслитель, еще в XIX веке поставивший вопрос о необходимости изучения соотношения природы и человека. Докучаев, наблюдая усиление засух в южных степях России и падение плодородия знаменитых черноземов, с горечью называл человека «мнимым властелином земли». Это удивительно яркая характеристика. Широта мировоззрения Докучаева как естествоиспытателя и мыслителя привлекала внимание Никиты Николаевича, особенно, как я уже сказал, в его поздние годы. К сожалению, понимание исключительно важной роли почв и почвенного покрова в жизни человечества и биосферы в целом до сих пор обществом не воспринято.

В этом году в результате многих усилий ученых, организаторов, специалистов Московская городская Дума приняла закон о городских почвах, поняв, что почвы и в городе играют исключительную роль как природная система, обеспечивающая в значительной мере чистоту грунтовых и подземных вод, воздуха и многого другого, а вот Государственная Дума Федерального Собрания, несмотря на то что провела неоднократные слушания и чтения о необходимости принятия закона об охране почв, так этого закона до сих пор и не приняла, ссылаясь на то, что эти вопросы якобы отражены в Земельном кодексе. Ничего подобного — в Земельном кодексе почвы рассматриваются почти целиком как область только сельского хозяйства. Это следствие глубокого непонимания важности почвенного покрова и биосферы в жизни человека, которую так четко сформулировал Никита Николаевич Моисеев — не почвовед, а математик и выдающийся мыслитель XX века.

В «орбите» Моисеева

В. И. Гурман,

доктор технических наук, профессор, директор Исследовательского центра процессов управления Института программных систем РАН

О Никите Николаевиче Моисееве уже много сказано и написано его учениками и сотрудниками. Я — выходец из другой научной школы и не был его учеником или научным последователем, тем не менее за многие годы нашего общения у меня сложилось восприятие его как учителя в формировании моей жизненной позиции, как яркого примера крупного ученого, научного лидера с широким кругозором, чуткого наставника научной молодежи, гражданина, переживающего проблемы науки, страны и человечества как свои личные.

Наше близкое знакомство и сотрудничество (по существу неформальное) началось в 1970-х годах, когда я перебрался из Москвы в Иркутск по приглашению Иркутского университета в качестве специалиста по оптимальному управлению. В это время в мире шла оживленная дискуссия по глобальным экологическим проблемам, вызванная нашумевшими работами Форрестера—Медуза под эгидой Римского клуба, и Никита Николаевич был ее активным участником (просто не мог им не быть). В Восточной Сибири эта дискуссия преломлялась в острую борьбу за сохранение Байкала, и я, молодой, романтически настроенный доктор наук, одержимый желанием помочь решению этой проблемы, с непоколебимой верой в могущество математических методов, повернул от традиционных приложений в авиации и космонавтике в сторону новых эколого-экономических приложений.

Попытки как-то использовать здесь результаты Форрестера—Медуза оказались неудачными: соответствующие модели были чисто имитационными и не поддерживались общей методологией, не могли быть применены к другому объекту, такому как Байкальский регион. Пришлось это критически осмыслить, сформулировать собственную концепцию, основанную на эволюционном развитии классических моделей экономики как эколого-экономических с перспективой применения методов теории управления. И работа пошла при участии представителей разных

специальностей (в основном молодых).

Естественно, я оказался в поле зрения Никиты Николаевича, «в его орбите», и получил сразу же и серьезную методологическую и моральную поддержку, что было очень важно в тот момент при довольно скептическом отношении местных традиционных математиков. Например, он прислал в Иркутск нам «в помощь» своего ближайшего сотрудника доктора Ю. П. Иванилова, активно работавшего в то время вместе с нынешним академиком РАН А. А. Петровым над моделями экономической динамики, и это было очень своевременно и чрезвычайно полезно. Первые же (как и последующие) наши результаты моделирования Байкальского региона активно обсуждались на знаменитых семинарах и школах Н. Н. Моисеева и просто неформально в узком кругу. При этом нужно отметить его объективность в оценках («мне не нравится ваша концепция и модель, но ничего лучшего я не вижу, давайте работать с ними»).

В конце 1980-х Никита Николаевич настоял на моем переезде в Переславль-Залесский, в новый Институт программных систем РАН, куда он, уже будучи в отставке по основному месту работы в ВЦ РАН, был приглашен в качестве советника директора. Идея была помочь директору, профессору А. К. Айламазяну, в формировании научных направлений, воспроизвести здесь «иркутское» направление и развивать его далее на новой базе, а иркутские дела передать своим уже «оперившимся» ученикам. Своими советами, авторитетом и связями Н. Н. Моисеев всячески помогал этому. В результате был инициирован и выполнен ряд новых проектов, связанных с моделированием и системным анализом регионов, в том числе два крупных международных проекта ТАСИС, и организован новый институт регионального профиля — Российский научно-исследовательский институт региональных проблем (по линии Минобразования).

Наше сотрудничество продолжалось до конца 1990-х годов. Это было время очень тесного и плодотворного творческого и человеческого общения, и в Переславле, в известном домике Моисеева — маленьком коттедже на территории института, и в Москве — на квартире Никиты Николаевича в обстановке уюта и гостеприимства, созданной его супругой Антониной Васильевной. В беседах он меня всегда поражал своей необыкновенной эрудицией, нестандартными философскими воззрениями и даже политической интуицией (которая, по-видимому, выработалась благодаря высокой гражданственности). Например, он предсказал президентство Ельцина еще в советские времена, когда мы вместе наблюдали по телевизору одно из «крамольных» ельцинских выступлений (тогда в это очень трудно было поверить).

Я вспоминаю времена с Никитой Николаевичем с большой теплотой и чувством благодарности, которые, наверное, испытывают и многие другие люди, которым посчастливилось работать и общаться с этим замечательным человеком.

Моисеев предостерегает

В. И. Осипов,

академик, директор Института геоэкологии РАН

Никита Николаевич Моисеев был энциклопедистом науки, это известно всем. Но последние годы его жизни в основном были сконцентрированы на изучении одной из важнейших современных проблем — проблемы взаимодействия человека и окружающей среды, проблемы будущего человеческой цивилизации. Никита Николаевич, надо сказать, не воспринимал экологистов, недолюбливал алармистов, и тем не менее он один из немногих, кто во весь голос заявил, что если мы ничего не будем предпринимать, то уже в этом столетии человечество вплотную подойдет к экологическому кризису.

Говоря о проблеме деградации природной среды, надвигающемся экологическом кризисе, Никита Николаевич неоднократно подчеркивал те основные признаки, те основные индикаторы, которые свидетельствуют о его приближении, к числу которых

он относил и потерю способности к самовосстановлению биосферы, и уменьшение или деградацию биологического разнообразия.

К числу важнейших показателей приближающегося кризиса следует отнести и колоссальный рост природных катастроф в последние годы на земном шаре и в нашей стране в частности. Нужно сказать, что этот процесс носит глобальный характер и теснейшим образом вписывается во всю проблему охраны окружающей среды и во всю проблему, связанную с деградацией этой среды и приближающимся кризисом. Во второй половине XX столетия наблюдается рост природных катастроф, их количество за полвека увеличилось в 5 раз. И сейчас практически постоянно мы слышим сообщения об этих катастрофах, которые сопровождаются огромными социальными и материальными потерями.

Если говорить о причинах такого роста, то их несколько, тесно связанных, как я уже сказал, с общей проблемой техногенного воздействия человека на окружающую среду. К числу таких причин стоит отнести неограниченный рост населения Земли, рост урбанизации и техногенного воздействия на окружающую среду. К деградации природной среды добавилось наблюдаемое ныне глобальное изменение климата Земли.

Рост гидрометеорологических катастроф на Земле существенным образом опережает рост геологических катастроф. И сейчас 80% катастроф на земном шаре связано с гидрометеорологическими процессами.

Это свидетельствует о том, что деградация природной среды существенным образом влияет на взаимодействие гидросферы и атмосферы и в конечном итоге приводит к интенсификации природных процессов в этих сферах, которые носят катастрофический характер. В то время как геологическая среда более инертна, поэтому менее чувствительна к изменениям окружающей среды.

Ситуация осложняется еще и тем, что наряду с природными катастрофами техногенное воздействие человека на биосферу приводит к образованию так называемых техно-природных опасностей (т. е. опасностей, инициированных самим человеком), которые раньше отсутствовали в земной коре. К числу таких природных опасностей относятся: наведенная сейсмичность, опускание территории, подтопления, техногенно-физические различные поля и т. д.

В течение всего XX столетия в результате развития природных катастроф погибли около 8 млн человек и еще несколько миллиардов человек пострадали.

Еще более значительны материальные ущербы, принесенные природными катастрофами. Сейчас общие материальные ущербы природных катастроф превысили 120–150 млрд долл. в год. И по прогнозам можно ожидать, что уже к середине нашего столетия суммарный ущерб от природных катастроф превысит 300 млрд долл. в год.

В нашей стране наиболее «ущербоносным» процессом за последние годы было Нефтегорское землетрясение (1995 г.), оно унесло более двух тысяч человеческих жизней и причинило большой материальный ущерб. К сожалению, последствия Нефтегорского землетрясения не устранены до сих пор.

Сказанное свидетельствует о том, что природные катастрофы становятся серьезнейшим фактором, препятствующим устойчивому развитию экономики, и человечеству необходимо срочно предпринимать какие-то усилия. Поэтому в 1995 году в Иокогаме (Япония) состоялась конференция, которая приняла принципиально новую программу для правительств всех стран, и она была основана на новом принципе — если раньше все программы были нацелены на ликвидацию опасных последствий природных катастроф, то новая программа провозглашала принцип предупреждения и принцип прогнозирования природных катастроф. Это принципиально новый подход, и многие страны сейчас перестраиваются на этот подход.

В рамках иокогамской конференции исключительно важную роль занимает вопрос оценки природных рисков. Оценки научных рисков должны позволять подойти к прогнозированию природных катастроф на научной основе и тем самым уменьшить их

последствия.

К сожалению, мы еще не можем предотвращать многие катастрофы, большинство катастроф, поэтому единственное, что можно сделать в этом плане, — это снизить их разрушающие последствия. Вот в рамках этой новой стратегии, иокогамской, перед научным сообществом стоит несколько важнейших задач, к числу которых относятся: первое — идентификация природных опасностей и рисков и их картографирование на различных масштабных уровнях, отвечающих государственной структуре органов управления территорией.

В этом плане у нас уже есть заметные успехи: в 2005 г. вышел атлас природных опасностей страны, который включает 140 карт различного значения и различных опасностей, а совсем незадолго до этого вышла шеститомная монография о природных опасностях России, где приведена их идентификация.

Вторая задача — разработка и совершенствование методологии оценки природных рисков, разработка методов борьбы с ними. Вот эта задача — чисто экологическая и носит фундаментальный характер, потому что еще далеко до полной ясности, каким образом оценивать риски, как сделать эти оценки такими, чтобы они действительно были направлены на снижение последствий.

Третье — установление и законодательное утверждение величины допустимых рисков. Это очень важный аспект, он должен лежать в основе технических и регулирующих законодательных требований, потому что нельзя добиваться абсолютного нулевого риска, в нашей деятельности необходимо устанавливать социально допустимые риски в строительстве, в создании научных машин, в освоении новых территорий и т. д.

И наконец, декларирование природной безопасности хозяйственного освоения территории при строительстве и эксплуатации ответственных сооружений. Декларирование природной безопасности — вот чрезвычайно важный аспект. Прежде чем что-то строить, вводить или реконструировать, нужно проводить оценку природной опасности. Скажем, такое мероприятие, как строительство олимпийских объектов в сейсмоопасном районе, требует именно такого подхода. Прежде чем строить, специалисты должны сказать — можно ли строить здесь, и если можно, что нужно предпринять, чтобы минимизировать природную опасность.

К сожалению, наша страна идет в обратном направлении — совсем недавно была отменена экологическая экспертиза, это значит, что предоставляется полнейшая возможность всем нашим инвесторам, организациям застраивать, осваивать территорию так, как им хочется, что называется, под их собственную ответственность. А они понимают, что за катастрофу, если она случится лет 5, 10, 50 спустя после возведения объекта, никто с них уже не спросит. Поэтому-то в нашей стране будет продолжаться рост социальных или материальных ущербов от природных катастроф.

ЯДРО ЗЕМЛИ И ЯДРО КЛЕТКИ – ЧТО ОБЩЕГО?

Александр Владимирович Марков, доктор биологических наук, старший

научный сотрудник Палеонтологического института РАН

«Экология и жизнь» №9, 2010

Судьба жизни на Земле решалась примерно 2,6 млрд лет назад. Величайший экологический кризис совпал с крупнейшим эволюционным скачком. Будь катастрофа чуть сильнее, планета навсегда могла бы остаться безжизненной. Будь она слабее — возможно, бактерии и по сей день были бы единственными обитателями Земли...

Появление эукариот — живых клеток, обладающих ядром, — второе по значимости (после зарождения самой жизни) событие биологической эволюции. О

том, когда, как и почему появилось клеточное ядро, и пойдет речь.

Жизнь на Земле прошла долгий путь развития от первой живой клетки до млекопитающих и человека. На этом пути было немало эпохальных событий, сделано множество великих открытий и гениальных изобретений. Какое из них было самым главным? Может быть, формирование человеческого мозга или выход животных на сушу? А может быть, появление многоклеточных организмов? Ученые тут почти единодушны: величайшим достижением эволюции стало появление клеток современного типа — с ядром, хромосомами, вакуолями и прочими органами, труднопроизносимые названия которых мы смутно помним со школьной скамьи. Тех самых клеток, из которых состоит в том числе и наше тело.

А вначале клетки были совсем другими. Не было у них ни ядер, ни вакуолей, ни других «органов», а хромосома была всего одна, и имела она форму кольца. Так и по сей день устроены клетки бактерий — первых обитателей Земли. Между этими первичными клетками и современными, усовершенствованными — пропасть куда большего размера, чем между медузой и человеком. Как же природе удалось преодолеть ее?

Бактериальный мир

Миллиард лет, а то и больше, Земля была царством бактерий. Уже в самых древних осадочных породах земной коры (их возраст 3,5 миллиарда лет) обнаружены остатки сине-зеленых водорослей, или цианобактерий. Эти микроскопические организмы процветают и поныне. За миллиарды лет они почти не изменились. Это они окрашивают воду в озерах и прудах в яркий голубовато-зеленый цвет, и тогда говорят, что «вода цветет». Сине-зеленые водоросли — отнюдь не самые примитивные из бактерий. От зарождения жизни до появления цианобактерий, скорее всего, прошли многие миллионы лет эволюции. К сожалению, никаких следов тех древнейших эпох в земной коре не сохранилось: беспощадное время и геологические катаклизмы уничтожили, переплавив в раскаленных недрах, все осадочные породы, возникшие в первые сотни миллионов лет существования Земли.

Цианобактерии — организмы не только древние, но и заслуженные. Именно они «изобрели» хлорофилл и фотосинтез. Их незаметный труд в течение многих миллионов лет постепенно обогатил океан и атмосферу кислородом, что сделало возможным появление настоящих растений и животных. Поначалу весь кислород уходил на окисление растворенного в океане железа. Окисленное железо выпадало в осадок: так образовались крупнейшие залежи железных руд. Только когда с железом было «покончено», кислород стал накапливаться в воде и поступать в атмосферу.

Не менее миллиарда лет цианобактерии были безраздельными хозяевами Земли и почти единственными ее обитателями. Дно Мирового океана было устлано голубовато-зелеными коврами. В этих коврах, цианобактериальных матах, вместе с сине-зелеными жили и другие бактерии. Все они были прекрасно приспособлены и друг к другу и к суровым условиям первобытного океана. В то время — архейскую эру (архей) — на Земле было очень жарко. Богатая углекислым газом атмосфера создавала мощный парниковый эффект. Из-за этого к концу архея Мировой океан нагрелся до 50–60°C. Растворяясь в воде, углекислый газ превращался в кислоту; горячие кислые воды облучались жестким ультрафиолетом (ведь у Земли еще не было современной атмосферы со спасительным озоновым щитом). Вдобавок в воде было растворено огромное количество ядовитых солей тяжелых металлов. Постоянные извержения вулканов, выбросы пепла и газов, резкие колебания условий окружающей среды — все это отнюдь не упрощало жизнь первым обитателям планеты.

Развившиеся в такой негостеприимной среде бактериальные сообщества были невероятно выносливыми и устойчивыми. Из-за этого их эволюция шла очень медленно. Они уже были приспособлены почти ко всему, и им незачем было совершенствоваться. Чтобы жизнь на Земле начала развиваться и усложняться,

требовалась катастрофа. Необходимо было разрушить этот сверхустойчивый бактериальный мир, казавшийся вечным и нерушимым, чтобы освободить жизненное пространство для чего-то нового.

Планетная катастрофа — образование земного ядра

Долгожданная революция, положившая конец затянувшемуся застою и выведшая жизнь из бактериального «тупика», произошла 2,7–2,5 миллиардов лет назад, в самом конце архейской эры. Российские геологи О. Г. Сорохтин и С. А. Ушаков, авторы новейшей физической теории развития Земли, рассчитали, что в это время наша планета подверглась самому крупному и катастрофическому преобразованию за всю свою историю.

По их гипотезе, причиной катастрофы стало возникновение у нашей планеты железного ядра. С момента образования Земли до конца архея в верхних слоях мантии накапливалась расплавленная смесь железа и его двухвалентного оксида (FeO). Примерно 2,7 миллиарда лет назад масса этого расплава превысила некий порог, после чего тяжелая, вязкая, раскаленная жидкость буквально «провалилась» к центру Земли, вытеснив оттуда ее первичную, более легкую сердцевину. Эти грандиозные перемещения огромных масс вещества в недрах планеты разорвали и смяли ее тонкую поверхностную оболочку — земную кору. Повсюду извергались вулканы. Древние материки сблизилась, столкнулись и слились в единый суперматерик Моногею — как раз над тем местом, где жидкое железо протекло в глубь планеты. Вышедшие на поверхность глубинные породы вступили в химическую реакцию с атмосферным углекислым газом, и очень скоро в атмосфере почти не осталось углекислоты. Парниковый эффект стал гораздо слабее, что привело к сильнейшему похолоданию: температура океана упала от +60°C до +6. Столь же внезапно и резко снизилась кислотность морской воды.

Это была величайшая из катастроф. Но даже она не смогла уничтожить цианобактерий. Они выжили, хотя им и пришлось по-настоящему туго. Исчезновение углекислотной атмосферы означало для них жестокий голод, ведь цианобактерии, как и высшие растения, используют углекислоту как сырье для синтеза органических веществ. Бактериальных матов стало меньше. От сплошных голубых ковров, выстилавших морское дно, остались обрывки. Бактериальный мир не погиб, но был сильно потрепан, в нем появились «дыры» и «бреши». Именно в этих «брешах» и «пробоинах» древнего мира и зародились в ту давнюю эпоху первые организмы с принципиально иным строением — более сложные и совершенные одноклеточные существа, которым предстояло стать новыми хозяевами планеты.

Появление клеточного ядра

Бактериальная клетка — сложная живая конструкция. Но клетки высших организмов — растений, животных, грибов и даже так называемых простейших (амеб, инфузорий) — устроены намного сложнее. У бактериальной клетки нет ни ядра, ни каких-либо иных внутренних «органов», окруженных оболочкой. Поэтому бактерии называют «прокариотами» (что в переводе с греческого означает «доядерные»). У высших организмов клетка имеет ядро, окруженное двойной оболочкой (отсюда название «эукариоты», т. е. имеющие выраженное ядро), а также «внутренние органы», важнейшие из которых — митохондрии (своеобразные энергетические станции). Митохондрии расщепляют органические вещества до углекислого газа и воды, используя кислород в качестве окислителя. Мы дышим исключительно для того, чтобы обеспечить кислородом митохондрии наших клеток. Кроме митохондрий, важнейшими органами эукариотической клетки оказываются пластиды (хлоропласты), служащие для фотосинтеза, которые есть только у растений.

Но главное в эукариотической клетке — это, конечно, ее ядро. В ядре хранится наследственная информация, записанная четырехбуквенным языком генетического кода в молекулах ДНК. У бактерий, разумеется, тоже есть ДНК — единственная

молекула в форме кольца, содержащая все гены данного вида бактерий. Но бактериальная ДНК лежит прямо во внутренней среде клетки — в ее цитоплазме, где протекает активный обмен веществ. Это значит, что непосредственное окружение драгоценной молекулы напоминает химический завод или лабораторию алхимика, где ежесекундно появляются и исчезают сотни тысяч самых разнообразных веществ. Каждое из них потенциально может повлиять на наследственную информацию, а также на те молекулярные механизмы, которые эту информацию считывают и «воплощают в жизнь». В таких «антисанитарных» условиях нелегко создать эффективную и надежную «систему обслуживания» — хранения, чтения, воспроизведения и ремонта ДНК. Еще труднее создать молекулярный механизм, который мог бы «осмысленно» (сообразуясь с обстановкой) управлять работой такой системы.

Именно в этом и состоял великий смысл обособления клеточного ядра. Гены оказались надежно изолированы от цитоплазмы с ее бурлящей химией. Теперь можно было в «спокойной обстановке» наладить эффективную систему их регуляции. И тут оказалось, что при одном и том же наборе генов клетка может вести себя совершенно по-разному в разных условиях.

Как хорошо известно, одну и ту же книгу можно прочесть по-разному (особенно если книга хорошая). В зависимости от подготовки, настроения и жизненной ситуации читатель в первый раз найдет в книге одно, а перечитав ее через год, — совсем другое. Так же и с геномом эукариот. В зависимости от условий он «считывается» по-разному, и клетки, развивающиеся в итоге этого «прочтения», тоже оказываются разными. Так появился механизм ненаследственной приспособительной изменчивости — «изобретение», намного повысившее устойчивость и жизнеспособность организмов.

Без этой системы регуляции генов никогда бы не появились многоклеточные животные и растения. Ведь вся суть многоклеточного организма в том и состоит, что генетически идентичные клетки в зависимости от условий становятся разными — берут на себя выполнение различных функций, образуют разные ткани и органы. Прокариоты (бактерии) на это не способны принципиально.

Как приспособляются к меняющимся условиям бактерии? Они быстро мутируют и обмениваются друг с другом генами. Подавляющее большинство их гибнет, но, поскольку бактерий очень много, всегда есть вероятность, что кто-то из мутантов окажется жизнеспособным в новых условиях. Способ надежный, но чудовищно расточительный. И главное — тупиковый. При такой стратегии нет никаких причин усложняться, совершенствоваться. Бактерии не способны к прогрессу. Потому-то современные бактерии почти не отличаются от архейских.

Древнейшие следы присутствия эукариот обнаружены в осадочных породах возрастом около 2,7 миллиарда лет. Это как раз то время, когда у Земли образовалось железное ядро. По-видимому, катастрофа, едва не разрушившая бактериальный мир, заставила земную жизнь всерьез «задуматься» о поиске новых, лучших способов приспособления к меняющейся среде. Жизнь не может стоять на месте, она обречена на вечное совершенствование. Так появление земного ядра, возможно, стало причиной появления ядра клеточного.

Чудеса интеграции, или Может ли коллектив стать единым организмом

Еще в начале XX века ученые заметили, что пластиды и митохондрии по своему строению удивительно напоминают бактерий. Почти век ушел на сбор фактов и доказательств, но теперь уже можно считать твердо установленным, что эукариотическая клетка возникла в результате сожительства (симбиоза) нескольких разных бактериальных клеток.

С пластидами и митохондриями, по правде говоря, все было ясно уже давно. Эти «органы» эукариотической клетки имеют собственную кольцевую ДНК — в точности такую же, как у бактерий. Они самостоятельно размножаются внутри хозяйской клетки, просто делясь пополам, как это принято у прокариот. Они никогда не образуются

заново, «из ничего». По всем признакам они самые настоящие бактерии. Причем можно даже точно сказать, какие именно: митохондрии напоминают так называемые альфа-протеобактерии, а пластиды — уже знакомые нам цианобактерии. Эти прославленные «изобретатели» хлорофилла и фотосинтеза так и «не поделились» ни с кем своим «открытием»: они и по сей день, став важной внутренней частью клеток растений, держат под своим «контролем» практически весь фотосинтез на планете (а значит, и почти все производство органических веществ и кислорода!).

Но откуда взялась сама клетка-хозяин? Какой микроб был ее «предком»? Среди ныне живущих бактерий кандидата на эту роль долго не могли найти. Дело в том, что гены эукариот, заключенные в клеточном ядре, резко отличаются по своей структуре от генов большинства бактерий: они состоят из множества отдельных «смысловых» кусков, разделенных длинными «бессмысленными» участками ДНК. Чтобы «прочитать» такой ген, все его кусочки нужно аккуратно «вырезать» и «склеить». Ничего подобного у обычных бактерий не наблюдается.

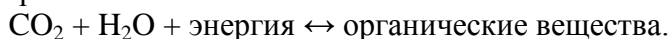
К удивлению ученых, «эукариотическое» строение генома, а также многие другие уникальные особенности эукариот обнаружались у самой странной и загадочной группы прокариотических организмов — архебактерий. Эти существа отличаются невероятной устойчивостью: они могут жить даже в кипящей воде геотермальных источников. У некоторых архебактерий оптимальная для жизни температура лежит в диапазоне +90–110°C, а при +80°C они уже начинают замерзать.

Сейчас большинство ученых считают, что эукариотическая клетка возникла в результате того, что какая-то архебактерия (возможно, приспособленная к жизни в кислой и горячей воде) приобрела внутриклеточных сожителей-симбионтов из числа обычных бактерий.

Специалисты долго не могли понять, как архебактерии удалось «проглотить» своих будущих сожителей — ведь прокариоты не могут заглатывать крупные частицы. Но недавно у бактерий был открыт внутриклеточный паразитизм. Оказалось, что некоторые микробы способны проделывать отверстия в клеточной стенке других бактерий и проникать в их цитоплазму. Может быть, именно так проникли будущие пластиды и митохондрии внутрь клетки-хозяина?

Приобретение внутриклеточных сожителей привело к тому, что в одной клетке оказалось несколько разных геномов. Ими нужно было как-то управлять. Создание такого руководящего центра клетки — клеточного ядра — стало жизненной необходимостью. По одной из гипотез, ядерная оболочка могла возникнуть как случайный результат несогласованной работы нескольких групп генов, отвечавших за формирование клеточных оболочек у только что объединившихся бактерий.

Разнообразные микробы, давшие начало эукариотической клетке, вовсе не сразу слились в единый организм. Сначала они просто жили вместе в одном бактериальном сообществе, постепенно приспосабливаясь друг к другу и учась извлекать выгоду из такого сожительства. Выделяемый цианобактериями кислород был для них ядовит. В ходе эволюции они «придумали» много разных способов борьбы с этим побочным продуктом своей жизнедеятельности. Одним из таких способов и стало... дыхание. Недавние исследования показали, что комплекс белков-ферментов, отвечающий за кислородное дыхание митохондрий, возник в результате небольшого изменения ферментов фотосинтеза. Ведь с точки зрения химии, фотосинтез и кислородное дыхание — это одна и та же химическая реакция, только идущая в противоположных направлениях:



Так в цианобактериальных матах могли появиться полезные сожители — микробы, способные дышать. Они не только забирали излишек кислорода, но еще и вырабатывали огромное количество энергии — достаточное, чтобы поделиться с соседями.

Третий участник сообщества — археобактерии. Они могли забирать у цианобактерий излишки органики, сбраживать их и тем самым переводить в форму, более «удобоваримую» для дышащих бактерий.

Подобные микробные сообщества можно встретить и сегодня. Жизнь бактерий в таких сообществах протекает на удивление дружно и слаженно. Микробы «научились» даже обмениваться особыми химическими сигналами, чтобы лучше координировать свои действия. Кроме того, они активно обмениваются генами. Кстати, именно эта способность так мешает борьбе с инфекционными болезнями: стоит какой-нибудь одной бактерии в результате случайной мутации приобрести ген устойчивости к новому антибиотику, как очень скоро и другие виды бактерий могут приобрести этот ген путем обмена. Все это делает бактериальное сообщество похожим на единый организм.

Видимо, катастрофические события конца архейской эры заставили микробные сообщества пройти еще дальше по пути интеграции. Клетки разных видов бактерий, давно уже «притертые» и приспособленные друг к другу, стали объединяться под общей оболочкой. Это было необходимо для максимально слаженной, централизованной регуляции жизненных процессов в условиях кризиса.

Сообщество превратилось в организм. Индивидуумы слились воедино, отказавшись от самостоятельности во имя создания новой индивидуальности высшего порядка.

Кирпичики

Излюбленный аргумент противников теории эволюции — невозможность создать новую сложную структуру (например, новый ген) путем перебора случайных вариантов (мутаций). Антиэволюционисты утверждают, что с той же вероятностью смерч, пронесшийся над городской свалкой, может собрать из мусора и обломков космический корабль. И они совершенно правы!

Но только крупные эволюционные преобразования, по-видимому, идут вовсе не путем перебора бесчисленных мелких, случайных мутаций. На примере происхождения эукариотической клетки — а это, как уже отмечалось, крупнейшее эволюционное событие со времен появления жизни — хорошо видно, как Природа, создавая нечто принципиально новое, сложное, прогрессивное, умело пользуется уже готовыми, испытанными «кирпичиками», собирая из них, как из конструктора, новый организм. По-видимому, этот «блочный» принцип сборки новых живых систем пронизывает собой всю биологическую эволюцию и во многом определяет ее темп и особенности. По этому принципу (из крупных, заранее заготовленных и проверенных блоков) строятся и новые гены, и белки, и новые группы организмов. (Кстати, гены археобактерий и эукариот поделились на отдельные куски, скорее всего, именно с этой целью: такие блоки очень удобно перекомбинировать.)

Наука неуклонно приближается к новому видению Природы. Постепенно мы начинаем понимать, что все живое вокруг нас — вовсе не случайный набор видов и форм, а сложный и единый организм, развивающийся по своим непреложным законам. Любой живой организм, любая живая клетка, да и мы сами — кирпичики в великом «конструкторе» Природы. И каждый из таких кирпичиков может оказаться незаменимым.

ЭВОЛЮЦИОННЫЙ ПРОГРЕСС

Александр Владимирович Марков, доктор биологических наук, старший

научный сотрудник Палеонтологического института РАН

«Экология и жизнь» №2, 2009

Самое удивительное и труднообъяснимое свойство эволюции — ее выраженная

общая прогрессивная направленность, движение от простого к сложному. Эта направленность видна далеко не во всех эволюционных событиях и преобразованиях (гораздо чаще, чем усложнение, происходят мелкие изменения организмов на одном и том же уровне организации), но она прослеживается как общая тенденция; доминирующие группы в большинстве экосистем постепенно становятся все более высокоорганизованными.

Более того, рост организации, усложнение строения организмов происходят вовсе не постепенно. Эти процессы имеют отчетливый прерывистый характер. Переход на новый эволюционный уровень (такое событие называют ароморфозом) обычно происходит сравнительно быстро, после чего следует более или менее длительный эволюционный стазис (период относительной стабильности). Впрочем, бывает и так, что прогрессивные признаки накапливаются в группе организмов на протяжении десятков миллионов лет.

Под прогрессом далее будет пониматься усложнение живых систем. К сожалению, в одной публикации невозможно охватить все аспекты эволюционного прогресса даже в таком узком его понимании. Поэтому многие важные аспекты останутся за рамками обсуждения (усложнение сообществ, экосистем, биосферы в целом и многое другое). Речь пойдет только о прогрессе на уровне организмов.

Как измерить сложность организма

Что же такое живой организм? Для наших целей можно схематично представить организм в виде разветвленной сети из функциональных элементов и их взаимодействий.

Лучше всего это заметно на уровне клетки, которая обладает так называемой регуляторно-метаболической сетью, действующей на двух основных уровнях. На первом уровне — химические вещества, ионы и молекулы (как совсем мелкие, так и огромные молекулы биополимеров), а также химические реакции, в которых вещества превращаются друг в друга. Подавляющее большинство химических реакций катализируют (стимулируют) специальные белки — ферменты. Это метаболическая сеть, или система обмена веществ. На втором (более высоком) уровне находятся регуляторные связи и эффекты. Сюда относятся белки еще одного вида — рецепторы, которые реагируют на определенные внешние или внутренние факторы и передают химические сигналы, влияющие на работу других белков. Особую группу регуляторных белков составляют так называемые факторы транскрипции и другие специализированные белки, регулирующие различные этапы считывания генетического кода и синтеза белков. Скажем, рецептор А реагирует на свет и синтезирует сигнальное вещество Б, активизирующее выработку фактора транскрипции В, который в свою очередь прикрепляется к определенному участку ДНК и включает процесс считывания гена Г, в результате чего синтезируется фермент Д, катализирующий реакцию Е, в ходе которой синтезируется вещество Ж. В итоге получается, что на свету клетка синтезирует вещество Ж, а в темноте — нет.

Это пример регуляторного эффекта, который «сознательно» поддерживается клеткой и для реализации которого у нее имеются специальные гены и белки. Но помимо «главных» регуляторных связей есть и множество побочных, второстепенных. Дело в том, что, как хорошо известно, любая химическая реакция (и вообще любой процесс, происходящий в клетке) меняет ее внутреннюю среду и в конечном счете влияет на *все* последующие процессы. В живых системах *всё связано со всем*. Например, когда одноклеточная водоросль осуществляет фотосинтез, главный результат этого процесса состоит в преобразовании энергии света в энергию химических связей и синтезе органических веществ из неорганических. Но процесс сопровождается еще и массой «побочных» эффектов. В частности, в результате изъятия из окружающей среды углекислого газа увеличивается показатель кислотности (рН) среды, что, естественно, сказывается на всех процессах, происходящих в клетке.

В ходе эволюции любой из таких побочных регуляторных эффектов может быть выделен, усилен и закреплён (например, может появиться новый специализированный белок, усиливающий данный эффект, который в результате перестанет быть побочным).

Конечно, это лишь самое общее представление об устройстве регуляторно-метаболической сети, составляющей основу любой живой системы, которую, стало быть, можно грубо охарактеризовать выполняемыми ею «функциями» (в таком подходе главная роль отводится ферментам) и «регуляторными эффектами» (при их описании главную роль играют регуляторные белки).

Если сравнить живую систему с компьютерной программой, то можно уподобить «функции» операторам, которые производят какие-то конкретные действия с данными, т. е. осуществляют преобразование данных (например, операторы присваивания); а «регуляторные эффекты» при такой аналогии соответствуют операторам условного перехода, которые в зависимости от определенных условий «включают» или «выключают» (регулируют) действия операторов (или «функций»).

Исходя из этого можно попытаться определить, что же следует понимать под усложнением живой системы. Под усложнением будем понимать увеличение числа разнородных элементов регуляторно-метаболической сети. Иными словами, это или появление новой «функции» — нового фермента, который катализирует какую-то реакцию, или появление нового «поддерживаемого» регуляторного эффекта.

Разный смысл эволюции на разных этапах

Как же реально происходило в эволюции усложнение организмов?

Палеонтологическая летопись — это гигантский массив данных, который в рамках одной публикации абсолютно невозможно охватить во всех деталях. Поэтому я только намечу самые главные рубежи и этапы.

Как известно, возраст Земли составляет около 4,5 млрд лет, но, к сожалению, первые 700 млн лет ее существования не оставили нам никаких палеонтологических свидетельств, ибо примерно 3,8 млрд лет назад первичная кора была разрушена и переплавлена в мантии. Так что самые древние сохранившиеся осадочные породы имеют возраст не более 3,8 млрд лет. Но самое удивительное заключается в том, что даже в таких породах уже присутствуют несомненные признаки жизни. А в образцах пород возрастом до 3,5 млрд лет уже достоверно обнаружены ископаемые остатки бактерий.

Прокариоты. Пока мы не можем точно датировать ни момента появления жизни, ни момента появления первых настоящих клеток. Ясно лишь, что и то, и другое произошло в первые 700—1000 млн лет существования Земли. Зато мы с высокой долей уверенности можем сказать, что во второй миллиард лет земного существования (3,8–2,7 млрд лет назад) биосфера была сплошь прокариотной. Иными словами, существовали только бактерии — одноклеточные организмы, не имевшие ядра.

Прогресс в такой биосфере состоял преимущественно в появлении *новых функций*, т. е. возникновении новых ферментов, дававших начало новым химическим реакциям. Регуляторные же системы прокариот из-за особенностей их строения не могли развиваться дальше самого примитивного, начального уровня.

Следы древней жизни

Ископаемые организмы встречаются в основном в осадочных породах, но самые древние из известных осадочных пород (формация Ишуа в Гренландии) имеют возраст около 3,8 млрд лет. И в них уже есть следы жизни. Правда, не совсем понятно, какой: первоначальной РНК-жизни или уже современной ДНК-белковой. Эти следы — чисто химические, связанные с изотопным составом углерода.

Зарождение РНК-мира некоторые специалисты относят к промежутку 4,3–3,8 млрд лет назад.

Эукариоты. Первый величайший перелом в эволюции жизни произошел примерно 2 млрд лет назад, когда появились первые эукариоты. Главное их отличие от прокариот (бактерий) состоит в том, что у них образовалось клеточное ядро, и тем самым область активного обмена веществ (цитоплазма) отделилась от области хранения, считывания и регуляции генома. Это открыло возможность для развития сложных регуляторных систем.

Последствия этого события были колоссальными. В корне изменился характер и смысл эволюционного прогресса. Новые «функции» (ферменты и метаболические пути) отныне перестали быть его содержанием. Прогресс отныне состоял в появлении *новых регуляторных эффектов*.

Развитие сложных регуляторных систем позволяет эукариотам при одном и том же геноме в зависимости от условий формировать совершенно разные типы клеток. Бактерии на это практически не способны. Именно благодаря этому свойству эукариоты смогли стать многоклеточными.

Многоклеточные организмы. Как известно, любой многоклеточный организм развивается из одной клетки — яйца. Яйцо делится, и дочерние клетки, образующиеся в результате деления, оказываются в разных условиях (разное положение в зародыше, разное окружение и, как следствие, — разные концентрации веществ во внешней среде, окружающей клетку). В зависимости от условий, в которые попадает данная зародышевая клетка, в ней включаются те или иные группы генов. В результате разные зародышевые клетки развиваются по-разному, и из них образуются разные ткани и органы. Таким образом, если рассматривать многоклеточный организм именно в ходе онтогенеза, как *программу индивидуального развития* (а именно так и следует его рассматривать, говоря об эволюции, — ведь эволюционируют как раз онтогенезы, а не взрослые особи), оказывается, что все разнообразие строения многоклеточных организмов фактически сводится к определенным *регуляторным эффектам* (операторам условных переходов), включенным в программу развития.

Итак, прогресс эукариот (и особенно многоклеточных) состоял в появлении не новых «функций» (ферментов), как у бактерий, а новых регуляторных эффектов. И из этого тезиса уже выводится как следствие характер усложнения строения взрослых организмов. Например, был организм с 10 парами одинаковых ног. Если у него появятся еще две пары таких же ног, это нельзя считать усложнением строения организма — никакой новой регуляторной связи не появилось. Все просто свелось к некоторой новой «редакции» определения старого оператора условного перехода. Оператор типа «формировать ноги, пока их не станет 10 пар», заменился оператором «формировать ноги, пока их не станет 12 пар». Но вот если первая пара ног у этого организма стала отличаться от остальных, скажем, наличием дополнительного коготка, то это уже прогресс, поскольку это значит, что в программе онтогенеза появился новый оператор условного перехода типа «если я — зачаток ноги первой пары, то следует формировать дополнительный коготок».

Этот второй этап эволюции, когда прогресс состоял в усложнении регуляторных эффектов, продолжался до момента появления человека разумного.

Современный этап. На нынешнем (третьем) этапе эволюции прогресс сконцентрировался уже не в области регуляции генома, а в социокультурной сфере. Я не стану подробно останавливаться на характеристике прогресса человечества. Замечу лишь, что здесь налицо явная преемственность, ибо разум (или сознание) фактически представляют собой регуляторную систему высшего уровня.

Хронология эволюции

Итак, можно выделить три основных этапа эволюции, каждый из которых характеризуется своим содержанием (направленностью) эволюции:

1. Прогрессивная эволюция биохимических функций. Прокариотная биосфера. Развивается биохимия организмов.

2. Прогрессивная эволюция регуляции (управления) функций. Эукариотная биосфера. Развивается морфология (строение) организмов.

3. Прогрессивная эволюция сознания, или регуляции регуляций (?!). Антропосфера. Развиваются социокультурные системы.

Основные особенности эволюционного прогресса

Помимо отмеченной периодизации эволюционного прогресса обращают на себя внимание еще несколько его важнейших особенностей, выявляемых, в частности, из анализа палеонтологических данных:

1. Новые, более сложно устроенные организмы обычно не вытесняют и не замещают своих примитивных предков. Простые формы продолжают существовать вместе со сложными — происходит *накопление* в биоте все более сложных организмов и общий рост разнообразия жизни (так, бактериальный мир продолжает существовать и процветать по сей день вместе с гораздо более сложно устроенными эукариотическими организмами).

2. Однако после крупнейших ароморфозов (переходов на более высокий уровень организации) дальнейший эволюционный прогресс концентрируется преимущественно в новом пласте биоты, состоящем из более сложных организмов. Так, с появлением эукариот прогрессивная эволюция бактерий практически прекратилась — некоторые бактерии существуют по сей день с Архейской эры (без малого 3 млрд лет) почти в неизменном виде. Есть также серьезные основания полагать, что с появлением человека прекратилась (или, по крайней мере, серьезно замедлилась) прогрессивная эволюция животных и растений.

3. Третья особенность связана со второй: прослеживается общая закономерность, состоящая в том, что чем сложнее устроен организм, тем выше вероятность его дальнейшего усложнения. В этом смысле эволюционный прогресс, похоже, идет с ускорением.

4. Прогрессивное усложнение — довольно редкое эволюционное событие. Частота таких событий на много порядков ниже, чем частота преобразований, происходящих на одном и том же уровне сложности или с понижением этого уровня, т. е. с упрощением.

Возможен ли спонтанный прогресс живых систем?

Прогрессивный характер эволюции порождает множество вопросов. Особенно часто упоминается такой: возможен ли самопроизвольный прогресс, если в неживой природе мы видим, что «само собой» все обычно только разрушается и упрощается, но почти никогда не усложняется?

Самопроизвольное усложнение систем, как считалось раньше, противоречит второму началу термодинамики — закону роста энтропии (самопроизвольно растет только хаос, но не организованность). Однако известный физик и химик, один из основоположников термодинамики неравновесных систем и нобелевский лауреат И. Р. Пригожин показал, что в определенных условиях (в открытых неравновесных системах с постоянным поступлением вещества и энергии извне) возможна самоорганизация — образование «порядка из хаоса», т. е. прогресс в том понимании, который принят в этой статье. Примером может служить образование правильных шестиугольных конвективных ячеек при нагревании некоторых вязких жидкостей.

Благодаря открытиям Пригожина прогрессивная эволюция перестала противоречить законам природы и основам материалистического мировоззрения. Особое значение они имели для понимания проблемы зарождения жизни и такого явления, как каталитические циклы. Известны циклические химические процессы, в которых продукты, образуемые на отдельных этапах цикла, служат катализаторами для последующих этапов. Получается самовоспроизводящаяся, самоподдерживающаяся химическая система, от которой, вообще говоря, уже недалеко и до самых примитивных форм жизни.

Новая форма жизни

Интересный пример можно найти в недавних открытиях молекулярной биологии и медицины. Возможно, совсем недавно, буквально на наших глазах, на Земле появилась новая форма жизни. Речь идет о пресловутых прионах (инфекционных агентах белковой природы, вызывающих поражение головного мозга — энцефалопатию — у людей и животных). Изначально это были нормальные белки, присутствующие в нервных клетках млекопитающих. Они выполняли какую-то свою роль и не привлекали внимания ученых. Но однажды (похоже, в первой половине XIX века), скорее всего у какой-то коровы, одна молекула такого белка по каким-то совершенно неизвестным и случайным причинам неправильно «свернулась» — ведь молекулы белка, после того как они синтезируются, должны определенным образом свернуться, сложиться в некую глобулу (и эта пространственная конфигурация молекулы во многом определяет ее свойства). И вот эта молекула приона свернулась «неправильно» и в результате совершенно случайно приобрела два *новых свойства*: устойчивость к протеазам (ферментам, катализирующим расщепление белков) — иными словами, организм не в силах этот белок уничтожить; и способность стимулировать такое же неправильное сворачивание других прионов. И получился некий квазиорганизм нового типа, что-то вроде вируса, только без генов! Вещь оказалась совершенно неистребимой: такой «неправильно» свернутый прион не переваривается в желудке, попадает в периферическую нервную систему и словно при цепной реакции заставляет так же сворачиваться все прионы в нервных клетках — эта волна «неправильного сворачивания» доходит до мозга, где «неправильный» белок «обволакивает» все нейроны (ведь он неуничтожим), в результате чего человек сходит с ума и вскоре умирает. Одним из наиболее ярких проявлений возможностей прионов стал тот самый губчатый энцефалит («коровье бешенство»), который не так давно едва не уничтожил животноводство и мясную промышленность ряда стран.

Чтобы остановить такой автокаталитический (самоускоряющийся) цикл, необходимо уничтожить все «неправильные» прионы до последнего. На этом примере видно, что автокаталитический цикл может стать страшной силой: раз возникнув, он будет активно воспроизводиться и поддерживать сам себя, и остановить его оказывается очень непросто. Вот и напоминает он зародыш той самой таинственной «жизненной силы», которую уже не раз пытались представить движущей силой эволюции.

Роль РНК в происхождении жизни

Первичной автокаталитической системой, с которой началась жизнь на Земле, скорее всего, могла оказаться короткая молекула РНК, способная катализировать синтез собственных копий. Возникшая автокаталитическая система должна была сразу вбирать в себя и другие абиогенно синтезированные молекулы РНК — такая РНК (с полимеразной активностью) будет синтезировать не только свои собственные копии, но и копии других «соседних» РНК, которые тем самым становятся материалом для отбора. И здесь вполне уместно отметить, что, как показано в лабораторных экспериментах, *отбор* и даже *борьба за существование* ярко проявляются уже в простейших автокаталитических циклах — наиболее «удачные» (эффективные) каталитические циклы быстро «разрастаются» и «вытесняют» своих менее эффективных «соперников».

Так что, учитывая не так давно обнаруженную способность РНК выполнять различные каталитические (ферментативные) функции, из подобной первичной РНК-системы мог довольно быстро сформироваться так называемый РНК-организм — предшественник живой клетки. Этот РНК-организм уже мог, «вовлекая» в свою метаболическую сеть сначала короткие, а потом и более длинные белки, совершенствовать механизмы синтеза белков на основе РНК-ферментов, что постепенно привело к формированию генетического кода и современных механизмов синтеза белка.

Эволюцию не свести к теории вероятностей

Одно из характерных возражений против классической теории эволюции состоит в том, что создание любого сложного элемента — например, нового фермента — в результате накопления случайных мутаций (случайного перебора вариантов) невозможно с точки зрения теории вероятностей. Типичный «функциональный» белок состоит из нескольких сотен комбинаций аминокислот (основных аминокислот всего 20). Значит, рассуждают креационисты, чтобы методом случайного перебора получить «функциональный» белок из хотя бы 100 аминокислот, нужно перебрать столько вариантов, что на это не хватит всего времени существования Вселенной. Вероятность случайной самосборки рабочего белка сравнивают с вероятностью самосборки, скажем, самолета из мусора в результате прохождения смерча по городской свалке.

В чем же принципиальная ошибка в этих рассуждениях? На самом деле ошибок тут много. Одна из основных состоит в следующем: прогрессивные эволюционные преобразования — вовсе не результат перебора всех возможных вариантов. Обычно во всех преобразованиях в живых системах используется блочный, или модульный, принцип сборки. Как уже не раз отмечалось, еще до появления жизни, в ходе абиогенного синтеза, из аминокислот вполне могли сформироваться короткие белковые молекулы, представляющие собой случайные комбинации аминокислот. Оказалось, что уже такие короткие белки обладают слабыми каталитическими свойствами, причем свойства эти разные у разных молекул. Большие, сложные, «настоящие» белки (причем все их виды — все так называемые семейства белков, присутствующие в клетке) могли сформироваться как комбинации из одной— двух сотен таких сравнительно коротких кусочков(блоков). Судя по структуре известных белков, именно так в природе дело и обстояло.

Симбиоз

Блочный принцип сборки сложных систем из простых ярко проявляется в феномене симбиоза. Уже говорилось о появлении эукариот как об одном из двух важнейших эволюционных событий за всю историю жизни. Так вот, эукариотическая клетка возникла в результате симбиоза нескольких разных видов прокариот — бактерий. Эти бактерии сначала долго существовали как компоненты интегрированного бактериального сообщества. После того как между ними установилась устойчивая система взаимодействий и взаимной координации, эти бактерии слились в единый организм, который и стал первой эукариотической клеткой.

Симбиоз, возможно, сыграл большую роль и в других прогрессивных эволюционных преобразованиях. Самые известные примеры: кораллы, лишайники, жвачные, термиты. Явления симбиоза играли большую роль и в других случаях ароморфозов, пусть это проявлялось и не столь ярко.

Преадаптации

Не менее важна в эволюции и роль преадаптации (скрытых возможностей к изменениям). Новые «функции» и регуляторные связи возникают не «из ничего», а из той огромной массы второстепенных или побочных функций и регуляторных связей, которые неизбежно присутствуют в регуляторно-метаболической сети просто-напросто в силу самой ее природы.

Новые гены обычно образуются в результате дупликации (мутации, в результате которой происходит удвоение отдельных участков) старых генов и последующего «расхождения» их функций, когда один из генов сохраняет старую основную функцию, а второй усиливает какую-то из бывших второстепенных функций.

Ускорение прогресса

В заключение нельзя не затронуть один из самых спорных вопросов эволюционной теории — автокаталитический (самоускоряющийся) характер эволюционного прогресса.

Как уже отмечалось, палеонтологическая летопись свидетельствует: чем сложнее организм, тем выше вероятность того, что какие-то из его потомков могут стать еще более сложными. Иными словами, наблюдается нечто вроде самоускорения (автокатализа) в эволюционном прогрессе. Чем это может быть вызвано? Эта тема крайне слабо разработана в современной эволюционной теории, но одно из объяснений, по мнению автора, могло бы заключаться в следующем.

В ходе эволюции должен достигаться своего рода регуляторный компромисс между требованиями адаптивности (способности перестраиваться в соответствии с изменением внешних условий) и целостности живой системы. Первая группа, определяемая особенностями взаимоотношений организма с внешней средой, стремится увеличить роль внешних регуляций (чтобы адекватно реагировать на изменение условий окружающей среды). Вторая группа, диктуемая целостностью организма, стремится увеличить роль внутренних регуляций (чтобы отдельные части и функции сложной системы, подогнанные друг к другу, развивались и действовали согласованно).

Руководствуясь соображениями о возможностях достижения указанного компромисса, можно выстроить следующую схему, определяющую направление эволюции: усложнение → проблема поддержания целостности → обращение регуляторных связей внутрь → проблема адекватной реакции на внешние условия → необходимость формирования новых внешних регуляторных связей → дальнейшее усложнение.

Чем сложнее организм, тем труднее обеспечивать согласованную работу всех его частей. Это неизбежно ведет к развитию «внутренних» регуляторных связей — активность генов и «функциональных» белков во все большей мере будет регулироваться какими-то внутренними факторами, а не только напрямую внешними стимулами. Прогрессирующее обращение регуляторных связей «внутрь» вроде бы ведет к тому, что организм как бы «замыкается на себя», концентрируется на своем внутреннем состоянии и становится более уязвимым к изменению внешних факторов. Возникает конфликт между необходимостью поддерживать целостность сложного организма и адекватно реагировать на изменения внешних условий. Этот конфликт может быть разрешен:

- а. формированием новых внешних регуляторных связей;
- б. повышением независимости организма от внешних условий путем поддержания внутреннего гомеостаза (например, постоянной температуры тела), чтобы изменение внешних факторов реже порождало противоречия с внутренними процессами в организме;
- с. искусственным созданием или нахождением для себя подходящих условий (термитники, гнезда, другие жилища); активное перемещение в места, где условия более благоприятны (миграция животных, перелеты птицы).

Не вызывает сомнений, что любой из перечисленных путей, в свою очередь, требует дальнейшего усложнения организма. Первый путь вводит новые внешние регуляторные связи — очевидное усложнение. Второй путь требует прогрессивного развития метаболизма, покровных тканей — здесь тоже без усложнения всей системы не обойтись. Третий путь предполагает развитие нервной системы — регуляторной системы самого высокого уровня.

В этой схеме можно усмотреть механизм положительной обратной связи: усложнение системы ведет к конфликту, снятие которого возможно только путем дальнейшего усложнения. Возможно, в этом же и кроется основная причина ускорения прогресса.

А вот еще одна возможная цепочка изменений в ходе эволюции: усложнение → появление множества новых креодов (незапланированных, случайных отклонений от нормы, в частности, от нормального процесса развития организма) → угроза

целостности и жизнеспособности → необходимость появления новых регуляторных связей.

Можно отметить и еще один аспект. Любое «элементарное усложнение» (появление новой регуляторной связи) автоматически ведет к возникновению множества новых креодов, которые могут проявиться при изменении условий. Попадая в условия, на которые она «не была рассчитана», новая связь (включенная, как уже отмечалось, в единую общую сеть и влияющая в конечном итоге на все процессы в организме) может дать различные «непредвиденные» эффекты. Это, с одной стороны, новые преадаптации и новый «материал для отбора», с другой — увеличение частоты «непредвиденных», случайных отклонений ставит под угрозу целостность и жизнеспособность системы. Справиться с этим побочным эффектом усложнения часто бывает возможно лишь путем дальнейшего усложнения (например, к «забарахлившей» регуляторной связи добавляется новая регуляторная связь, регулирующая прежнюю). Таким образом, и при таком подходе процесс усложнения оказывается автокаталитическим и идет с ускорением.

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ: РАЗВЕИВАЕМ МИФЫ О ГМО.

**Панчин А., научный сотрудник сектора молекулярной эволюции
Института проблем передачи информации РАН
«Популярная механика» №8, 2014**

Во вселенной стратегической компьютерной игры StarCraft внеземная раса зергов примечательна тем, что научилась усваивать генетический материал других организмов и преобразовывать собственные гены, меняясь и адаптируясь к новым условиям. Эта, на первый взгляд, фантастическая идея намного ближе к реальным возможностям живых организмов, чем кажется.

Сегодня мы очень много знаем про ДНК: этой двухцепочечной молекуле посвящено более двух миллионов научных публикаций. Молекулу ДНК можно рассмотреть как текст, написанный с использованием алфавита из четырех букв (нуклеотидов). Совокупность всех нуклеотидов, составляющих хромосомы любого организма, называется геномом. Геном человека насчитывает примерно три миллиарда «букв».

Отдельные участки генома представляют собой обособленные гены — функциональные элементы, которые чаще всего отвечают за синтез конкретных белков. У человека около 20 000 кодирующих белки генов. Белки, как и молекулы ДНК, являются полимерами, но состоят не из нуклеотидов, а из аминокислот. «Алфавит» аминокислот, входящих в состав белков, насчитывает 20 молекул. Зная нуклеотидную последовательность гена, можно точно определить аминокислотную последовательность белка, который он кодирует. Дело в том, что все организмы используют один и тот же (с небольшими вариациями) хорошо изученный генетический код — правила соответствия кодонов (троек нуклеотидов) определенным аминокислотам. Подобная универсальность позволяет генам из одного организма работать в другом организме и при этом производить тот же самый белок.

Естественная инженерия

Один из основных методов генной инженерии растений использует агробактерии и разработанный ими механизм модификации растительных геномов (см. «ПМ» № 10'2005). Гены обитающих в почве агробактерий кодируют специальные белки, способные «протащить» определенную молекулу ДНК в растительную клетку, встроить ее в растительный геном и тем самым заставить

растение производить нужные для бактерии питательные вещества. Ученые позаимствовали эту идею и нашли ей применение, заменив нужные бактериям гены на те, которые кодируют белки, необходимые в сельском хозяйстве. Например, В-токсины, которые производят почвенные бактерии *Bacillus thuringiensis*, абсолютно безопасные для млекопитающих и ядовитые для некоторых насекомых, или белки, придающие растению устойчивость к конкретному гербициду.

Обмен генами для бактерий, даже не родственных, — очень распространенное явление. Именно из-за этого микробы, устойчивые к пенициллину, появились уже через несколько лет после начала его массового применения, а в наши дни проблема устойчивости к антибиотикам стала одной из самых тревожных в медицине.

От вирусов к организмам

Естественной «генной инженерией» занимаются не только бактерии, но и вирусы. В геномах многих организмов, включая человека, есть транспозоны — бывшие вирусы, которые давно встроились в ДНК хозяина и, как правило, не принося ему вреда, могут «перескакивать» с одного места в геноме на другое.

Ретровирусы (такие как ВИЧ) умеют встраивать свой генетический материал прямо в геном эукариотических клеток (например, клеток человека). Аденовирусы не встраивают свою генетическую информацию в геномы животных и растений: их гены могут включаться и работать без этого. Эти и другие вирусы активно используются в генной терапии для лечения целого спектра наследственных заболеваний.

Таким образом, естественная генная инженерия очень широко используется в природе и играет огромную роль в адаптации организмов к окружающей среде. Еще важнее то, что все живые организмы постоянно подвергаются генетическим изменениям в результате случайных мутаций. Из этого следует важный вывод: по сути, каждый организм (если не считать клонов) является уникальным и генетически модифицированным по сравнению со своими предками. У него есть как новые мутации, так и новые комбинации существовавших ранее вариантов генов — в геноме любого ребенка обнаруживаются десятки генетических вариантов, которых не было ни у одного из родителей. Кроме возникновения новых мутаций, в ходе полового размножения в каждом поколении возникает новая комбинация уже существующих у родителей генетических вариантов.

Проверено в опытах

Сегодня активно обсуждается безопасность пищевых продуктов, содержащих генетически модифицированные организмы (ГМО). Для продуктов генной инженерии, осуществляемой человеком, намного лучше подходит термин «генетически модернизированные организмы», так как генная инженерия позволяет ускорить те процессы генетических изменений, которые самостоятельно происходят в природе, и направить их в нужное человеку русло. Однако между механизмами генетической модернизации и природными процессами генетической модификации нет никаких существенных различий, поэтому вполне обоснованно можно считать, что производство ГМ-продуктов питания не несет дополнительных рисков.

Однако, как и любая научная гипотеза, безопасность ГМО нуждалась в экспериментальной проверке. Вопреки многочисленным утверждениям противников ГМО, этот вопрос очень и очень тщательно исследуется не первый десяток лет. В этом году в журнале *Critical reviews in biotechnology* был опубликован обзор почти 1800 научных работ, посвященных изучению безопасности ГМО за последние десять лет. Лишь в трех исследованиях возникли подозрения о негативном влиянии трех конкретных ГМ-сортов, но эти подозрения не оправдались, еще в двух случаях была установлена потенциальная аллергенность ГМ-сортов. Единственный подтвержденный случай касался гена бразильского ореха, встраиваемого в ГМ-сорт сои. Стандартная в таких случаях проверка реакции

сыворотки крови людей, страдающих аллергией, на белок нового ГМ-сорта, показала существование опасности, и разработчики отказались от продвижения сорта на рынок.

Кроме того, стоит отдельно упомянуть обзор 2012 года, опубликованный в журнале *Food and Chemical Toxicology*, в который вошло 12 исследований безопасности употребления ГМО в пищу на нескольких (от двух до пяти) поколениях животных и еще 12 исследований на животных долгосрочного (от трех месяцев до двух лет) потребления ГМО в пищу. Авторы обзора пришли к выводу об отсутствии каких-либо негативных эффектов ГМО (по сравнению с немодернизированными аналогами).

Скандальные разоблачения

Вокруг некоторых работ, якобы показывающих вред отдельных ГМ-сортов растений, возникают курьезы. Типичный пример, который очень любят приводить противники ГМО, — это нашумевшая публикация французского исследователя Сералини в журнале *Food and Chemical Toxicology*, который утверждал, что ГМ-кукуруза вызывает рак и увеличение смертности крыс. В научной среде работа Сералини вызвала бурные дискуссии, но не потому, что исследователь получил и опубликовал какие-то уникальные данные. Причиной было то, что с научной точки зрения работа была выполнена крайне небрежно и содержала грубые ошибки, заметные с первого взгляда.

Тем не менее представленные Сералини фотографии крыс с крупными опухолями произвели огромное впечатление на общественность. Несмотря на то что его статья не выдержала объективной критики и была отозвана из журнала, ее продолжают цитировать противники ГМО, которых научная сторона вопроса явно не интересует, а фотографии больных крыс до сих пор показывают с экранов.

Научный уровень обсуждения потенциальной опасности ГМО в СМИ и в обществе в целом поражает наивностью. На прилавках магазинов можно встретить крахмал, соль и даже воду «без ГМО». ГМО постоянно путают с консервантами, пестицидами, синтетическими удобрениями и пищевыми добавками, к которым геновая инженерия не имеет прямого отношения. От реальных проблем безопасности питания подобные дискуссии уводят в область спекуляций и подмены понятий.

Крахмал и жиры без ГМО

Согласно ГОСТ Р 51953–2002 «Крахмал и крахмалопродукты», модифицированными называют крахмалы, свойства которых изменены (естественно, в лучшую сторону по сравнению с натуральным) в результате физической, химической, биохимической или комбинированной обработки. То ли по невежеству, то ли для красного словца обывателей часто пугают «генетически модифицированным крахмалом». Еще один распространенный ляп безграмотных журналистов — «трансгенные жиры». Так часто обзывают трансизомеры жирных кислот, или трансжиры. Ни к крахмалу, ни к трансжирам генетические методы прямого отношения не имеют.

Опасности — настоящие и нет

Впрочем, ни эта статья, ни другие научные работы не пытаются доказать, что ГМО «абсолютно безопасны». На самом деле ни один продукт питания не является абсолютно безопасным, ведь еще Парацельс сказал знаменитую фразу: «Всё есть яд, и ничто не лишено ядовитости; одна лишь доза делает яд незаметным». Даже обычная картошка может вызывать аллергию, а позеленевшая содержит токсичные алкалоиды — соланины.

Может ли как-то измениться работа уже имеющихся генов растения

в результате встраивания нового гена? Да, может, но от изменений в работе генов не застрахован ни один организм. Может ли в результате генной инженерии появиться новый сорт растения, который распространится за пределы сельскохозяйственных угодий и как-то повлияет на экосистему? Теоретически и такое возможно, но и это происходит в природе повсеместно: появляются новые виды, экосистемы меняются, одни виды вымирают, другие занимают их место. Однако нет оснований полагать, что генная инженерия несет в себе дополнительные риски для окружающей среды или для здоровья людей или животных. Но про эти риски постоянно трубят в СМИ. Почему?

Рынок ГМО в значительной степени монополизирован. Среди гигантов на первом месте стоит компания Monsanto. Разумеется, крупные производители ГМ-семян и технологий заинтересованы в прибыли, у них есть собственные интересы и собственное лобби. Но они зарабатывают деньги не «из воздуха», а предлагая человечеству прогрессивные сельскохозяйственные технологии, за которые производители голосуют самым убедительным образом — долларом, песо, юанем и т. д.

Основные производители и поставщики «органических» продуктов, выращенных с использованием устаревших технологий и, следовательно, более дорогих (но не более качественных) — тоже вовсе не мелкие фермеры, а такие же крупные компании с многомиллиардными оборотами. Только в США рынок органических продуктов составил в 2012 году \$31 млрд. Это серьезный бизнес, и, поскольку органик-продукты не имеют каких-либо преимуществ перед ГМО, но обходятся дороже в производстве, рыночными методами конкурировать с ГМ-сортами они не могут. Вот и приходится посредством СМИ внушать доверчивым потребителям ничем не обоснованный страх перед мифическими «генами скорпиона», который и рождает спрос на дорогие и нетехнологичные «органик-продукты». Кроме того, противники ГМО, описывающие страшные опасности генно-модифицированных сортов, вырабатывающих белок *B. thuringiensis*, обычно забывают упомянуть о том, что препараты на основе таких культур или выделенных из них белков в «органическом земледелии» разрешены (и широко применяются). Как и натуральный навоз, который может оказаться источником кучи патогенных бактерий и прочей натуральной гадости.

Немного политики

Сегодня генная инженерия — одна из наиболее изученных с точки зрения безопасности технологий. Она позволяет создавать более качественные продукты питания, уменьшить количество используемых на полях пестицидов и защитить окружающую среду (да, именно защитить: на полях, засеянных Vt-сортами, живет больше насекомых и птиц, чем на «обычных», которые приходится регулярно обрабатывать инсектицидами).

Но существует и еще одна причина «борьбы» с ГМО — исключительно политическая. Страны, значительно отставшие в сфере биотехнологий, пытаются найти повод не допустить более дешевые продукты из других стран на свой рынок. Впрочем, такая защита отечественных производителей от иностранной продукции имеет смысл только в том случае, если помогает выиграть время, чтобы развить собственные технологии до конкурентоспособного состояния. Если же этого не делать, есть серьезный риск отстать от мирового научного и технологического уровня. Навсегда.

ФИЗИОЛОГИЯ ЗВЕЗД И ФИЗИКА ЖИВОТНЫХ

Птушенко В., кандидат физико-математических наук

«Наука и жизнь» №4, 2013

Есть хороший анекдот о физике и биологии. Необходимо предсказать результат скачек. Эту задачу параллельно начинают решать физик, биолог, социолог... Социолог усердно проводит опросы, собирает информацию по предыдущим скачкам, изучает статистику успешных и неуспешных прогнозов. Биолог принимается за изучение родословных лошадей, берётся за справочники по генетике и селекции, анализирует наследуемые признаки пород и их вариабельность. Физик же, как правило, начинает решение этой непростой задачи с анализа бега лошади, рассматривая его как движение однородного шара в вакууме.

Этот анекдот в действительности довольно точно отражает характерные черты разных наук. Каждая из них имеет свои предмет и методы, которые отличают её от других. Почему же разные науки смотрят на одни и те же явления «разными глазами» и говорят «на разных языках»? Наверное, здесь дело в «научном рельефе», точнее, в «рельефе» нашего мира.

Движение исследователя через мир непознанного вполне можно уподобить движению путников по поверхности Земли — через горы и долины. По хребтам идти сложно, хотя часто путь по ним самый короткий. Проще спуститься в долину или ущелье и там пройти вдоль хребта. Вот и скатывается исследователь либо в одну сторону от хребта, либо в другую, упрощая объект своего интереса тем или иным образом и получая в зависимости от этого ту или иную науку. Спуск в долину — это упрощение, сведение неразрешимой задачи к более простой. Мы отказываемся от многих существенных черт нашего хребта-объекта, теряем целостность представления о нём и заведомо можем описать только одну его сторону.

А познаваем ли мир в целостности?

Как ясно из анекдота, с которого мы начали, биология и физика — это разные ущелья. Разные методы, разные упрощения, разные подходы. Физик пытается свести любую живую тварь к моделям из элементарных кирпичиков. Биолог даже крупные блоки считает изначально данными. В итоге физик не может описать всю видимую сложность и красоту живого мира, биолог же не всегда видит их основание. Но нет ли между физикой и биологией более глубоких различий? Не состоят ли их миры из разных материй, подчиняющихся разным законам?

Эти вопросы очень долгое время оставались без ясных ответов. Соотношение органических и неорганических веществ было предметом спора ещё совсем недавно (по историческим меркам — почти вчера), в XIX веке. Считалось, что органические вещества обладают «жизненной силой» и не могут быть синтезированы из неорганических. Когда в 1828 году немецкий химик Фридрих Вёлер из неорганических веществ синтезировал мочевины, то, по его собственным словам, это было «великой трагедией в науке — убийством прекрасной гипотезы уродливым фактом». Однако в действительности, «убийство прекрасной гипотезы» (о существовании «жизненной силы», принципиально отличающей эти два класса соединений) произошло лишь три десятилетия спустя благодаря работам французского физикохимика Марселена Бертло, сумевшего синтезировать ещё ряд природных органических соединений из неорганического материала.

Но даже если материя «органического» и «минерального» миров одна, то, может быть, они управляются разными законами? Действительно, при первом взгляде на процессы, протекающие в живом организме, трудно поверить, что в них действуют те же законы, что и в неодушевлённой природе. По водостоку вода стекает вниз, а по стволу живого дерева поднимается вверх, от корней к самым верхним листьям. По законам диффузии вещество должно выходить из объёма с высокой концентрацией туда, где его концентрация ниже. Но те же растения могут поглощать из почвы элементы, присутствующие в почвенных растворах в очень низких концентрациях. (Кто не знает про опасность сбора грибов вдоль дорог! Некоторые тяжёлые металлы могут концентрироваться в грибах в сотни раз большем количестве по сравнению с их

содержанием в почве.) Ещё более непостижимыми с точки зрения физики и химии кажутся такие сложные процессы в живых организмах, как возникновение нервных импульсов, управляющих органами; «целесообразная» деятельность иммунных клеток (фагоцитов); развитие разнообразно организованных дифференцированных клеток и тканей, сложных пространственных форм различных организмов из единственной яйцеклетки; наследственная передача психических функций.

Итак, у явлений в живом веществе свои законы, своя — биологическая — физика?

Название «биологическая физика» наука о физических явлениях в живых организмах получила лишь недавно, в 1892 году, с лёгкой руки математика, биолога и философа Карла Пирсона. А вопрос, который мы только что сформулировали, появился намного раньше, ещё в античности.

Вероятно, первым и единственным из античных философов, чьи взгляды на природу допускали единство законов для живого и неживого, был атомист Демокрит. Великий Аристотель, справедливо почитаемый основателем многих наук, ввёл представление об «энтелехии», то есть о «цели в самой себе», которая присуща живой природе, тем самым отделив её от мира «косной материи». В Новое время, когда началось становление науки в её современном виде, эти две позиции проявились в виде витализма и механицизма. Благодаря потрясающему расцвету математики и физики, с одной стороны, и техники — с другой примерно в XVII веке начинает формироваться представление о живом организме как об идеально работающей машине. В 1628 году английский врач Уильям Гарвей объясняет механизм кровообращения на основе своих количественных измерений и аналогий из гидравлики (можно было бы сказать сильнее: впервые догадывается о существовании кровообращения в организме и доказывает его. До него, ещё со времён Аристотеля и Галена, считалось, что кровь, перед тем как попасть в сердце, образуется в печени из пищи и движется по венам, слепо заканчивающимся в органах).

Тогда же французский математик, философ, физик и физиолог Рене Декарт вводит представление о рефлексе, ставшее впоследствии исключительно важным не только в биологии, но и в психологии (науке о душе, чьи законы, казалось бы, ещё дальше отстоят от законов «косной», неодушевлённой материи). Рассмотрение работы живого организма на основе принципа рефлекторной деятельности означало, что живое тело представляет собой машину, не требующую вмешательства души, и все его основные функции — «восприятие, запечатление идей, удержание идей в памяти, внутренние стремления...» — «совершаются в этой машине как движения часов». В 1680 году вышла книга ещё одного учёного-универсала эпохи позднего Возрождения, ученика Галилея — Джованни Борелли «О движении животных», явившаяся, по сути, первым капитальным трудом по биомеханике. В ней на основе механических аналогий и геометрических построений рассматривались основные физиологические функции животного организма: сокращение скелетных мышц и сердца, циркуляция крови, пищеварение. Так в натурфилософской мысли формируется представление о том, что живой организм — это совершенная машина, функционирование которой полностью подчиняется законам механики — наиболее развитой к тому времени части физики.

Одновременно развиваются и идеи о «жизненной силе» (термин, введённый ещё во II веке античным врачом Аретеем) — особом принципе или начале, управляющем явлениями, протекающими в живых организмах. Эти представления станут основой идейного оппонента механицизма — витализма. В начале XVIII века подобные идеи развивал немецкий врач и химик Георг Шталь. Наверное, стоит подчеркнуть, что в его виталистическом учении — анимизме — душа рассматривалась не как носитель разума, воли и чувств, а именно как некое безличное жизненное начало, лежащее в основе всех жизненных процессов. В то время как Декарт ограничил функции души мышлением, Шталь возложил на неё работу по непосредственной регуляции жизнедеятельности — всё то, для чего, согласно Декарту, достаточно телесного устройства и движения

материальных частиц. Иными словами, «одушевление» живого у Штала лежало в плоскости натурфилософии, а не религии.

Идеи о качественном отличии живого и несводимости законов органической природы к законам неорганической природы в конце XVIII — начале XIX века придерживались известный немецкий анатом и антрополог Иоганн Blumenbach, французский анатом, физиолог и врач Мари Франсуа Биша — представители известной древней медицинской школы французского города Монпелье. Надо подчеркнуть, что эти школы внесли большой вклад в современную медицину. Достаточно привести в пример хотя бы электрокардиологические работы Биша, выполненные им за сто с лишним лет до «официального» появления электрокардиографии и открывшие, по сути, известное теперь каждому явление электрокардиостимуляции. Работы Биша, кстати, оказались чрезвычайно популярны в XIX веке среди не только специалистов-физиологов, но и философов, да и всей образованной части общества (его книги А. С. Пушкин включил в круг чтения Евгения Онегина). Ещё в XVI веке идею о существовании в организмах особой, целесообразно действующей закономерности — «духа жизни», или «архея», высказывал знаменитый алхимик, врач и оккультист Парацельс, а в конце XVIII века в духе этих идей создал своё учение о «животном магнетизме» Фридрих Месмер, помещаемый, впрочем, в один ряд с Калиостро и Сен-Жерменом. Так что, как видим, витализму часто сопутствовал дух мистицизма, как, впрочем, механицизму — дух атеизма в более или менее ярких проявлениях.

Вопрос о том, что же за силы действуют внутри живых организмов и каким законам они подчиняются, продолжал волновать учёное сообщество ещё 150 лет назад. Великий биофизик — физик и физиолог XIX века — Герман Гельмгольц вспоминал: «Большинство физиологов в то время ухватилось за компромисс Г. Э. Штала. По Шталю, силы, действующие в живом теле, суть физические и химические силы органов и веществ; но какая-то присущая телу жизненная душа (*Lebensseele*) или жизненная сила может связывать или освобождать их деятельность; свободная игра этих сил по смерти организма вызывает гниение, а при жизни действие их постоянно регулируется жизненной силою. В таком объяснении мне чулось что-то противоестественное».

История решения данного вопроса и поиск естественного объяснения включают в себя множество разных ветвей исследований, в каждой из которых были свои задачи и достижения. Это изучение электрических явлений — от открытия «животного электричества» в трудах физиков Джона Уолша и Генри Кавендиша, хирурга и сравнительного анатома Джона Хантера, врача и физиолога Луиджи Гальвани, от исследований физика и химика Алессандро Вольта до доказательства тождественности всех известных видов электричества («животного», «магнитного», гальванического, термоэлектричества и электричества, возникающего при трении) физиком и химиком Майклом Фарадеем. Это и успехи химии, приведшие в середине XIX века к осуществлению химического синтеза органических соединений Вёлером, Либихом, Бертелло, Бутлеровым и многими другими. Это и работы по биологической химии, в качестве одного из примера которых можно привести изучение процесса брожения.

В 1830-х годах независимо немецкими цитологом Теодором Шванном (известным в качестве автора клеточной теории), ботаником Фридрихом Кютцингом и французским физиком Шарлем Каньяром де Ла-Туром были описаны дрожжи — низшие растительные организмы, имеющие в своей клетке ядро и размножающиеся почкованием на питательных средах. (Впервые дрожжи описал ещё Левенгук в 1680 году, однако он не распознал в них живых организмов.) Они высказали идею, что именно эти микроорганизмы, обнаруживаемые в пивном сусле, и вызывают его брожение. Спустя два десятилетия французский химик и микробиолог Луи Пастер подтвердил эту идею: брожение — биологический процесс, в котором обязательно участвуют живые дрожжевые клетки. Этот результат вызвал его ожесточённый спор с Юстусом фон Либихом, который рассматривал сбраживание сахара как сложную химическую

реакцию. Доказав возможность синтеза органических веществ без помощи «живого вещества», великий химик не мог признать его необходимость для распада органики. Ясность в этот вопрос в 1871 году внесла русский химик и физиолог Мария Михайловна Манасейна, а позже, в 1897 году, — немецкий химик Эдуард Бухнер, которые доказали, что брожение может вызываться бесклеточным дрожжевым экстрактом.

Как сейчас смотрят биофизики на физическую природу живого объекта? Вот что говорил об этом выдающийся биофизик Лев Александрович Блюменфельд: «Существует ли «биологическая физика», то есть особая физика живой материи, отличная от физики, законы которой изучают школьники и студенты? Ответ на этот вопрос является в известной степени «символом веры», который не может быть в наше время строго обоснован, но тем не менее должен быть выяснен для себя каждым, кто тратит или собирается тратить своё время на изучение живого. Поэтому... я начну с того, что сформулирую свой ответ, свой символ веры, который в дальнейшем постараюсь обосновать, хотя, повторяю, вполне строго сделать это нельзя. Для полного описания и понимания строения и функционирования всех существующих биологических систем в принципе вполне достаточно известных нам основных законов физики». Спустя четверть века он добавит: «Сегодня я не вполне в этом уверен».

Почему? Что имел в виду Блюменфельд, сделав эту оговорку? Возможно, примерно то же, о чём говорил один из основателей квантовой механики Эрвин Шрёдингер в своей знаменитой книге «Что такое жизнь?»: «Мы вправе предполагать, что живая материя подчиняется новому типу физического закона. Или мы должны назвать его нефизическим, чтобы не сказать: сверхфизическим законом? Нет. Я не думаю этого. Новый принцип — это подлинно физический закон».

Иными словами, нельзя исключить, что живые организмы могут таить в себе не известные нам пока физические законы и изучение процессов их жизнедеятельности может принести ещё немало физических открытий. И действительно, многие физические открытия были сделаны при изучении биологических объектов. Открытия Гальвани в области электричества получены при работе на лягушках. Известные сейчас работы Даниила Бернулли и Леонарда Эйлера по гидродинамике были вызваны их исследованиями в области физиологии, в частности физиологии кровообращения. Фундаментальный физический закон — первый закон термодинамики (то есть фундаментальный закон сохранения энергии в применении к широкому спектру разнообразных физических систем) — был открыт врачами Юлиусом Майером, исследовавшим энергетику кровообращения, и Германом Гельмгольцем, занимавшимся также энергетикой брожения и теплообразованием при мышечном сокращении. Автор третьего начала термодинамики Вальтер Нернст, создавший также основы современной электрохимической термодинамики, занимался изучением возбуждения нерва. К сожалению, подробное описание всех этих историй выходит за пределы этой небольшой статьи.

Путь к пониманию единства законов «органического» и «минерального» мира, как видим, был долгим и непростым. В чём суть научного поиска, наиболее общая его цель? Открытие нового? Систематизация известного? И то и другое верно. Но всё же взгляд на биографии наиболее выдающихся учёных показывает, что, видимо, главный предмет их поиска — единство. Единство разнородных явлений и разных областей знания, единство кажущихся разрозненными систем хребтов и долин, образующих рельеф научной картины мира. Вся история физики — это история поиска единства (на разных масштабах) в устройстве окружающего мира, все главные достижения — это найденные общности: общность «небесной» и «земной» механики, обнаруженная Кеплером, Галилеем, Ньютоном в XVII веке; общность электрических, магнитных и оптических явлений, установленная в XIX веке работами Ампера, Эрстеда, Фарадея, Максвелла и др. Общность всех известных типов фундаментальных взаимодействий, общность инерции и гравитации — наиболее захватывающие и масштабные достижения XX века. Среди них,

по-видимому, и понимание единства физики живых организмов, «биофизики», с физикой «неодушевлённой» материи. Французский врач и физиолог Мари Франсуа Биша, о котором мы уже упоминали, в самом начале XIX века написал: «Утверждать, что физиология есть физика животных ... это то же самое, что сказать, что астрономия — это физиология звёзд». Эта мысль, высказанная виталистом Биша, оказалась глубоким и исключительно точным диагнозом естествознания. Сегодня мы в такой же степени уверены в том, что астрономия — это физика звёзд, как и в том, что физиология, биофизика и биохимия — это физика и химия живых организмов. Однако всегда следует помнить, что природа не обязана «подстраиваться» под наши стройные схемы, а зигзаги наших представлений о мире непредсказуемы. Конец XX века неожиданно открыл совершенно новую область биологии — информационные процессы, идущие, по-видимому, лишь в живых системах. Эти процессы стали предметом исследования самых многообещающих биологических наук нашего времени — молекулярной биологии и биоинформатики.

Но какая бы «новая физика» в биологических системах ни открылась в будущем, подход к изучению живой и неживой природы, вероятно, всегда будет отличаться. Всё, что мы узнаём при изучении какого-либо явления, зависит от того, какие вопросы мы ставим. А они существенно разные по отношению к живым и неживым системам.

Закончим этот очерк ещё одной цитатой из Блюменфельда: «С точки зрения физики понижение энтропии в результате образования человеческого тела и куска горной породы стоит примерно одинаково. Чем же отличается энтропия, т. е. информация, которая заложена в биологических системах? Она отличается только одним: эта информация, эта упорядоченность имеет смысл... Когда физик имеет дело с «обычными» системами, он всегда задаёт два вопроса: «как» и «почему». Но когда мы имеем дело с живыми системами, мы можем задать третий вопрос: «зачем?»».

Кажется, в важности этого вопроса трудно сомневаться.

МОЗГ ЧЕЛОВЕКА: ПРОГРАММЫ И ВИРУСЫ

Дубынин В., доктор биологических наук, профессор кафедры физиологии

человека и животных биологического факультета МГУ;

Солодухина А., кандидат экономических наук, преподаватель экономического

факультета МГУ; Апрезов С.

«Популярная механика» №7, 2013

Мы называем себя венцом творения и царями природы, гордимся свободой воли и способностью к состраданию, воспеваем любовь и талант. Наше поведение сложно и непредсказуемо. Мы познаем и преобразуем мир вокруг нас, приручаем животных, культивируем растения, покоряем окружающую среду. Каждый день мы принимаем множество решений, порой нестандартных. Имя нам — человек разумный.

Так всё выглядит на первый взгляд. Копнув чуть поглубже, мы можем обнаружить, что самые сложные поведенческие программы достались нам в наследство от близких и далеких животных предков. И речь идет не только об интересе к еде, сну, противоположному полу, но и о стремлении учиться, развиваться, познавать мир, достигать успехов и сострадать.

Древние инстинкты настолько витиевато вплетаются в культуру нашей «разумной» жизни, что их повседневные проявления легко принять за свободное изъяснение воли. Способности человека, его профессиональные успехи, личные качества — образно выражаясь, его судьба — во многом зависят от темперамента, который достается в наследство от родителей вместе с генами. Кроме того, колоссальное влияние на формирование нашего характера оказывает внешняя среда — события младенчества, детства и юности.

Наконец, даже в зрелом возрасте мы подвержены многочисленным манипуляциям, в том числе намеренным, которые определяют наши вкусы и потребительские предпочтения. Чтобы разобраться в этом, необходимо прежде всего составить представление о структуре человеческих потребностей и их первоисточках.

Где у него кнопка

Существует множество классификаций потребностей. Для нас наиболее полезна будет классификация, предложенная российским физиологом Павлом Симоновым. На это есть две причины. Во-первых, классификация Симонова настолько полна, что на нее можно спроецировать практически весь спектр человеческой деятельности. А во-вторых, создавая свою классификацию в 1980-е годы, ученый основывался, прежде всего, на информации о деятельности мозга.

За большинством описанных академиком Симоновым потребностей стоят вполне определенные физиологические механизмы. Относительно простой пример — потребность в питании, регулируемая гипоталамусом на основании химического состава крови. Если в крови мало глюкозы, мы испытываем чувство голода, если много — чувство насыщения. Регулировать количество потребляемой пищи помогают и другие врожденно значимые для мозга стимулы: сладкий вкус, растянутый желудок, гормоны, выделяемые клетками жировой ткани.

Программы потребностей работают по достаточно общему алгоритму. На входе они получают сигналы внутренней (химический состав крови, гормоны, боль) или внешней среды (звуковые, зрительные, кожные и прочие раздражители). На выходе — управляют работой наших органов (скажем, учащение сердцебиения при испуге) и двигательными реакциями (например, отдергивание руки от огня).

Кроме того, деятельности каждой программы соответствует эмоциональное подкрепление, которое может быть положительным (если потребность успешно удовлетворена) или отрицательным (если «решить проблему» не удалось). Программы успешного поведения, позволившие удовлетворить потребность, закрепляются в памяти, формируя наш индивидуальный опыт. Неудачные программы, напротив, тормозятся, блокируются.

Эти механизмы идентичны не только для всех людей, но и для любых млекопитающих и многих других животных. То, что именно они легли в основу классификации, говорит о весьма четком разграничении потребностей и их объективном характере, по крайней мере с точки зрения биологии и эволюции поведения.

По Симонову, потребности можно поделить на три основные группы: витальные, социальные и связанные с саморазвитием. К витальным относятся те из них, которые необходимы для поддержания жизни. Пищевая, питьевая, оборонительная («бей или беги») потребности, гомеостатические программы, направленные на поддержание постоянства внутренней среды организма (дыхание, сон, кровообращение, терморегуляция) — все они хранятся преимущественно в гипоталамусе, древнейшей области мозга, которая хорошо развита у подавляющего большинства позвоночных. К витальным потребностям относится и программа экономии сил (читай — лени): зачем жечь калории и двигаться без крайней нужды?

Шимпанзе-патриоты

Социальные (по Симонову, «зоосоциальные», внутривидовые) программы регламентируют практически все ключевые аспекты нашего взаимодействия с себе подобными.

В первую очередь это касается половой потребности — либидо. Зоологами описаны тома, в которых отражены особенности брачного поведения насекомых, рыб, птиц, млекопитающих. Впечатляют турниры оленей или морских львов, когда победивший самец «получает все» и нередко формирует гарем из десятков самок.

Не менее эффектно сложнейшие процедуры ухаживания, когда самец должен доказать (и показать) самке свои достоинства — свидетельствующий о здоровье и силе яркий

брачный наряд, изысканную песню, умело построенное гнездо или хотя бы кусочек вкусной пищи.

Запускает половое поведение гормональный фон (его формируют семенники и яичники), а также зрительные, слуховые, обонятельные (феромоны) сигналы, исходящие от особей противоположного пола.

К важнейшим программам, обеспечивающим выживание биологического вида, относится детско-родительское взаимодействие. Здесь огромное значение имеет гормон пролактин, определяющий интенсивность «родительского чувства» не только у женщин, но и у мужчин.

Территориальное поведение выражается в стремлении занять и удерживать «свой участок». Думаете, только люди ведут войны?

У рыбы-бабочки на коралловом рифе тоже есть «свой куст», у соловья — «свой» гектар леса, у тигра счет идет уже на десятки квадратных километров. Наши ближайшие родственники шимпанзе целенаправленно патрулируют территорию своей стаи, и горе чужому самцу, нарушившему границу.

Программы иерархического поведения заставляют нас стремиться к лидерству или искать одобрения вожака. Это весьма «продвинутое» программы, которые можно отыскать только у животных, стабильно живущих большими сообществами: слонов, гиен, дельфинов и, конечно же, обезьян.

Наконец, для успешного сосуществования животных в стае важна эмпатия, сопереживание — свойство мозга, позволяющее испытать те же эмоции, что и близкий. В эксперименте на крысах животным предоставили выбор: терпеть неприятный яркий свет или уйти в норку, при этом нажав на педаль и подвергая другую крысу ударам тока. В таких условиях три четверти крыс сочли, что лучше щурить глаза, чем слушать вопли товарища.

Любопытная рыбка и жук-бунтарь

Потребности в саморазвитии академик Симонов называл «потребностями, направленными в будущее». Их удовлетворение не приносит полезного результата немедленно, но полученный опыт может оказаться важен позже. При этом позитивное эмоциональное подкрепление от удовлетворения этих потребностей выдается сразу, а не потом.

Часто поведение, основанное на потребностях в саморазвитии, приводят в пример, говоря об отличиях человека от животных. Как бы не так! Помашите рыбкам в аквариуме, и они посмотрят на вас. Исследовательское поведение, в том числе реагирование на неизвестные ранее сигналы, — важный источник позитива. Оно помогает животным быстро адаптироваться к изменениям внешней среды. А для человека любопытство, сбор новой информации — не менее важная составляющая жизни, чем еда или секс.

Стремление к свободе, непереносимость ограничений — это чувство, заставляющее подростка бороться за свое мнение по поводу прически, а взрослого — противостоять произволу начальства и властей. И эта же программа заставляет жука, посаженного в спичечный коробок, прогрызть себе путь на волю.

Подражание лидеру («вожаку»), родителю или просто соседу справа — поведенческая программа, позволяющая нам учиться на чужих ошибках. С ней связаны так называемые зеркальные нейроны, обнаруженные в мозге многих высших позвоночных.

Наконец, важный источник положительных эмоций — игровое поведение («двигательная тренировка»). Маленький ребенок целыми днями бегает и прыгает, тренируя свое тело, как игривый котенок. Взрослый человек зачастую с большим удовольствием проводит время на диване, как ленивый кот, и обещает себе пойти в спортзал завтра.

На этом примере видно, что наш мозг — это арена постоянной конкуренции разных потребностей. То, какая потребность победит в данный момент, зависит от внешних и внутренних сигналов, гормонального фона, возраста, индивидуального опыта. Но очень значительный вклад вносит и исходный, генетически установленный уровень активности центров каждой из потребностей — темперамент.

Марш нейронов-новобранцев

Как было сказано выше, за каждой потребностью стоит строго определенный физиологический механизм. Величина эмоционального подкрепления, связанного с удовлетворением той или иной потребности, зависит от физиологического статуса соответствующего участка мозга (гипоталамуса, больших полушарий и др.). Особенно ярко этот факт подтверждается в случае патологий: инсульт или опухоль могут полностью отключить или, напротив, обострить любую потребность — например, уничтожить аппетит или увеличить агрессивность.

Степень активности центров разных потребностей индивидуальна для каждого конкретного человека. Именно эти «настройки» мы и называем темпераментом. Современные данные, в том числе сравнение поведения близнецов, показывают, что 40–50% темперамента задается генетически.

Второй важнейший фактор — формирование связей между нейронами коры головного мозга еще до рождения. «Сборка» мозга на этапе эмбриогенеза напоминает массовое театрализованное представление, идущее по строгому плану. Сначала формируется около сотни миллиардов нейронов, которые пока не имеют ни специализации, ни связей. Затем занимают свои места вспомогательные глиальные клетки, из которых строится пространственный каркас мозга. Его параметры, среди прочего, определяют относительные размеры разных областей нервной системы.

На следующем этапе образуются факторы роста — пока что очень мало изученные вещества, которые выделяются в микроскопических количествах и в течение очень небольшого срока. Привлеченные ими, нейроны физически перемещаются по образованным глиальными клетками «рельсам», занимая свои места. Также следуя за факторами роста, нейроны выпускают отростки к строго определенным адресатам.

В результате возникают нейронные сети двух типов: одни способны функционировать без дополнительной настройки (именно они — основа врожденных поведенческих программ и биологических потребностей); другие предполагают обучение, то есть запись дополнительной информации, которая поможет удовлетворить те или иные потребности.

Описанные процессы формирования мозга в основном приходятся на первые два–три месяца беременности. Считается, 20–25% будущих возможностей и характеристик мозга определяются тем, насколько благополучно протекает внутриутробное развитие в этот период. Стресс, инфекционные заболевания, прием определенных видов лекарств, никотина, алкоголя может повлиять на гормональный фон матери, а соответственно — и ребенка, помешав структурам мозга формироваться так, как предписано генами.

Получается, что, едва родившись, мы получаем на 60–70% сформированный набор жизненных предпочтений: чем мы хотели бы заниматься, какое место «отвоевать» в обществе, насколько активный образ жизни вести. Можно сказать, что у каждого от рождения есть свое призвание. Вот только отыскать его удастся далеко не всем.

Врожденный темперамент определяет, какие занятия или линии поведения будут даваться нам легче и приносить больше радости. Скажем, если вы прирожденный творец и музыкант, то ежедневные репетиции на скрипке для вас не каторга, а удовольствие.

Однако если родители не подарили вам скрипку, а отправили заниматься карате, придется иметь дело с менее «предустановленными» потребностями — развивать агрессию и территориальное поведение («наша команда лучше всех»). Удовлетворение «второсортных» потребностей приносит меньше положительного подкрепления (читай — меньше счастья), и все же под влиянием внешней среды мы вполне способны развить возможности, которыми природа мало одарила нас от рождения.

В данном случае речь идет о воспитании, которое формирует наш характер. Чем больше различий между характером и темпераментом, тем меньше «гормонов счастья» (например, дофамина или эндорфинов) мы получаем. К сожалению.

Приказывать лучше шепотом

Поведенческие программы, с помощью которых мы приспосабливаемся к внешнему

миру, полезны. Они помогают прожить долгую и счастливую жизнь, оставить жизнеспособное потомство, продолжить свой род. С другой стороны, наши биологические потребности — это кнопки, умело нажимая на которые можно нами успешно манипулировать.

Собственно, только что упомянутый процесс воспитания заключается именно в этом.

Родители и учителя, начальники и политические деятели создают условия, при которых сети обучающихся нейронов в мозге человека прописывают программы, позволяющие успешно добыть пищу (получать высокую зарплату), увеличить безопасность (установить в квартире охранную сигнализацию), стать лидером в хотя бы небольшой «стае» (продвижение по службе) и т. п.

Особенно четко механизмы «вирусных» манипуляций просматриваются на примерах потребительского поведения. Представьте, к примеру, что вы смотрите фильм. Сюжет захватывает вас, герои заставляют сопереживать, вы получаете удовольствие, дофамин хлещет через край. На экране вы видите не только героев, о которых думаете в данный момент, но и, скажем, белые шторы, которые вы даже не замечаете. Тем не менее образ белых штор откладывается в памяти, ассоциируясь с дофаминовым подкреплением.

Пройдет неделя, и не исключено, что, увидев в магазине белые шторы, вы испытаете эмоциональный подъем. Далее в дело вступает рационализация: нетрудно объяснить свой сиюминутный порыв тем, что белый цвет хорошо сочетается с уже имеющейся мебелью, что его рекомендуют ведущие дизайнеры, что это модный тренд. А продавцам белых штор останется лишь сказать спасибо режиссеру и актерам, которые сделали хорошее кино.

Кстати, пример с белыми шторами взят из жизни: они промелькнули в сериале «Секс в большом городе» и продемонстрировали в соответствующем периоде значительный рост продаж.

Вызывать стойкие эмоциональные ассоциации, управлять поведением и настроением можно не только с помощью явных, осознаваемых, но и с помощью неосознаваемых звуков, запахов, визуальных образов. К примеру, в казино распыляют вещества, вызывающие легкую эйфорию, чтобы посетители верили в свой успех и ставили больше. В магазинах дорогих товаров, напротив, создают умиротворяющую атмосферу, чтобы покупатели не выходили из себя при виде высоких цен.

«Информационный шум», то есть некие сигналы органов чувств, которые мы получаем, но не осознаем, может оказывать на нас значимое влияние. Существует практика добавления к фоновой музыке в торговом зале замаскированного призыва «не кради», не воспринимаемого сознательно. Статистика подтверждает, что количество краж в этом случае сокращается. Тот же механизм лежит в основе знаменитого «25-го кадра»: мозг человека в состоянии воспринять неосознаваемый текстовый призыв, который появляется на экране всего на 0,04 секунды.

Почему нервная система с доверием относится к призывам, воспринимаемым на подпороговом уровне? Как говорилось ранее, наши решения и реакции выбора во многом являются результатом конкуренции потребностей. При этом для запуска реального поведения, как правило, требуется осознавать происходящее. Если мы получим прямой приказ покупать товар, мы будем понимать, что приказывающий ставит себя выше нас и ограничивает нашу свободу.

Участки мозга, отвечающие за иерархическое поведение и стремление к свободе, тут же щедро разразятся отрицательными эмоциями. И продавец, «хватаящий нас за полу», останется ни с чем.

Гораздо эффективнее оказывается «запустить вирус» — развесить на всех стенах симпатичные рекламные плакаты, постоянно крутить забавные телевизионные ролики... Вроде бы не слушаете и не смотрите, но ваши нейросети все равно «записывают на корочку» и в момент покупки подскажут сознанию — вот он, тот товар, который мы знаем и который уже связан с положительными эмоциями.

То ли воля, то ли неволя

Что же получается: наши предпочтения мы наследуем от родителей, наши вкусы формируют «лидеры мнений», все давно решено за нас? Вовсе нет. Богиня правосудия Фемида — олицетворение объективности и беспристрастности — изображается с завязанными глазами и весами в руках. Как и Фемида, мы зачастую не видим своих потребностей, но именно они ложатся на правую и левую чаши весов. Прислушавшись к ним, мы выбираем то, что лучше для нас.

«Предупрежден — значит вооружен», — гласит известная поговорка. Зная свои наиболее чувствительные кнопки, можно более успешно противостоять манипуляциям. В то же время порой только наши животные инстинкты способны помочь распознать обманщика: ведь древние структуры мозга зачастую работают надежнее, чем сознание самого гениального сыщика.

РОЖДЕНИЕ ГЕОХИМИИ

Г. Б. Наумов, доктор геолого-минералогических наук

«Химия и жизнь» №3, 2013

В 2013 году исполняется 150 лет со дня рождения Владимира Ивановича Вернадского (12 марта 1863 – 6 января 1945). Юбилей включен в список памятных дат ЮНЕСКО, и его отмечают не только в нашей стране.

«Корни всякого открытия лежат далеко в глубине, и, как волны бьются с разбега о берег, много раз плещется человеческая мысль около подготавливаемого открытия, пока придет девятый вал»: эти слова В. И. Вернадского в полной мере относятся к геохимии — от первого упоминания этого слова до ее признания и формирования как науки прошло больше столетия. Сегодня это важнейшая дисциплина, которая теснейшим образом связана с экологическим мониторингом и решением экологических проблем.

Впервые термин «геохимия» употребил в 1838 году швейцарский химик Христиан Фридрих Шенбейн (1799–1868). «Уже несколько лет тому назад, — писал он в 1842 году, — я публично высказал свое убеждение, что, прежде чем может идти речь о настоящей геологической науке, мы должны иметь геохимию, которая должна направить свое внимание на химическую природу масс, составляющих наш земной шар, и на их происхождение, по крайней мере, столько же, сколько и на относительную древность этих образований и в них погребенных остатков допотопных растений и животных. С уверенностью можно, конечно, утверждать, что геологи не вечно будут следовать тому направлению, последователями которого они сейчас являются. Они, для расширения своей науки, как только окаменелости не смогут достаточно служить им, должны будут искать новые вспомогательные средства и, без сомнения, тогда введут в геологию минералого-химические пути исследования. Время, когда это свершится, кажется мне не столь далеким».

Шенбейн ошибся только в одном: время его идей пришло лишь в XX веке. В XIX веке научные умы занимал многовековой спор плутонистов и непутонистов. Последние считали, что земля получила свой вид благодаря воде. Плутонисты полагали, что окружающую природу создает расплавленная горячая магма, находящиеся внутри планеты, а значит, главное в геологии — это вулканы, гейзеры, землетрясения, термы. Именно благодаря внутренним силам земли образуются горы, горные породы и ландшафты.

Немного позднее, в 1866 году, известный немецкий химик и фармацевт Карл Фридрих Мор (кстати, это он ввел понятие «нормальность раствора», разработал метод определения серебра, сконструировал бюретку и пипетку) напечатал замечательный труд «История Земли. Геология на новых основаниях». В этой книге, анализируя геологические знания своего времени, Мор с ужасом отмечал, что геологи создали свою «физику» и «химию», в которых «легчайшие тела тонут в тяжелейших средах», а пар имеет силу, «какая не снилась обычной физике». Сравнивая относительную силу двух

важных кислот, угольной и кремниевой, в различных геологических условиях, он показал, что ближе к поверхности сильнее угольная кислота, поскольку вытесняет кремниевую из ее солей. А в глубине Земли, в области высоких температур и давлений, наоборот, кремниевая становится сильнее. Это был уже вполне современный геохимический подход, основанный на эмпирических минералогических данных.

В то время ни в геологии, ни в химии не было благоприятной среды для выделения геохимических идей в отдельную дисциплину. Почва для этого медленно подготавливалась в течение десятилетий со второй половины XIX века. Не буду перечислять все события и высказывания, которые, «как волны», готовили открытие новой отрасли науки, тем более что это полно и емко сделал В. И. Вернадский в первой же части своих знаменитых «Очерков геохимии». Сама геохимия как наука родилась только в начале XX века.

Было два основных направления ее развития, которые долгое время почти не пересекались. Одно из них родилось из кристаллохимии, и его родоначальниками можно считать Минералогический институт в Гёттингене и Университет в Осло. Усовершенствовавшиеся к тому времени рентгенометрические методы позволили наконец связать свойства кристаллических веществ с их атомной структурой и положением в Периодической системе элементов. Норвежский химик и кристаллограф Виктор Гольдшмидт (1888–1947) ввел понятия об атомных и ионных радиусах, сформулировал закон изоморфизма (этот закон носит его имя), применил термодинамическое правило фаз к геологическим объектам и построил геохимическую классификацию элементов. Но самое главное — был найден инструмент исследований: им стали представления о размерах атомов и о связях между ними.

Огромную роль в формировании геохимии сыграла также Фенноскандия (географическая область, включающая Скандинавию, Кольский полуостров, Финляндию и Карелию). Ее географические и геологические особенности нацелили ученых на исследование минералов, магматических и метаморфических горных пород и тех процессов, которые происходят в более глубоких геосферах Земли, — в частности на изучение того, как перемещаются элементы в условиях градиентных значений температур и давлений. Геохимия минеральных веществ быстро вошла в геологию, а затем сделалась самостоятельной наукой. Объектами ее исследований стали минералы и все, что состоит из минералов.

Второе направление геохимии связано с именем Владимира Ивановича Вернадского, оставившего богатый архив дневников и рабочих записей, писем родным и друзьям, по которым можно проследить все этапы развития его мировоззрения. Он сформулировал идеи, к которым только сейчас подходит научная мысль. А формирование его уникального мышления началось еще в детстве.

Представление о единстве мира сложилось у подрастающего Володи под влиянием прогулок с двоюродным дядей Евграфом Максимовичем Короленко. Евграф Максимович, поклонник Вольтера, занимался наукой как любитель, в частности вдохновленный теорией Дарвина, писал сочинение о происхождении человека. В своем племяннике он нашел благодарного слушателя. «Никогда не забуду того влияния, какое имел для меня этот старик в первые годы моей умственной жизни, — писал Вернадский в 24 года жене Наталии Егоровне. — Вспоминаются мне темные зимние звездные вечера. Перед сном он любил гулять, и я, когда мог, всегда ходил с ним. Я любил всегда небо, звезды, особенно Млечный Путь поражал меня, и в эти вечера я любил слушать, как он мне о них рассказывал; я долго после не мог успокоиться; в моей фантазии бродили кометы через бесконечное мировое пространство; падающие звезды оживлялись; я не мирился с безжизненностью Луны и населял ее целым роем существ, созданных моим воображением. Такое огромное влияние имели эти простые рассказы на меня, что мне кажется, что я и ныне не свободен от них».

Ощущение единства человека и природы, идею целостности мира и одновременно

бренности всех его живых и неживых (косных) объектов Вернадский усвоил с детства и воспринимал как аксиому. Понимание взаимосвязи между самыми разными объектами природы и стремление найти эти связи стало характерной чертой всей его научной деятельности.

Окончив гимназию, В.И. Вернадский поступил на естественное отделение Петербургского университета. Позднее, в 1922 году, он вспоминал: «Университет имел для всех нас огромное значение. На первом курсе открылся перед нами новый мир, и мы все бросились страстно и энергично в научную работу». Лекции Д. И. Менделеева оказали решающее влияние на молодого студента, нацелили молодого исследователя на химическое мышление. «На его лекциях мы освобождались от тисков, входили в новый чудесный мир, и в переполненной 7-й аудитории Дмитрий Иванович, подымая и возбуждая глубочайшие стремления человеческой личности к знанию и к его активному приложению, в очень многих возбуждал такие логические выводы и настроения, которые были далеки от него самого». Отношение к лекциям Д. И. Менделеева можно оценить хотя бы по тому, что три друга, А. Краснов, В. Вернадский и Е. Ремизов, после сдачи экзаменов своему любимому профессору специально пошли в фотоателье и сфотографировались на память (рис. 1). Понимание Вернадским химии и глубокое уважение к ней зародилось в университете.

Окончив университет, Вернадский поступил на должность хранителя минералогического кабинета Императорского Московского университета. Первые же его исследования по минералогии отличались внимательным отношением к химии минералов и глубокой проработкой химизма их образования, в то время как до него упор в минералогии делали на кристаллические формы, оптические характеристики и условия, в которых нашли минерал. Его работы «Лекции описательной минералогии» (1899), «Опыт описательной минералогии» (1908) и «Минералогия» (1910) — это фундаментальные труды по химии минералов. Отсюда начался его путь в геохимию.

Как представитель точного знания, В. И. Вернадский во всех своих работах всегда старался опираться на количественные характеристики, выраженные числом и мерой. И в то же время его интересовали самые разные природные объекты. Как найти общую меру для различных природных тел: больших и малых, земных и космических, живых и косных? Масса — не информативный параметр, а морфология может быть похожа у самых разных объектов (например, облако и опухоль описывают примерно одинаково). Ответ подсказала химия минералов. «В каждой капле и пылинке вещества на земной поверхности по мере увеличения точности наших исследований мы открываем все новые и новые элементы. В песчинке или капле, как в микромире, отражается весь состав космоса». Эти слова, сказанные при открытии секции геологии и минералогии на съезде русских естествоиспытателей и врачей (1909), стали ключевыми для целой серии работ по «спектроскопии земной коры» и последовавших затем «очерков геохимии».

Итак, все элементы есть везде, но в разных количествах. И это не случайность, а проявление законов природы. «Каково бы ни было объяснение этого явления, схема рассеяния элементов очень удобна для классификации фактов». Общая мера найдена! Закономерности распределения химических элементов — вот та единая мера, которую можно применить ко всем природным телам. Этот подход объединил методы изучения и живого, и косного вещества.

В 1908 году главный химик Американского геологического комитета Франк Уиглсуорк Кларк, всю жизнь занимавшийся геологическими проблемами, свел и переработал все имевшиеся данные, в книге «*Data of Geochemistry*». Там он впервые привел статистические данные о распределении элементов в природных телах и минералах. Это было очень важно: геологические данные приобрели наконец геохимический смысл. Ведь все тела состоят из атомов, только из каких именно, определяется законами природы. Именно на этом подходе позднее были построены знаменитые лекции Вернадского, которые он читал в Коллеж де Франс в Сорбонне.

В 1924 году лекции издали во Франции на французском языке, а потом и на русском под заглавием «Очерки геохимии».

Элементный химический состав природных тел настолько показателен, что его, как выяснилось, можно использовать как один из видовых признаков, и не только для минералов и горных пород, но даже для всех живых организмов. Это оказалось единой мерой измерения, центральным ядром синтетического подхода к косным и живым объектам природы, с помощью которого можно понять, как они влияют друг на друга. А также как они влияют на процессы, происходящие в земной коре, гидросфере и атмосфере.

Если атомная геометрия применима только к минералам и природным объектам, состоящим из минералов (как в первом кристаллохимическом направлении), то такой инструмент, как изучение распределения элементов, подходит ко всему, в том числе и к живым организмам. Как горная порода состоит из минералов, которые потихоньку разрушаются, а потом превращаются в что-то другое, так и живые организмы создают сообщества, биоценозы, внутри которых одни виды питаются другими и происходит своеобразный круговорот элементов. Для анализа живых организмов с точки зрения распределения элементов Вернадский вводит новое понятие — «живое вещество».

Получилась единая система уровней организации косного и живого на планете. В минеральном веществе это минерал — порода — комплекс и т. д. В живых организмах это биологический вид — биоценоз — биотоп (участок пространства, занятый определенным биоценозом) и т. д. Но эти линии не изолированы друг от друга, между ними есть непрерывная связь. Единая мера позволяет сопоставлять химию живого и косного, исследовать круговорот элементов между ними. Это было не так важно в начале XX века, но становится особенно ценным сейчас, в современных экологических исследованиях.

С введением этих понятий открылся еще один важный аспект геохимического анализа развития нашей планеты — исторический. «Биогенные породы... идут далеко за пределы биосферы. Учитывая явления метаморфизма, они превращаются, теряя всякие следы жизни, в гранитную оболочку, выходят из биосферы. Гранитная оболочка Земли есть область былых биосфер». Все это происходит по своим законам, и, чтобы их узнать, надо изучать распределение элементов в природных объектах, их изменения в пространстве и во времени. Говоря о своем понимании геохимии, В. И. Вернадский писал: «Я подошел к новому для меня и для других и тогда забытому пониманию природы — геохимическому и биогеохимическому, охватывающему и косную и живую природу с одной и той же точки зрения. Подходя геохимически к изучению геологических явлений, мы охватываем всю окружающую нас природу в одном и том же атомном аспекте».

К пониманию этого Вернадский шел в течение многих лет упорной работы. Только в 1916 году он завел специальную папку для рабочих материалов по живому веществу, которые легли в основу его фундаментальной работы «Биосфера», вышедшей из печати в 1926 году, — для того, чтобы идеи выстроились в теорию, понадобился не один десяток лет.

Современная геохимия

За последние два десятка лет геохимия помогла получить ответы на самые разные принципиальные вопросы. Заметим, что сегодня эта наука исследует распределение не только элементов, но также отдельных изотопов.

Когда на Земле появилась жизнь?

Древнейшие палеонтологические остатки имеют возраст 2,8 млрд. лет. Еще более древними (3,2 млрд. лет) считают некоторые образования, по форме напоминающие микроорганизмы. Но и в еще более древних породах находят углеродистые соединения — какого они происхождения? Может быть, это остатки микропланктона? Соотношение изотопов углерода $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ позволяет отличить углеродистые соединения

органического происхождения от минеральных. Сегодня возраст следов, которые ученые расценивают как биологические, достигает 3,8 млрд. лет. В таком случае жизнь примерно на 0,8 млрд. лет моложе самой нашей планеты.

Когда на Земле появилась вода?

В Западной Австралии (Джек Хиллс) найдены окатанные цирконы, которые считаются старейшими в мире. «Окатанные» — значит на них воздействовали текущие воды и лед. Возраст цирконов — 4,4 млрд. лет — установлен уран-свинцовым методом радиоизотопного датирования (циркон содержит уран в следовых количествах). Получается уже тогда на Земле была вода? По соотношению изотопов кислорода $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ в составе силиката циркония ZrSiO_4 (основного компонента циркона) можно судить о том, в каких условиях формировались кристаллы. Установив это соотношение, ученые сделали вывод, что действительно на поверхности Земли уже тогда, больше 4 млрд. лет назад, была вода («Nature», 2001, 409, 6817, 175–178, doi:10.1038/35051550, 178—181, doi:10.1038/35051557). Этот вывод был подтвержден и другими методами.

Но возраст самой Земли оценивается в 4,5 млрд. лет, когда она возникла путем аккреции (слипания) частиц протопланетного диска. Результаты исследования австралийских цирконов подтверждают, что гидросфера и атмосфера Земли возникли в фазу аккреции, почти одновременно с самой Землей. Кстати, ученик В. И. Вернадского геохимик К. П. Флоренский обосновал это еще в 1965 году.

Как образовались рудные месторождения?

Много лет ученые спорят о том, какова роль мантии Земли в формировании рудных месторождений. Существовало предположение, что потоки флюидов (в геологии флюид — это жидкие и газообразные легкоподвижные компоненты магмы или растворы, циркулирующие в земных глубинах) прорываются из мантии на поверхность и именно из них образуются полезные ископаемые. В 2012 году были опубликованы собранные в Институте геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского данные статистического анализа многих тысяч определений, по которым можно судить о том, сколько воды во флюидных включениях магматических пород. Эти цифры, полученные в различных лабораториях мира, говорят о том, что мантия — сухая: содержание воды в мантийных породах менее одного процента. Иными словами, вода, равно как и соединения хлора, — это вещества, содержащиеся преимущественно в земной коре, но не в мантии. А значит и те флюиды, из которых потом образуются рудные месторождения, — не мантийного, а более поверхностного происхождения.

Причина потепления

Исследование льдов Антарктиды позволило восстановить температуру и содержание CO_2 в атмосфере Земли за последние 800 тысяч лет. Корреляция этих двух параметров очень хорошая — чем теплее, тем больше в атмосфере CO_2 . Никаких техногенных выбросов тогда, естественно, не было. Тем не менее на Земле случались периоды и более теплые, и более холодные, чем сейчас, и содержание CO_2 в атмосфере поднималось выше современного и опускалось ниже. Все эти колебания, очевидно, не связаны с человеческой деятельностью. Но что из этих двух параметров причина, а что следствие?

Если рассмотреть начала подъема кривых, то можно заметить, что содержание углекислоты в атмосфере следует за подъемом средней температуры. Это говорит о том, что сначала происходит потепление и только потом растет концентрация углекислого газа. Дело в том, что в Мировом океане углекислоты растворено в 60 раз больше, чем во всей атмосфере, и повышение температуры океана уменьшает его буферную емкость. Поэтому, возможно, причина нынешнего потепления не парниковый эффект, а возросшая активность Солнца — споры ученых на эту тему продолжаются.

Но это еще не все. Постоянная сменяемость любых природных объектов (организмы рождаются и умирают, минералы и горные породы зарождаются, растут и разрушаются) привела Вернадского к идее геохимических циклов. В вечный круговорот включены все

элементы земной коры, только скорость этих круговоротов различна. У каких-то элементов циклы могут исчисляться годами, у других сотнями, миллионами и даже миллиардами лет. Элементами обмениваются не только твердые, жидкие и газовые оболочки земной коры, но и живые и неживые (косные, по терминологии Вернадского) природные тела.

Свои идеи Вернадский сформулировал и опубликовал в то время, когда происходила дифференциация науки — возникали все новые и новые научные дисциплины: физическая химия, химическая физика, электрохимия и прочие. Поэтому в начале XX века синтетическое мышление Вернадского, объединяющее все, было просто непонятно.

К тому же в Советском Союзе на все смотрели через призму марксистско-ленинской догмы. В 1932 году академик А. М. Деборин, главный редактор журнала «Под знаменем марксизма», подвел итог: «Все мировоззрение В. И. Вернадского, естественно, глубоко враждебно материализму и нашей жизни, нашему социалистическому строительству». Малая советская энциклопедия 1934 года так характеризовала Вернадского: «По своему мировоззрению — сторонник идеалистической философии; в научных работах проводит идеи «нейтрализма» науки, выступает в защиту религии, мистики, «исконности жизни и живой материи» и ряда виталистических и антиматериалистических концепций, отрицая материалистическую диалектику».

Но даже если отбросить идеологические нападки советских ортодоксальных марксистов, идея взаимосвязи косного и живого не нашла понимания среди геохимиков. В 1929–1930 годы во время заграничной поездки, Вернадский вел переговоры о создании международного журнала по геохимии. Саму идею журнала поддержали, но крупные европейские геохимики Виктор Гольдшмидт, Вильгельм Эйтель и другие видели эту науку только как химию косного вещества планеты. Они не отдавали должного роли живого вещества в эволюции планеты, считали, что изучение живого — прерогатива биологов и геохимикам здесь делать нечего. Даже ближайший ученик и сподвижник А. Е. Ферсман до конца не воспринял этих идей: в своей статье «Успехи минералогии и геохимии за 25 лет Советской власти», перечислив 13 основных направлений развития геохимии, он вообще не упомянул биогеохимию.

Не случайно в 1931 году ученый записал в своем дневнике: «Царство моих идей впереди». Для научных идей, как и для растений, нужна подходящая почва, которая зреет постепенно, по мере накопления нового научного знания. Положение начало меняться только в конце прошлого века — ученым стало ясно, что для понимания глобальных геологических явлений одной физики и химии совершенно недостаточно.

Сейчас уже нет сомнения, что живое вещество оказывало кардинальное влияние на формирование и развитие всей земной коры. Достаточно напомнить, что все карбонатные породы (толщи известняков, мрамора) имеют биогенное происхождение, то есть в основе — кальциевые скелеты биоты. Практически весь свободный кислород атмосферы возник в результате фотосинтеза, то есть результат действия живого вещества. Например, сегодня кислород образуется с такой скоростью, что его количество в атмосфере может удвоиться всего за 4000 лет (если бы он не расходовался на окисление). В некоторые предыдущие эпохи эта скорость могла быть еще больше.

В процессах фотосинтеза растения ежегодно используют 430 млрд. тонн воды, причем выделяющийся кислород берется именно из воды (а углекислый газ превращается в органические вещества). Поэтому вся вода современной гидросферы могла бы пройти через биосферу за 3,2 млн лет. Следовательно, с начала кембрийского периода (около 542 млн лет), вся гидросфера могла пройти через фотосинтез 180 раз. Залежи углей, нефти и газа, массы углеродистых сланцев теснейшим образом связаны с накоплением умерших живых организмов.

Сегодня геология под влиянием новых геохимических данных постепенно переходит от упрощенных линейных моделей развития земной коры к пониманию взаимосвязи

разновозрастных природных образований. Ученые начинают рассматривать последовательные природные события как единую систему, в которой происходит неоднократное перераспределение химических элементов. Например, «бездонные» гранитные массивы, уходящие в глубь Земли (их называют батолиты), оказались не внедрившимися, а образовавшимися горными породами — они возникли после преобразования осадочных пород. Так подтверждается взаимное влияние косного и живого вещества. Теория геохимических циклов В. И. Вернадского объединила не только отдельные геологические тела, но и целые геосферы. Ведь огромные массы кристаллических пород земной коры оказались «областью былых биосфер».

Итак, в развитии геохимии хорошо прослеживаются два направления, которые в конце концов сливаются в один общий поток. Первое направление, его можно назвать гёттингенским, родилось из кристаллографии. Основным его инструментом стало представление об атоме, его геометрии и структуре, а также пространственном взаимодействии атомов, из которых состоит кристаллическое тело. Основной объект — минерал и все тела, состоящие из минералов.

В основе второго направления, созданного В. И. Вернадским, лежит другой подход, позволяющий измерять и описывать абсолютно все природные объекты. Это распределение составляющих их элементов, в котором отображается специфика самого объекта и история его образования. Здесь объектом исследования может быть любое природное тело: косное и живое, земное и космическое.

И самое главное: сейчас этот инструмент становится рабочим орудием экологического мониторинга и решения экологических проблем. Мониторинг — это только анализ, который, как и в медицине, выявляет отклонения от нормального распределения элементов. Это констатация факта, а не лечение. А методы «лечения» аномальных экологических обстановок предлагают геохимия и биогеохимия. Преимущества последней в более быстрых процессах перераспределения элементов, но в строгом соответствии с законами миграции. Их надо изучать, знать и разумно применять при экологической «терапии» и «хирургии». Принцип «не навреди» из медицины переходит в биогеохимию и экологию.

Настало время объединения разных направлений геохимии. Оно идет очень медленно, поскольку процесс этот еще не вполне осознан. Как только все поймут, что это объединение носит не исключительный, а общий характер, процесс ускорится. Ведь механика Эйнштейна не исключает механику Ньютона, а геометрия Лобачевского — Евклидову геометрию. Просто для решения разных вопросов нужны разные подходы и разные инструменты. Сейчас, когда перед человечеством встают проблемы устойчивого развития цивилизации, геохимия и биогеохимия становятся важнейшими дисциплинами, которые могут помочь отдельным территориям выжить.

Владимир Вернадский

Человечество далее не может стихийно строить свою историю, а должно согласовывать ее с законами биосферы, от которой человек неотделим. *В. И. Вернадский*

Так кто же такой Владимир Вернадский? Минералог? Геолог? Естествоиспытатель? Историк науки? Минералог, геолог, естествоиспытатель, историк науки, но, может быть, главное — мыслитель, идеи которого намного опередили свое время. Только сейчас они становятся востребованными и помогают нащупать пути гармоничного существования человека и природы.

Уже один перечень опубликованных им работ показывает широту интересов Вернадского. Но это не интерес дилетанта. В каждое из направлений он внес новое. Именно их совокупность создает ту неповторимую целостность и новизну, что были свойственны его идеям.

«Десятилетиями, целыми столетиями будут изучаться и углубляться его гениальные идеи, а в трудах его — открываться новые страницы, служащие источником новых исканий; многим исследователям придется учиться его острой, упорной и отчеканенной,

всегда гениальной, но трудно понимаемой творческой мысли; молодым поколениям он всегда будет служить учителем в науке и ярким образцом плодотворно прожитой жизни», — так писал о Вернадском академик А. Е. Ферсман. То, что когда-то было «трудно понимаемо», сейчас не только приобретает свой ясный смысл, но и указывает пути научного поиска.

Фундаментальный труд Вернадского «Очерки геохимии» (курс лекций, который он прочитал в Сорбонне) начинается такими словами: «Мы живем на повороте в удивительную эпоху истории человечества. События чрезвычайной важности и глубины совершаются в области человеческой мысли. (...) Никогда в истории человеческой мысли идеи и чувства единого целого, причинной связи всех научно наблюдаемых явлений не имели той глубины, остроты и ясности, какой они достигают сейчас в XX столетии». Позднее, на Международном геологическом конгрессе в 1937 году, он развил эту мысль дальше: «Мы живем в эпоху, когда человечество впервые охватило в бытии планеты всю Землю. Биосфера... перешла в новое состояние — в ноосферу».

Это глубокое ощущение целостности мира во всех его проявлениях — один из базисных постулатов Вернадского, — его взгляда, или методологии, которую на современном научном языке мы назвали бы системной. Его интересовало все. От атома до космоса. Кроме того, он ко всему стремился подойти количественно — с числом и мерой. Иными словами, Владимир Иванович не ограничивался общими рассуждениями, он подчеркивал, что «столь общее и древнее стремление научного мирозерцания выразить все в числах, — искание кругом простых числовых отношений проникло в науку из самого древнего искусства — из музыки... С тех пор искание гармонии (в широком смысле), искание числовых соотношений является основным элементом научной работы».

Воспринимая природу как единое целое, В. И. Вернадский пришел к новому, системному взгляду на взаимодействие живого и косного (то есть образующегося без участия живых организмов) вещества земной коры. Он утверждал, что не только минеральная среда влияет на развитие организмов, но и организмы в целом определяют формирование горных пород твердой оболочки Земли. Например, появление организмов с кальциевым скелетом положило начало массовому отложению известняков.

Весь кислород современной атмосферы — биогенного происхождения. Формирование наземного растительного покрова внесло новые принципиальные изменения в биогеохимические циклы. (Сейчас эти постулаты действительно подтвердились.) Анализ системы в целом привел ученого к формулировке нового учения — учения о биосфере.

Проанализировав то, что происходило в биосфере (совокупности живого и косного вещества) в количественном выражении на протяжении всей геологической истории ее развития, Вернадский наметил два фундаментальных принципа, определяющих направление ее развития:

1. Эволюция биосферы идет в сторону постоянного ускорения миграции элементов в биогеохимических циклах.

2. В результате жизни «происходит увеличение действенной энергии», поскольку при превращениях косного вещества энергия рассеивается (второй принцип термодинамики), а в живом веществе она накапливается.

И действительно скорости изменения минералов и горных пород земной коры исчисляются годами, столетиями и еще более длительными отрезками времени. Это видно даже по скорости изменения рельефа. Живые организмы значительно ускоряют обмен веществ между твердой, жидкой и газовой оболочками нашей планеты, что хорошо видно в простейших биогеохимических циклах. Например, еще со школьной скамьи нам знаком круговорот воды в природе. Однако на самом деле в круговорот вовлечены все элементы. Разрушающиеся горные породы образуют осадки. Погружаясь в недра, они уплотняются и превращаются (метаморфизуются) в кристаллические

сланцы и гнейсы, а частично расплавляясь — в магмы. При образовании гор превращения идут в обратном направлении (регрессивный метаморфизм).

Вернадский показал, что в реальной природе эти два процесса (в косном и живом веществе) тесно связаны между собой. В результате возникла новая наука — биогеохимия. В своей работе «Два синтеза космоса» он указывал на то, как по-разному анализируют природные явления различные дисциплины. Физика или механика подходят к ним отвлеченно: все сводится к представлениям о телах, энергии, квантах, электронах, силовых линиях, вихрях или корпускулах. Эта абстракция — удобная форма научной работы, но она не охватывает мир полностью, не проникает во все области естествознания. Подобная схема строения мира слишком рационалистична, ее создал человеческий разум в отрыве от многих других природных реалий.

Другой подход — представления натуралиста, которые включают важный элемент «живого», отсутствующий в понятиях физика. Такой подход тоже научен, и он гораздо ближе, понятнее нам и более пригоден для анализа окружающих нас природных явлений. Но и этот метод несовершенен, как и геометрические схемы физиков, хоть в них и меньше абстрактных построений. Второй подход дает нам другие стороны космоса. «В науке нет до сих пор ясного сознания, что явления жизни и явления мертвой природы, взятые с геологической, то есть планетарной точки зрения, являются проявлениями единого процесса», — констатировал Вернадский. Мы не можем и не должны забывать о существовании этих двух несовместимых представлений о природе.

Проанализировав результаты геологических процессов и человеческой деятельности, Вернадский понял, что человек постепенно становится «геологической силой». Многие действия человека и их последствия давно стали соизмеримыми с естественными геологическими явлениями. Достаточно напомнить, что среднегодовое извержение лав на дне океанов и на суше — около 50 км^3 и 15 км^3 , снос твердого материала с поверхности суши — около 25 км^3 . В то же время человек в среднем перемещает за год около 100 км^3 материала — это разработка полезных ископаемых, строительные, дорожные и другие подобные работы.

Сложнее, когда человеческая деятельность локализуется на ограниченных территориях. Так, на Курильских островах протяженностью 1200 км 32 вулкана с 1930 по 1963 год извергли $2,6 \text{ км}^3$ вулканического материала, или $0,08 \text{ км}^3/\text{год}$. На месторождениях Кривого Рога (75 км, 7 карьеров, 8 подземных рудников) с 1953 по 1991 год было добыто не менее $2,2 \text{ км}^3$ горных пород, или $0,06 \text{ км}^3/\text{год}$. Величины близкие, но пространства разные.

Совершенно ясно, что «человек далее не может стихийно строить свою историю, а должен согласовать ее с законами биосферы, от которой он неотделим». Это фундаментальный закон, который формулирует Владимир Иванович. Как логическое его продолжение, он вводит понятие «ноосфера» и дает ее основные характеристики. Ноосфера — этап эволюции биосферы, когда оно становится геологической силой. То есть разумная человеческая деятельность, оказывающая глубокое воздействие на природные процессы, определяет все развитие общества. «Ноосфера есть новое геологическое явление на нашей планете. В ней ... человек ... может и должен перестраивать своим трудом и мыслью область своей жизни, перестраивать коренным образом по сравнению с тем, что было раньше. Перед ним открываются все более и более широкие творческие возможности. И может быть, поколение наших внуков уже приблизится к их расцвету», — писал Вернадский в своей статье «Биосфера и ноосфера».

В его рабочих материалах к фундаментальному труду «Научная мысль как планетное явление», вышедшему уже после его кончины, мы находим такие записи: «Человеческий разум... не является формой энергии, а производит действия, как будто ей отвечающие». И действительно, ставя запруды на реке и подавая воду на лопасти

турбины, мы создаем электроэнергию и передаем ее на расстояние. Все это сделал человеческий разум по мере накопления новых знаний, новой информации. Теперь мы бы сказали, что информация не является энергией и не создает энергию, но меняет направление и плотность ее распределения в пространстве и во времени.

Вернадский прекрасно понимал, что научные открытия можно использовать в самых разных целях и это зависит только от людей. «Сумеет ли человек воспользоваться этой силой, направить ее на добро, а не на самоуничтожение? Дорос ли он до умения использовать эту силу, которую неизбежно должна дать ему наука?»

Ученые не должны закрывать глаза на возможные последствия их научной работы, научного прогресса. Они должны себя чувствовать ответственными за все последствия своих открытий».

Есть древняя притча.

Путник на перекрестке дорог увидел старика и спросил его:

— Далеко ли до Сиракуз? Старик, недолго думая, ответил:

— Иди.

— Да я тебя спрашиваю: далеко ли до Сиракуз?

— Иди.

Когда он в третий раз услышал тот же ответ, махнул рукой и пошел. И вдруг услышал:

— Через два часа ты будешь в Сиракузах.

— Так что же ты раньше не сказал?

— Мне надо было посмотреть, какой дорогой и с какой скоростью ты пойдешь. Если бы ты пошел не этой, а другой дорогой, я бы сказал: «Ты никогда не придешь в Сиракузы».

Основная заслуга В. И. Вернадского в том, что он указал миру верный путь, по которому мы должны двигаться, чтобы найти гармонию с окружающей нас природой. Никакие политические, экономические и технические подходы к решению экологических проблем не могут дать эффективных результатов без учета законов развития биосферы. Будущее человечества зависит от того, как скоро оно это поймет и примет на себя ответственность за развитие не только общества, но и биосферы в целом.

ЧТО ТАКОЕ УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ.

А. С. Ермаков, кандидат биологических наук

Д. С. Ермаков, доктор педагогических наук

«Химия и жизнь» №11, 2012

«Вы катаетесь на «кадиллаках»!»

В 1992 году, в разгар «отпуска цен» и гайдаровской «шоковой терапии», один из авторов этой статьи обретался в Доме аспиранта и стажера (ДАС) Московского государственного университета на улице Шверника. Обитатели легендарной университетской общаги переживали не лучшие времена. Впрочем, не только ДАСовцы, но и процентов девяносто пять граждан России бедствовали. Месячной зарплаты в том году хватало примерно на килограмм колбасы, а инфляция составляла несколько тысяч процентов в год.

И вот однажды ДАС облетела сенсационная весть: скоро состоится встреча с мистиками и духовно продвинутыми людьми, которые объяснят нам, как надо правильно жить! В условный час ДАСовский кинозал был забит студентами, голодными и бедными, но желающими развиваться духовно и узнавать Истину, одним словом, «просветлиться», как говорили в те годы.

Молодые ребята вынесли на сцену большой телевизор, подсоединили к нему

видеомагнитофон, вставили кассету. Один из старших учеников Великого учителя пояснил, что с помощью этой кассеты учитель сейчас обратится ко всем сидящим в зале. Слушать надо предельно внимательно, потому что Великий учитель настолько велик и духовен, что сможет обратиться через телевизор именно к нам!

На экране нарисовался мускулистый загорелый мужчина европейского вида с благообразным выражением лица, в желтых одеждах и цветочном ожерелье. С места в карьер он принялся за обличение язв потребительского общества: «Посмотрите на себя! Посмотрите друг на друга. Посмотрите на сидящих рядом с вами! Вы одеваетесь в дорогие костюмы! Вы обедаете в дорогих ресторанах! Вы едите экзотические деликатесы!»

Студентов потихоньку начало трясти от смеха. «Вы катаетесь на дорогих машинах! На "кадиллаках"!» — таким безапелляционным заявлением Великий гуру еще больше подзадорил слушателей. Прикормленные сектантами старшие ученики засмутились, поняв, видимо, что для данной аудитории столь яростная критика потребительских излишеств не очень актуальна.

«А теперь посмотрите на тех людей, с которыми вы дружите! Вот видите — вы дружите только с теми, кто ездит на дорогих машинах! Ведь вы же никогда не станете дружить с человеком, у которого нет машины, или с теми, кто ездит на дешевых машинах! Признайтесь самим себе! Вы ведь никогда не станете дружить с такими людьми!»

Истерический хохот заполнил ДАСовский кинозал. После этой коронной фразы какое-либо серьезное отношение к Великому гуру было, конечно, уже невозможно.

Та анекдотическая история давно стала университетской легендой. Годы идут. Шоковая терапия и эпоха Б. Н. Ельцина теперь в далеком прошлом. Страна встретила рыночный мир, потихоньку нарождается средний класс. И сейчас начинаешь понимать, что видеолекция того Великого гуру вовсе не была бы смешной, проводи он ее сегодня для офисных работников или менеджеров какой-нибудь крупной компании. Оголтелое потребление, презрение к малоимущим, понты с дорогими машинами и взаимное отчуждение людей — все это стало привычным и в России.

Казаться круче других, а для этого иметь больше, чем другие, — вот лейтмотив современного капитализма. Достойный член общества обязан потреблять — это не горькая ирония антиутопий, таких как «О дивный новый мир», а объективная реальность (или то, что считается таковой). Потребление стимулирует производство, рост производства прямо связан с экономическим благополучием... Но ведь для производства требуются материальные ресурсы. Правильно ли это — без усталости гнаться за излишествами, и как долго планета выдержит наши над ней измывательства?

Над этими вопросами давно уже задумываются умные головы на Западе, а теперь, в связи с недавней победой рыночного капитализма в России, они стали актуальны и для нас. Концепция, предлагающая совместить современную экономику, человека, общество и природу, создав гармоничное единое и устойчивое целое, называется устойчивым развитием. Термин этот широко используется в последнее время.

Человек неустойчивый

Что же это такое — устойчивое развитие? К чему привел наш социальный и технический прогресс и к чему приведет он в будущем?

Разберемся для начала, каковы особенности неустойчивости развития человечества на нашей планете. Мир развивается экономически, люди богатеют, появляются возможности для обучения, творческой самореализации. Казалось бы, что в этом может быть плохого? Но одновременно с этим наблюдаются и негативные тенденции: усиливается разделение на бедных и богатых, истощаются невозобновляемые природные ресурсы, что приводит к возникновению конфликтов, беднеют флора и фауна.

Сама проблема неустойчивости появилась далеко не вчера. Есть основания полагать, что примерно 12 тысяч лет назад, в позднем плейстоцене, племена охотников и

собираателей серьезно истощили природные запасы. В результате исчезли с лица Земли многие виды животных, в том числе представители так называемой мегафауны — мастодонты, гигантские ленивцы, мамонты, шерстистые носороги и другие огромные млекопитающие, служившие источником мяса для наших предков.

В течение последующих тысячелетий люди разрушили окружающую среду еще сильнее, особенно после изобретения плуга и вспашки земли. Уничтожались леса, почвы подвергались эрозии. Во времена Римской империи происходила массовая вырубка лесов для постройки мощного средиземноморского флота, огромные земельные наделы шли под распашку и выпас скота.

В Новое время произошла демистификация природы — ее стали воспринимать как механистическую совокупность неодушевленных объектов, а человека перестали считать ее частью. О том, что человек принципиально отличается от всех остальных объектов природы, писал, например, Рене Декарт в своих философских трудах. Такой рационалистический редукционизм привел также к механистическому пониманию человеческого тела и отрицанию болезней как «кары Господней». Труды Адама Смита положили начало пониманию экономики как самостоятельной сферы деятельности, а развитие экономического производства в XVIII–XIX веках привело к удовлетворению материальных потребностей значительного числа людей. Население планеты быстро выросло — от 760 миллионов в 1750 году до 1 миллиарда в 1800-м.

Однако за этот прогресс природе пришлось заплатить немалую цену. Естественные ландшафты разрушались, а загрязнение окружающей среды отходами промышленного производства росло стремительно. В конечном счете, столь стремительное экономическое развитие может ударить и по самим людям.

Яркий пример последствий человеческой жадности — так называемые огораживания в Англии XV–XIX веков, во времена становления и активного развития мануфактурной промышленности. В Англии научились изготавливать сукно из овечьей шерсти очень хорошего качества, оно пользовалось большим спросом. Сукна требовалось всё больше. Овец стали усиленно разводить, понадобились новые пастбища. Помещики начали сгонять крестьян с земли, которую они обрабатывали. «О овцы, такие ручные и неприхотливые в еде. Они становятся настолько жадными и необузданными, что они поглощают самих людей...» — писал выдающийся английский мыслитель Томас Мор в 1516 году. Огораживания привели к тяжелой гуманитарной катастрофе и спровоцировали несколько восстаний.

Промышленно-экономическое развитие было столь стремительным, что в Европе произошло несколько революций. В 1930-х годах случилась Великая депрессия в США, и этот кризис капитализма явственно показал, что существует связь между экономическими, социальными и экологическими проблемами. Массовая эрозия почв и пыльные бури превратили в нищих и бездомных тысячи фермеров в США, а закрытие фабрик и заводов вышвырнуло на улицы толпы голодных рабочих.

В XX веке увеличилось потребление энергии, выросло число электростанций, в том числе использующих ядерную энергию. Чернобыльская авария 1986 года привела к серьезным загрязнениям окружающей среды, а также вызвала волну демократического экологического движения в СССР. Еще одна проблема современности — автомобили, которых становится всё больше и которые вносят вклад в глобальное потепление и загрязнение окружающей среды. Итак, в XXI век мы вступили с огромным количеством проблем и в очень неустойчивой ситуации.

История идей устойчивого развития

Неверно было бы думать, что человечество забеспокоилось об этом только сейчас. У идей устойчивого развития долгая история. В XVII веке английский философ Джон Ивлин (1620–1706) в книге «Сильва, или Рассуждение о лесных деревьях» указывал на то, что леса в Англии исчезают и необходимо их восстанавливать. Его немецкий современник Ганс Карл фон Карловиц (1645–1714), которого иногда называют отцом-

основателем лесоводства, развил эту идею в труде «*Silvicultura Oeconomica*» и аргументированно показал необходимость «устойчивого» типа лесопользования: люди не должны рубить больше древесины, чем вырастает.

Томас Мальтус (1766–1834) подсчитал, что производство пищи не поспевает за увеличением населения и что, если население будет увеличиваться прежними темпами, настанет момент, когда начнется массовый голод. Иеремия (Джереми) Бентам (1748–1832) был более оптимистичен, он полагал, что технологический прогресс и более эффективное устройство бюрократической системы решат эту проблему.

Эдвин Чедвик (1800–1890) предложил для борьбы с распространением заболеваний создать структуру утилизации мусора и канализацию, мыть улицы. Его идеи повлияли на становление городской инфраструктуры.

В конце XIX века появляется наука термодинамика, и становится очевидным, что расходовать энергию надо экономно. В это же время Эрнст Геккель (1834–1919) создает и разрабатывает науку экологию, доказывающую, что все в этом мире взаимосвязано и деятельность человека может негативно сказаться на природе, а потом рикошетом ударить по нам самим. Огромный вклад в понимание глубинной взаимосвязи всего живого и геохимических процессов внес наш соотечественник В. И. Вернадский (1863–1945), разработавший учение о биосфере — оболочке Земли, заселенной живыми организмами, находящейся под их воздействием и заполненной продуктами их жизнедеятельности.

В первой половине XX века Гиффорд Пиншот (1865–1946) и Олдо Леопольд (1887–1948) показали, что природные системы имеют определенную производительность и это необходимо учитывать при разработке природных ресурсов, например, в лесном хозяйстве.

Коренной перелом в отношении к проблеме ограниченности ресурсов в общественном сознании произошел в 1972 году, когда Римскому клубу был представлен доклад «Пределы роста» (Деннис Медоуз с соавторами). Анализ результатов компьютерного моделирования показал именно то, о чем писали мыслители предыдущих веков: мы не можем бесконечно расширяться физически, все так же неразумно расходуя ресурсы и выдавая отходы, как мы это делали раньше. В модели использовались пять параметров, каждый из которых влиял на другие, — численность населения Земли, индустриализация, производство продуктов питания, объем природных ресурсов и загрязнение окружающей среды.

В 1992 году на Конференции ООН в Рио-де-Жанейро представители 179 стран признали, что современный мир находится в неустойчивом состоянии, что ситуация с бедностью, голодом, необразованностью и разрушением экологических систем только ухудшается и все это скажется на условиях нашего существования. Все эти проблемы признает основной документ, принятый на этой конференции, — «Повестка дня на XXI век». На международном уровне было признано, что человечество встало перед необходимостью перехода от неустойчивого развития к устойчивому.

«Повестка» призывает человечество задуматься над тем, как нам жить в гармонии с окружающим миром, так, чтобы люди были здоровы, сыты, могли развиваться творчески. Эти цели не должны противоречить сохранению окружающей среды, биоразнообразия. Каждый может внести посильный вклад — неправительственные организации, местные власти, трудящиеся и профсоюзы, женщины, дети и молодежь.

Западная модель развития и ее критика

Тип мировоззрения, которого придерживается большинство людей в развитых странах, можно назвать потребительской (западной) моделью. При этом за образец для подражания берутся развитые капиталистические страны, в первую очередь США и страны Западной Европы. Критерием прогресса считается экономическое развитие, и развитие общества понимается как взятие все новых и новых экономических и технологических высот, а главное мерило достижений — уровень потребления (валовой

внутренний продукт на душу населения). Западный человек рождается и живет для того, чтобы потреблять.

Модель устройства стран Западной Европы и особенно США в данном типе мировоззрения позиционируется как образцовая государственно-экономическая модель. Основной задачей развития для развивающихся стран видится копирование элементов устройства и достижение экономического уровня развитых стран, а дальше все проблемы как бы решаются сами собой. При этом в основе успеха Запада лежит, в том числе, и эксплуатация ресурсов остального мира. Но правильно ли это?

По-видимому, неправильно. Во-первых, прогресс понимается очень примитивно, как владычество человека над природой. Ради собственной выгоды люди уничтожают леса, чтобы расчистить место для полей, «пожирают» уголь, нефть и газ и считают это прогрессом. На природу смотрят лишь как на инструмент, а ведь она сама по себе — ценность!

Во-вторых, главное в западной модели — экономический рост, именно он считается признаком правильного развития. Такой подход был продуктивен, когда капитализму было куда распространяться. История развития капитализма (несколько последних веков) — это история присоединения все новых территорий и людей к растущей системе. После падения СССР крупных территорий, не включенных в мировую капиталистическую экономику, не осталось.

В-третьих, такая модель предполагает, что личное потребление — главное в жизни. А ведь важно не только то, сколько человек потребляет, но и чем и как он живет, то есть каково — в отличие от уровня — качество его жизни.

В-четвертых, нельзя забывать, что в основе успехов Запада лежит эксплуатация ресурсов всего мира, и прежде всего, развивающихся стран, которые по этой причине бедны и зависимы. При таком мировоззренческом подходе бедность понимается как результат недостаточной причастности стран третьего мира к Западу, а на самом деле — как раз наоборот.

В-пятых, западная модель не учитывает, что если все попытаются скопировать Запад, то ресурсов планеты может не хватить. Представим себе фантастическую ситуацию: для обеспечения потребности каждого китайца тратится столько же нефти, сколько на американца. Количество нефти, которое для этого необходимо, превысит мировую добычу.

Концепты устойчивого развития

Теория устойчивого развития и много, и мало, а может быть, пока и нет. На сегодняшний день концепция устойчивого развития представляет собой конгломерат философских, экологических, социально-политических, экономических, технических и прочих идей, не отличающихся единством. По данным зарубежных исследований, концепт «устойчивое развитие» объединяет 57 дефиниций, 19 принципов, 12 критериев, 4 концепции, 9 стратегий, 28 перечней индикаторов. Отечественная наука привносит сюда идеи русского космизма, гипотезу о ноосфере, коэволюцию общества и природы и универсальный эволюционизм, теорию биотической регуляции. При этом ряд ученых критикует саму постановку вопроса об устойчивости развития — развитие предполагает изменение, а устойчивость, напротив, — стабильность. Другие ставят под сомнение адекватность перевода *sustainable development* (точнее было бы «поддерживаемое» или «самоподдерживающееся развитие»).

Существующие подходы, или, пользуясь модным термином, концепты, можно разделить на две группы — финалистические и прогрессивные.

Первые, естественно-научного характера, прибегая в основном к математическим расчетам и моделированию, показывают, что не только устойчивого, но и вообще никакого развития для человечества в скором времени уже не будет, поскольку антропогенное воздействие на окружающую среду превысило допустимые границы. Наряду с уже упоминавшимся сенсационным докладом «Пределы роста» сюда следует

отнести «теорию биотической регуляции» В. Г. Горшкова с сотрудниками («*Ecological Complexity*», 2004, 1, 17–36). Согласно этой теории, вид *Homo sapiens* должен подчиниться биосферным процессам, сократив свою численность до величин того же порядка, что и у других млекопитающих аналогичного размера. По мнению авторов, человечество десятикратно превысило свою долю в биопотреблении. Необходимо или срочно сократить население до 600 миллионов при существующем потреблении энергии, или урезать потребление в 10 раз и сократить население до 1,5 миллиарда. В любом случае потребуются планетарный контроль рождаемости. Результаты глобального моделирования, полученные украинскими исследователями (Згуровський М. З., Маторина Т. А., Прилуцький Д. О., Абросьюн Д. А., Системні дослідження та інформаційні технології. 2008. № 1, с. 7–32), демонстрируют существование в последние 2–3 тысячи лет неких волн развития человечества. Их цикличность определяется умножением 85–87 (в среднем) лет на последовательные числа Фибоначчи n . Продолжительность каждого очередного цикла меньше, чем у предыдущего, и в XXI веке закончится последний такой цикл, для которого $n = 1$!

Такие подходы выполняют свою алармистскую, предупредительную функцию, однако, поскольку они опираются на формальные модели, но не на саму реальность, едва ли они могут служить теоретической основой практики устойчивого развития.

Вторая группа концептов (экологическая модернизация, глобальный эволюционизм, ноосферогенез и проч.) рассматривает устойчивое развитие как альтернативу «конца истории». Эволюция человечества не завершается, а, напротив, находит новое дыхание, новые горизонты. Каковы же они?

Очевидно, проблема заключается не в объеме ресурсов, а в управлении ими. Современный экологический кризис — это прежде всего кризис управления. Если на заре человеческой цивилизации для пропитания одного человека было необходимо несколько десятков, а то и сотен гектаров земли, то сейчас (так показывает индикатор величины давления на окружающую среду «экологический след», который рассчитывается по особой методике) для этого достаточно около 2 га. Дело не в количестве, а в качестве, эффективности распоряжения тем, что у нас есть.

Долгое время считалось (как было показано выше, считается и по сию пору), что универсальным средством управления является рынок, основанный на частной собственности и конкуренции. «Кривая Кузнеца» (по фамилии С. С. Кузнеца, лауреата Нобелевской премии по экономике 1971 года «за эмпирически обоснованное толкование экономического роста, которое привело к новому, более глубокому пониманию экономической и социальной структуры и процесса развития в целом») якобы подтверждает, что с увеличением национального богатства загрязнение окружающей среды должно падать, поскольку на ее охрану выделяется больше средств. Так оно и есть — однако лишь в тех самых богатых странах, выводящих опасные производства за границу, но не в глобальном масштабе, где суммарное загрязнение лишь возрастает.

Элинор Остром, лауреат Нобелевской премии по экономике 2009 года, развенчала широко распространенное мнение о том, что коллективное управление собственностью неэффективно и что ее необходимо либо приватизировать, либо национализировать. Исследовав многочисленные примеры общественного регулирования рыболовства, пользования пастбищами, лесами, озерами и подземными водами, Остром показала, что во многих случаях результаты коллективного управления оказываются существенно лучше.

При совместном использовании четко определены границы ресурсов, правила использования естественным образом эволюционируют и приспособлены к местным особенностям, механизм разрешения конфликтов эффективен. Сообщества, организованные на принципе самоопределения, могут быть признаны официальными властями и включаться в более крупные системы потребления ресурсов как базовые элементы. Например, жители деревни на берегу озера или реки могут ловить рыбу в

соответствии со своими традициями и при этом продавать часть рыбы на местном рынке. В результате она появится на столах горожан. Таким образом система хозяйствования данной деревни включается в экономику региона.

Спасение мировой экономики не в ее глобализации и не в обожествлении частного предпринимательства, а в распространении разных модификаций коллективных сообществ — от коммун и деревень до маленьких городков и кооперативов. Именно они — наиболее эффективные и бесконфликтные субъекты хозяйствования.

Элинон Остром выделила ключевые принципы, которые способствуют успешному сотрудничеству при управлении общими ресурсами: 1) непосредственное общение между участниками распределения общих ресурсов; 2) репутация участников управления общими ресурсами должна быть известна всем членам общины; 3) более длительный временной горизонт способствует утверждению наиболее эффективных правил использования ресурсов; 4) правила четко закрепляют права всех членов общины; 5) пользователи согласовывают механизм санкций (в случае нарушения правил); 6) устанавливается градация санкций (в зависимости от тяжести и частоты нарушений); 7) право потребителей общих ресурсов на самоорганизацию признается внешними органами власти. Как эти принципы работают, читатель сам может представить в качестве «домашнего задания».

Анализ указанных выше концептов позволяет предполагать, что наиболее адекватным будет следующее определение устойчивого развития: «социальная технология, направленная на разрешение противоречия между растущими потребностями человечества и возможностями окружающей среды».

Составные части устойчивого развития

В последние десятилетия тупиковость западной мировоззренческой парадигмы становится все более очевидной. Важны не только материальные блага, но и отношения людей с природой и друг с другом.

Устойчивое развитие как мировоззренческая модель пытается объединить экологическое, социальное и экономическое измерения окружающей среды в глобальной перспективе. Модель сосредоточена не на удовлетворении запросов отдельных индивидов, а на всеобщем благе.

Задачей общества ставится не только уменьшить потребление ресурсов, но и изменить структуру потребления. Цель устойчивого развития — выживание человечества в целом и повышение качества жизни для каждого человека в отдельности. Результатом должен стать мир, в котором:

- в социальной сфере — власть децентрализована, граждане и правительства умеют решать конфликты без применения насилия, правосудие и справедливость являются высшими ценностями, материальный достаток и социальная защищенность всем обеспечены, средства массовой информации объективно отражают происходящее и связывают воедино людей и культуры;
- в экологической сфере — стабильная численность населения, сохранение экосистем в разнообразии и сосуществование природы и человеческих культур во взаимной гармонии, экологически чистые продукты питания;
- в экономической сфере — минимальное загрязнение окружающей среды и минимальное количество отходов, труд, возвышающий людей, и достойное вознаграждение, интеллектуальная активность, социальные и технические нововведения, расширение человеческих знаний, творческая самореализация человека.

Что можем сделать мы, обычные люди, для приближения этого идеального будущего?

Многие люди пытаются действовать интуитивно и даже делают шаги в правильном направлении, однако более эффективно работать систематически. Необходимо создавать «корпус мира» — сообщество инициаторов устойчивых перемен, лидеров, которые готовы работать над предотвращением приближающейся катастрофы и пытаются создать новую конструкцию для поддержания устойчивого мира. Это могут быть как

бюрократически оформленные организации, так и просто хорошие люди, которые иногда собираются вместе.

Шведский эколог, публицист и мыслитель, советник Комиссии ООН по устойчивому развитию Алан Аткиссон предлагает следующий алгоритм для достижения устойчивости.

Во-первых, нужно понять общую концепцию системы, а для этого надо развивать системное мышление. Система — это набор элементов, связанных между собой и в совокупности образующих сеть причинно-следственных связей, результатом чего становится новое системное качество — в нашем случае устойчивость. Системное мышление — это базовый человеческий навык. Мы даже интуитивно понимаем, что лес, поле, завод и наша работа — сложные системы, состоящие из более мелких систем. Важно развивать способность видеть и понимать ключевые взаимосвязи, причины и следствия. Для достижения устойчивости необходимо остановиться и осмыслить происходящее. При решении конкретных задач подходить к ним надо как можно шире, переходя на задачи все большего масштаба и в конечном счете выйдя на глобальный уровень. Допустим, вы запрудили ручеек на вашем приусадебном участке, запустили мальков карпа и решили начать небольшой семейный рыбоводный бизнес. Для начала надо понять, что это не просто вода, в которой плавает рыба, что пруд — это экосистема, в которой существуют сложные связи между растениями, животными, микроорганизмами и факторами неживой природы.

Во-вторых, надо знать и понимать, что означает понятие «устойчивое развитие»: это способность систем продолжать функционировать и развиваться в течение длительного времени. Системой могут быть лес, национальная экономика или наше тело, но есть ряд условий и ограничений, определяющих, может ли такая система функционировать. Применительно к нашему пруду — его стабильное состояние в течение нескольких дней еще не гарантирует стабильности в течение всего года или нескольких лет. Например, если пруд очень мелкий, он вымерзнет в морозную зиму до дна и рыба погибнет.

В-третьих, надо уметь различать «развитие» и «рост». Развитие предполагает качественное изменение, а рост — количественное увеличение в размерах с течением времени. Рост — это разновидность развития, но развитие не может быть сведено к нему. Часто для устойчивости системы бывает необходимо, чтобы в ней что-то росло. Но иногда для того, чтобы развитие продолжалось, нужно приостановить рост или даже добиться сокращения чего-либо. Например, нельзя рассчитывать на достижение глобальной устойчивости, если мы будем продолжать увеличивать выбросы углекислого газа. А карпы в пруду должны не только расти, но и размножаться, и не только карпы, но и другие параметры экосистемы должны гармонично изменяться.

В-четвертых, необходимо иметь адекватную информацию о том, что происходит в той системе, которую мы пытаемся сделать более устойчивой, — следует понять важнейшие тенденции, связанные с ней, определить, какие внутренние элементы, структуры и процессы являются основными для данной системы. Надо хорошо разбираться в биологии и понимать, что происходит с обитателями пруда.

В-пятых, мы должны понять внутренние принципы работы данной системы. Где в данной системе возникли «маниакальные» циклы и где — циклы, приносящие благо? Когда человек это знает, он понимает, куда надо вмешиваться и где надо вносить изменения. Например, важно понимать, как размножаются карпы и те растения и беспозвоночные, которыми они питаются, но не менее важно знать, при каких условиях может начаться так называемое цветение пруда — чрезмерное размножение одноклеточных водорослей.

В-шестых, необходимо определить конкретные изменения, которые улучшат развитие системы и направят ее на устойчивый курс. Если вы поймете, как работает система, то будете знать и то, где она требует изменений, а затем начать работу над тем, что следует изменить. Для обозначения такого рода изменений используется слово «инновация».

Виды изменений могут включать новые цели, проекты, технологии и подходы, а также новые типы мышления или парадигмы. Выбор инноваций должен определяться комбинацией критериев: ожидаемыми системными последствиями планируемых преобразований, вероятностью достижения успеха и возможностью сохранения результатов изменений в долгосрочной перспективе. В случае пруда можно говорить, например, о создании мест естественных нерестилищ, что позволит достичь устойчивого воспроизведения популяции карпов.

В-седьмых, нужно иметь представление, как успешно начать задуманные изменения и довести их до конца. Очень важен переход от понимания того, как система работает, к тому, как ее изменить. Для этого надо знать людей, организации и применяемые физические и технические процессы. Надо уметь определять, какие элементы системы более открыты для перемен и где скорее всего возникнет сопротивление планируемым решениям. Устойчивому развитию системы может помочь или помешать заселение пруда другими видами животных. Например, безобидный с виду ротан-головешка может за несколько лет сожрать всех своих конкурентов, и вашему бизнесу придет печальный конец. А можно заселить в пруд беспозвоночных, которыми питаются карпы, или другие виды рыб, способные придать системе устойчивость.

В-восьмых, необходимо успешно выполнить намеченную программу изменений. Для этого нужны стратегия, ресурсы, вовлеченность лидеров, поддержка союзников, навыки и умение адаптировать свои планы к изменяющимся обстоятельствам. Важнейший элемент успеха — гибкость и непрерывное обучение. Надо быть готовым к тому, чтобы менять планы и адаптироваться к меняющейся ситуации. Например, вместо продажи рыбы продавать раков, если таковые приживутся.

В-девятых, необходимо постоянно отслеживать результаты, совершенствовать сигналы, улучшать получаемую информацию и на этой основе — понимание сущности проблемы. Устойчивое развитие — процесс, который никогда не заканчивается, ибо само развитие бесконечно. Необходимо понимать, куда мы в настоящее время движемся? Почему? Что мы должны изменить или сделать, чтобы обеспечить движение в правильном направлении в течение длительного времени? И как мы узнаем, добиваемся ли мы успеха на этом пути? Действуйте смело, раскованно! Не пошло рыбоводство — организуйте экотуризм, например!

Живите с радостным осознанием сложности нашего удивительного мира, наблюдайте за глубинными взаимными связями между явлениями и не забывайте постоянно задавать самим себе эти важные вопросы.

На стенах храма в древнегреческом городе Дельфы были написаны семь коротких изречений: «Познай самого себя», «Ничего сверх меры», «Мера — важнее всего», «Всему свое время», «Главное в жизни — конец», «Худших везде большинство», «Ни за кого не ручайся». Может ли устойчивое развитие что-то прибавить к этим сокровищам жизненной мудрости? Возможно, что и нет. Но, перечитывая эти изречения сегодня, повторим вслед за историком античности академиком М. Л. Гаспаровым: «Вы скажете, что это и так все знают? Да, но все ли так и поступают?»

Статья подготовлена в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых МД 739.2011.6

ЧАРЛЗ ДАРВИН И ЭВОЛЮЦИОННАЯ ТЕОРИЯ

Сойфер В. Н. , доктор физико-математических наук

«Наука из первых рук» №4(34), 2010

В 1859 году вышла в свет книга английского ученого Чарлза Дарвина «Происхождение видов путем естественного отбора, или Сохранение благоприятных пород в борьбе за существование». Она сразу стала бестселлером, возглавив список

всемирно известных книг и принеся своему автору лавры единственного первооткрывателя эволюционной теории. Однако последнее не только неточно, но и исторически несправедливо по отношению к другим ученым, предшественникам и современникам Дарвина, что и доказывается в публикуемом в нашем журнале очередном «эволюционном очерке» из готовящейся к печати книги известного ученого и историка науки В. Н. Сойфера «Эволюционная идея и марксисты».

Чарлз Дарвин родился 12 февраля 1809 г. — в год выхода в свет «Философии зоологии» Жана Батиста Ламарка, в которой была подробно и обстоятельно изложена первая эволюционная теория.¹

Успехами в школе Дарвин не блистал. В колледже дела также шли неважно, и в конце концов отец отправил его подальше — в Шотландию, где в октябре 1825 г. 16-летний юноша начал учиться на медицинском факультете Эдинбургского университета (такой выбор будущей специальности сына был неслучайным — его отец был преуспевающим врачом). Через два года стало ясно, что врача из Чарлза не получится. Последовал новый перевод — на этот раз в другой знаменитый университет, Кэмбриджский, но уже на богословский факультет. Об учебе там сам Чарлз вспоминал: «...время, которое я провел в Кэмбридже, было всерьез потеряно, и даже хуже, чем потеряно. Моя страсть к ружейной стрельбе и охоте ... привела меня в кружок ... молодых людей не очень высокой нравственности... Частенько мы пили не в меру, а затем следовали веселые песни и карты. ... Знаю, что мне следовало бы стыдиться проведенных таким образом дней и вечеров, но некоторые из моих друзей были такие милые малые, и всем нам было так весело, что я и теперь вспоминаю это время с удовольствием».

Наконец, в мае 1831 г. Дарвин сдал экзамен на степень бакалавра. Ему полагалось проучиться на факультете еще два семестра, но события повернулись иначе. Воспользовавшись редкой возможностью, он нанялся, вопреки желанию отца, на судно «Бигль», отправлявшееся в кругосветное путешествие под командой капитана Роберта Фиц-Роя². В обязанности Дарвина как натуралиста входил сбор животных, растений и геологических образцов. За пять лет Дарвин посетил Южную Америку, острова Тихого Океана, Новую Зеландию, Австралию и другие точки земного шара.

Пятилетнее кругосветное путешествие подошло к концу 2 октября 1836 г. Теперь Дарвину надлежало приступить к описанию собранных коллекций и публикации данных о поездке. Через три года вышла его первая книга — «Путешествие на корабле Бигль» (или «Дневник изысканий»), сразу принесшая молодому автору огромную популярность. У Дарвина оказался редкий дар рассказчика, умевшего расцветить детали и события, даже не очень занимательные с первого взгляда.

Все началось с Мальтуса?

Когда Дарвин впервые задумался над проблемами эволюции? Сам он много раз упоминал, что к своей эволюционной гипотезе пришел в 1842 г. и что его натолкнула на эту идею книга великого английского экономиста Томаса Роберта Мальтуса «Опыт о законе народонаселения» (1798). Мальтус доказывал, что численность населения на Земле растет со временем в геометрической прогрессии, а средства существования — лишь в арифметической. Дарвин утверждал, что этот тезис поразил его, и он перевел эту закономерность на всю природу, предположив, что в ней всегда идет борьба за существование, так как для всех рождающихся не хватает источников пищи и среды обитания.

Тезис о наличии такой борьбы между представителями одного и того же вида (*внутривидовая борьба*), как и между особями разных видов (*межвидовая борьба*), был основным нововведением Дарвина. Он заявил, что эволюция происходит благодаря отбору особей, лучше приспособленных к внешней среде (*естественный отбор*). Если места под солнцем для всех рождающихся действительно не хватает и слабые погибают в конкуренции с сильными, то стоит какому-нибудь организму случайно оказаться более приспособленным к окружающей среде, как ему будет легче выжить и дать большее по

количеству потомство. Если улучшенный признак будет сохранен потомками счастливчика, то они начнут теснить менее приспособленных к такой среде сородичей, быстрее размножаться. Природа делает маленький шаг вперед, а там, глядишь, появится еще более удачливый счастливчик с еще более совершенным строением. И так — миллионы лет, пока существует жизнь на Земле.

Над проблемами изменчивости видов Дарвин, по его словам, начал задумываться уже во время плавания на «Бигле»: «Я пришел к мысли, что виды, вероятно, изменяются, из данных по географическому распределению и т. п., но в течение нескольких лет я бессильно останавливался перед совершенной неспособностью предложить механизм, с помощью которого каждая часть каждого из созданий оказывалась приспособленной к условиям их жизни». Идея Ламарка о постепенном совершенствовании видов стала к этому времени достаточно популярной. Подобно тому, как капля долбит камень, повторявшиеся десятилетиями утверждения о естественном развитии, появлении новых видов делали свое дело и приучали людей к мысли о допустимости эволюции. Уместно вспомнить и Бенджамена Франклина с его тезисом о человеке, превратившемся в такового из животного благодаря производству орудий труда, и знаменитого деда Чарлза, Эразма Дарвина — врача и публициста, изложившего в своем сочинении «Зономия, или Законы органической жизни» (1795 г.) идею органического прогресса.

Дарвин неоднократно повторял (в том числе, на склоне лет в «Автобиографии»), что идея о естественном отборе озарила его в октябре 1838 г., когда ему попала в руки книга Мальтуса. Однако первый набросок своей гипотезы он якобы сделал не тогда же, а лишь спустя 4 года, в 1842 г. Эта рукопись, часто упоминаемая Дарвином в письмах к друзьям, при его жизни не была опубликована.

Уже после смерти Дарвина его сын Фрэнсис издал книгу «Основы "Происхождения видов"», в которую включил две ранее неизвестные рукописи отца — упомянутый выше первый набросок гипотезы на 35 страницах (якобы написанный отцом в 1842 г.) и более пространный (на 230 с.) текст, помеченный 1844 г. Почему эти работы не были напечатаны при жизни автора, хотя, как мы увидим дальше, в этом была острая необходимость, теперь уже узнать вряд ли возможно.

Неопубликованные рукописи

К 1842–1844 гг., за те десятилетия, которые протекли с момента опубликования Ламарком его труда об эволюции, в биологии накопилось много фактов, вполне укладывавшихся в русло эволюционных представлений. Идея укрепилась, а общество созрело для ее восприятия.

Об этом свидетельствует еще один, курьезный, пример. В 1843 и 1845 гг. в Англии был опубликован 2-томный труд анонимного автора «Следы естественной истории». В нем излагалась идея об эволюции живого мира, указывалось на связь между родственными видами, а в качестве причины изменения видов называлась роль электричества и магнетизма в этом процессе.

Автор проводил такую аналогию: металлические опилки образуют характерную картину разветвленного стебля растения вокруг одного конца электрического проводника или полюса магнита и картину, более похожую на корень растения, — вокруг другого. Поэтому нельзя исключить, что растения возникли именно такими, ибо в их формировании приняли участие электрические силы. Несмотря на такие поверхностные суждения, автор создал произведение, читавшееся с неослабевающим интересом.

Один из приятелей Дарвина, писатель и публицист Роберт Чемберс, прислал ему экземпляр нашумевшей книги, и Дарвин с интересом ее читал. Через шесть лет после выхода книги стало ясно, что ее автором и был тот самый Чемберс.

К 1844 г. относится одно письмо Дарвина, проливающее свет на то, что он сам именно в

этом году начал придавать своим раздумьям об эволюции огромное значение, чего не было раньше. Он написал 5 июня 1844 г. длинное письмо своей жене Эмме³, в котором в выпендренных выражениях излагал свою волю: в случае его внезапной смерти истратить 400 фунтов на доведение до законченного вида только что законченной рукописи об эволюции (задание было детализировано — подобрать надлежащие примеры из отмеченных Дарвином книг, отредактировать текст и т.д.). С другой стороны, именно в январе того же года в письме к ботанику Джозефу Гукеру, сыну директора Королевского ботанического сада и зятю тогдашнего патриарха геологии Чарлза Лайеля, Дарвин сообщил, что размышляет над проблемой изменчивости видов.

Почему вдруг Дарвин решил обратиться к жене со специальным посланием? Он действительно в эти годы жаловался на здоровье (диагноз не был поставлен, и он оставался больным на протяжении еще 40 (!) лет). Казалось бы, если он так дорожил своей задумкой об эволюции, что готов был тратить деньги на уплату гонораров из оставляемого наследства, то должен был бы расхотеть все доступные силы и время на доведение главного труда до финального этапа. Но ничего подобного не произошло. Одну за другой он издавал толстые книги о чем угодно, но не об эволюции. В 1845 г. вышло второе, пересмотренное издание «Дневника путешествий на Бигле», в 1846 г. — том о геологических наблюдениях в Южной Америке, в 1851 г. — монография об усоногих раках, затем книга о морских уточках и т. д. А очерк об эволюции так и лежал без движения. Чего выжидал Дарвин? Почему боялся предать свой труд критике коллег? Может быть, опасался, что кто-то узреет в его труде заимствование из чужих работ без ссылок на истинных авторов?

Что Дарвин, правда, делал, так это часто напоминал своим высокопоставленным друзьям в письмах, что все свободное время употребляет на обдумывание проблемы эволюции. Некоторым адресатам Дарвина был известен его главный тезис в самых общих чертах: для всех рождающихся не хватает запасов пищи, воды и прочих средств существования, в живых сохраняются лишь те, у кого есть потенциал для выживания. Именно они и обеспечивают прогресс в живом мире.

Эдвард Блит и его идея естественного отбора

Сторонники Дарвина объясняли позже такую странную его неторопливость с изданием труда об эволюции тем, что он будто бы был абсолютно убежден в том, что эта идея никому в голову прийти не могла, почему и спешить с публикацией гипотезы резона не было, хотя друзья поторапливали Дарвина с печатанием этой работы. Это стало ясно из опубликованной уже после смерти Дарвина сохранившейся переписки (сын Фрэнсис сообщил, что его отец не раз тщательно просматривал всю свою корреспонденцию и избирательно сжигал часть писем).

Однако вряд ли только непоколебимой уверенностью в своей оригинальности объясняется такое поведение Дарвина. В 1959 г., во время празднования столетнего юбилея выхода в свет «Происхождения видов», профессор антропологии Пенсильванского университета Лорен Эйсли заявил, что у Дарвина были другие основания не спешить с публикацией эволюционной гипотезы в течение почти двадцати лет. По мнению Эйсли, который провел огромную поисковую работу, Дарвин не самостоятельно пришел к идее борьбы за существование, а заимствовал ее, причем вовсе не у экономиста Мальтуса, а у известного в те годы биолога Эдварда Блита, лично близко знакомого Дарвину.

Блит был на год моложе Дарвина, рос в бедной семье и из-за трудного финансового положения смог закончить только обычную школу. Чтобы обеспечить себя, он был вынужден пойти работать, а все свободное время проводил за чтением, усердно посещал лондонский Британский музей. В 1841 г. он получил место хранителя Музея Королевского Азиатского общества в Бенгалии и провел 22 года в Индии. Здесь им были выполнены первоклассные исследования природы Юго-Восточной Азии. В 1863 г. из-за резкого ухудшения здоровья он был вынужден вернуться в Англию, где скончался в 1873 г.

В 1835 и 1837 гг. Блит напечатал в «Журнале естественной истории» две статьи,

в которых ввел понятия борьбы за существование и выживания более приспособленных к среде существования. Однако, согласно Блиту, отбор идет не в направлении все более улучшенных существ, приобретающих свойства, дающие им преимущества перед уже существующими организмами, а совсем иначе.

Задача отбора, по Блиту, — сохранение неизменности основных признаков вида. Он полагал, что всякие новые изменения органов (сейчас мы бы назвали их мутациями) не могут принести чего-либо прогрессивного уже существующим видам, хорошо приспособившимся за миллионы лет к внешней среде. Изменения будут только нарушать хорошо отлаженный механизм взаимодействия среды и организмов. Поэтому все новички, неминуемо испорченные возникшими в них расстройствами, будут отсекаются отбором, не выдержат конкуренции с хорошо приспособленными типичными формами и вымрут. Таким образом, Блит применил принцип отбора к дикой природе, хотя отбору была придана консервативная, а не созидательная роль ⁴.

Дарвин не мог не знать работ Блита: он держал в руках номера журналов с его статьями и цитировал их. Он писал, и не раз, что внимательно и тщательно проследил за всеми публикациями, касающимися вопросов развития жизни на Земле, и особенно — за близкими ему по духу. Он цитировал к тому же многие другие работы Блита, воздавая должное заслугам своего коллеги, поэтому никак не мог пройти мимо его работ о естественном отборе. Однако он ни разу не сослался на ту статью, в которой Блит четко и ясно изложил идею о борьбе за существование и о естественном отборе.

Будучи гордецом и, как считали Эйсли и ряд других историков, одержимым манией ни с кем не разделяемой славы, Дарвин мог воспользоваться принципиальными положениями Блита, после чего начал приводить свои записи в порядок. К 1844 г. он действительно мог подготовить довольно объемистую рукопись об эволюции, но, понимая недостаточную оригинальность своего труда в краеугольном вопросе естествознания, выжидал, тянул время, надеясь, что какие-то обстоятельства что-то изменят в мире и позволят ему «сохранить лицо». Именно поэтому в «Автобиографии» он еще раз повторил: толчком к размышлению о роли естественного отбора послужила для него лишь книга Мальтуса. Сослаться на экономиста, а не на биолога, говорившего о естественном отборе в мире живых существ несколькими годами раньше, было безопасно, ведь приоритет в приложении экономического анализа к ситуации в биологическом мире оставался за биологом, то есть за ним самим.

Но и в этом утверждении дотошные историки нашли натяжку: хотя Дарвин и указал точную дату, когда он прочел книгу Мальтуса (октябрь 1838 г.), но ни в очерке 1842 г., ни в более объемистом труде 1844 г. он на Мальтуса, как на подтолкнувшего его к идее эволюции, ни разу не сослался, и в том месте, где он его упомянул, речь шла вовсе не об идее конкуренции.

Эйсли нашел еще несколько таких же случаев, когда Дарвин неделикатно обошелся со своими прямыми предшественниками и тем отчасти подтвердил правоту мнения, высказанного еще в 1888 г. профессором Хьютоном из Дублина о взглядах Дарвина относительно происхождения видов: «Все, что было в них нового, было ошибочным, а то, что было правильным, было уже известно».

Видимо, этим и объясняется загадочный факт нежелания Дарвина в течение почти 20 лет публиковать труд о происхождении видов.

Эволюционные взгляды Альфреда Уоллеса

Возможно, этот труд продолжал бы и дальше оставаться в сундуке Дарвина, если бы в один из дней не произошло событие, заставившее его срочно изменить позицию. В 1858 г. он получил по почте работу своего соотечественника — Альфреда Уоллеса, находившегося в этот момент вдали от Англии. В ней Уоллес излагал ту же идею о роли естественного отбора для прогрессивной эволюции.

Из чтения работы Уоллеса Дарвин понял, что его конкурент разработал гипотезу эволюции даже более широко, чем он сам, поскольку включил в анализ не только материал

по домашним животным, который по преимуществу использовал Дарвин, но и почерпнул факты в дикой природе. Дарвина особенно поразило, что главные формулировки Уоллеса были изложены теми же словами, что и в его «очерке эволюции», причем именно Уоллес ссылался на Мальтуса.

Как могло случиться, что конкурент описал то же самое? Альфред Рассел Уоллес (1823–1913) в течение многих лет собирал научные коллекции в экспедициях на реках Амазонка и Рио-Негро, на Малайском архипелаге и в других местах (им была собрана коллекция, содержащая 125 тыс. ботанических, зоологических и геологических образцов; составлены словари 75 наречий и т. д.). Задумываться над проблемой происхождения видов Уоллес начал почти одновременно с Дарвином. Во всяком случае, уже в 1848 г. в письме своему другу, путешественнику Генри Бэйтсу, он писал: «Мне бы хотелось собрать и досконально изучить представителей какого-нибудь одного семейства, главным образом с точки зрения происхождения видов».

Странно, что исследователями дарвинизма крайне редко упоминается важнейший для понимания формирования эволюционных взглядов Уоллеса факт, что в сентябре 1855 г., за четыре года до первого издания «Происхождения видов» Дарвина, Уоллес напечатал в «*Annals and Magazine of Natural History*» статью под названием «О законе, регулирующем появление новых видов». В ней Уоллес не только выступил с заявлением о существовании процесса эволюции видов, но и указал на роль географической изоляции в становлении новых разновидностей. Он сформулировал даже закон: «Появление каждого вида совпадает географически и хронологически с появлением очень ему близкого и предшествовавшего вида». Другой его тезис был также существен: «Виды образуются по плану предшествующих». Эти заключения он основывал не только на данных изучения коллекций современных ему видов, но и ископаемых форм.

А. Уоллес, хорошо знавший дикую природу, черпал примеры из своих экспедиционных наблюдений. Во введении к своей книге «Дарвинизм...» (1889) он напишет: «Слабым местом в трудах Дарвина всегда считалось то, что он преимущественно основывал свою теорию на явлениях внешней изменчивости одомашненных животных и культурных растений. Поэтому я постарался найти прочное объяснение для его теории в фактах изменчивости организмов в естественных условиях»

Уоллес, как водится в научной среде, разослал свою статью коллегам-биологам, и в их числе — Дарвину, которого высоко ценил за описание путешествия на «Бигле». Путешественник и натуралист, Уоллес хорошо понимал, насколько трудна задача описания монотонных переездов с места на место и повторяющейся изо дня в день деятельности. Два видных ученых — Лайель и Блит — также обратили внимание Дарвина на статью Уоллеса, о чем Дарвин сообщил в письме Уоллесу от 22 декабря 1857 г.

Дарвин положительно отозвался о работе Уоллеса, и с этого времени между ними завязалась переписка. Но Дарвин, нарочно или невольно, пригасил энергию Уоллеса в отношении дальнейшего обдумывания проблемы происхождения видов, когда в одном из писем как бы невзначай сообщил ему, что он уже давно работает над той же проблемой и пишет большую книгу о происхождении видов. Это сообщение подействовало на Уоллеса, о чем он написал в письме Бэйтсу: «Я очень обрадован письмом Дарвина, в котором он пишет, что согласен «почти со всяким словом» моей работы. Теперь он готовится свой большой труд о видах и разновидностях, материал для которого он собирал в течение 20 лет. Он может избавить меня от заботы писать дальше о моей гипотезе ... во всяком случае, в мое распоряжение будут предоставлены его факты, и я смогу над ними работать».

Однако, как дружно свидетельствуют все биографы Дарвина, несмотря на обещания, Дарвин своих гипотез и имеющихся в его руках фактов Уоллесу не предоставил. Так, видный русский биограф Дарвина А. Д. Некрасов пишет: «...Дарвин, ссылаясь на невозможность в письме изложить свои взгляды, умалчивал о теории отбора. Уоллес

пришел к идее естественного отбора независимо от Дарвина... Без сомнения, Дарвин в своих письмах ни одним словом не обмолвился ни о принципе борьбы за существование, ни о сохранении наиболее приспособленных. И к этим принципам Уоллес пришел независимо от Дарвина».

Итак, Уоллес сам сформулировал гипотезу естественного отбора, и произошло это 25 января 1858 г., когда путешественник находился на одном из островов Молуккского архипелага. Уоллес заболел тяжелой лихорадкой и в промежутках между приступами вдруг отчетливо представил, как можно применить рассуждение Мальтуса о перенаселении и его роли в эволюции. Ведь если Мальтус прав, то шансы для лучшего выживания выше у организмов, лучше приспособленных к условиям жизни! В «борьбе за существование» они одержат верх над менее приспособленными, дадут большее потомство, а за счет лучшего размножения займут более широкий ареал.

После этой догадки в уме Уоллеса, много лет размышлявшего над проблемами изменения видов, быстро сложилась общая картина. Так как основными фактами он уже располагал, ему не составило труда спешно набросать тезисы статьи и также спешно завершить всю работу, дав ей ясное название: «О стремлении разновидностей бесконечно удаляться от первоначального типа». Эту статью он и отправил с первой же оказией Дарвину, прося помочь с публикацией. Как писал Некрасов, «Уоллес послал ее Дарвину, надеясь, что приложение принципа «борьбы за существование» к вопросу о происхождении видов будет такой же новостью для Дарвина, как для него самого».

Однако предположение Уоллеса, что Дарвин поможет популяризации его работы, было ошибкой и навсегда лишило его вполне законного приоритета в опубликовании принципа эволюции путем отбора организмов, наиболее приспособленных к условиям среды. Дарвин не только ничего не сделал для быстрой публикации работы Уоллеса, но и постарался принять все меры, чтобы утвердить свое первенство.

Спешное обнародование работы Дарвина

Получив труд Уоллеса, Дарвин понял, что его опередили. Показательно, что в письме к Лайелю он признался: «Я никогда не видел такого поразительного совпадения; если бы у Уоллеса была моя рукопись 1842 года, он не смог бы сделать лучше сокращенного обзора. Даже его названия соответствуют заголовкам моих глав».

Узнав о случившемся, два друга Дарвина — Чарлз Лайель и Джозеф Гукер, занимавшие высокое положение в научных кругах Англии, решили спасти положение и представили членам Лондонского Линнеевского общества одновременно и законченную работу Уоллеса, и короткую (на двух страничках) заметку Дарвина «О склонности видов к образованию разновидностей и видов посредством естественного отбора». Оба материала были зачитаны 1 июля 1859 г. на заседании общества и затем опубликованы под этой датой.

Дарвин на заседании не присутствовал. Выступавших было двое — Лайель и Гукер. Один из них с жаром, другой более сдержанно рассказали, что были свидетелями творческих мук Дарвина и удостоверили своим авторитетом факт его приоритета. Заседание кончилось в гробовой тишине. Никто никаких заявлений не сделал.

К концу года Дарвин закончил книгу «Происхождение видов» и оплатил ее издание. Книгу напечатали за две недели; весь тираж (1250 экземпляров) был раскуплен в один день. Дарвин спешно оплатил второе издание, и через месяц в продажу поступило еще 3000 экземпляров; затем вышло третье издание, исправленное и дополненное, потом — четвертое и т. д. Имя Дарвина приобрело огромную популярность.

Уоллес, целиком примирившийся с потерей приоритета, издал в 1870 г. книгу «Вклад в теорию естественного отбора», а в 1889 г. — огромный (750 страниц) том, символически названный «Дарвинизм. Изложение теории естественного отбора и некоторые из ее приложений»⁵.

Основная цель этих книг заключалась в том, чтобы проиллюстрировать примерами принцип лучшего выживания животных и растений, более приспособленных к данной среде. Дарвин в большей мере использовал примеры из области одомашнивания животных,

выведения пород скота, декоративных птиц и рыб, селекции сортов растений.

Уместно вспомнить, что Уоллес и ранее (в статье 1856 г.) отвергал доказательность примеров эволюции, почерпнутых из сферы изменчивости одомашненных животных, справедливо указывая, что приспособительная (адаптивная) изменчивость у домашних животных не существует. Ведь именно человек отбирает лучшие для него формы, а сами животные не участвуют в борьбе за существование: «Таким образом, из наблюдений над разновидностями домашних животных нельзя сделать никаких выводов относительно разновидностей животных, живущих в диком состоянии».

Отношение Дарвина к Ламарку

Дарвин не устал повторять, что его взгляды не имеют ничего общего с ламарковскими, и на протяжении жизни не переставал дурно отзываться о своем великом предшественнике. Возможно, сама мысль, что он — не первый и что за 50 лет до него те же мысли уже были высказаны французом, тяготила его.

В 1840-е гг. в письмах к Гукеру он не раз писал об этом: «...не знаю никаких систематических сочинений об этом предмете, кроме книги Ламарка, но это — настоящая дрянь»; «Ламарк... повредил вопросу своим нелепым, хотя и умным трудом»; «Да сохранит меня Небо от глупого ламарковского «стремления к прогрессу», «приспособления вследствие медленного хотения животных» и прочего». Правда, последнюю фразу из приведенных цитат он вынужден был продолжить словами: «Но выводы, к которым прихожу, не отличаются значительно от его выводов, хотя способы изменения вполне различны».

В одном из писем к Лайелю, отправленных почти двадцатью годами позже, он писал, обсуждая значение труда своего предшественника: «Я смотрю на нее (на «Философию зоологии» — прим. авт.), прочтя ее старательно два раза, как на жалкую книгу, из которой я не извлек никакой пользы. Но я знаю, что вы больше воспользовались ею».

В общем, как писал русский исследователь дарвинизма Вл. Карпов, первоначально «Ламарк был чужд и мало понятен Дарвину, как представитель другого склада ума, круга идей, другой национальности». Тем не менее принципиального сходства в книгах Ламарка и Дарвина было больше, чем различий. Оба автора были едины в центральном вопросе — провозглашении принципа прогрессивного развития видов, и оба заявляли, что именно необходимость лучше соответствовать требованиям внешней среды понуждает виды прогрессировать.

Даже основные группы примеров, использованных Дарвином, совпадали с примерами Ламарка (породы собак, домашних птиц, садовые растения). Только Дарвин старался привести как можно больше примеров, пусть и однотипных, но создающих у читателя впечатление солидности, основательности; Ламарк же ограничивал себя одним-двумя примерами по каждому пункту.

Вымирание видов, по Дарвину, — явление, коррелирующее с происхождением новых видов: «Так как с течением времени деятельностью естественного отбора образуются новые виды, то другие должны становиться все более редкими и, наконец, исчезать. ...В главе, посвященной борьбе за существование, мы видели, что наиболее ожесточенная конкуренция должна происходить между формами, наиболее близкими — разновидностями одного вида или одного рода или ближайших друг к другу родов, так как эти формы будут обладать почти одинаковым строением, общим складом и привычками»

В чем мысли Дарвина сильно отличались от мыслей Ламарка, так это в попытке объяснения причин эволюции. Ламарк искал их внутри организмов, в заложенной в них способности изменять устройство тела в зависимости от упражнения органов (и во второй половине XIX в. это положение Ламарка расценивалось как чрезвычайно важное, ибо подавляющее большинство ученых полагали, что живым существам имманентно присуще свойство самосовершенствования). Дарвин же первоначально исходил из того, что свойства

организмов могли изменяться из-за случайных причин, а внешняя среда исполняла роль контролера, отсекающего менее приспособленные особи. Но поскольку Дарвин не понимал, что могло изменяться в организмах, что собой представляют наследственные структуры, эти его мысли были целиком и полностью гипотетическим философствованием.

Парадокс заключается в том, что, начав с категорического отрицания «глупых» взглядов Ламарка, Дарвин постепенно стал менять свои взгляды и говорить о возможности непосредственного наследования приобретенных за время жизни признаков. Главной причиной такой перемены стало важнейшее обстоятельство, которое мешало и Ламарку, а именно: отсутствие сведений о законах наследования признаков, незнание того, что в организме существуют особые структуры, несущие наследственную информацию.

Однако если во времена Ламарка наука была еще далека от постановки вопросов, связанных с обнаружением законов наследственности, и было бы нелепо бросить даже тень укора в адрес Ламарка, то ко времени публикации «Происхождения видов» положение в корне изменилось.

Геммулы вместо генов

Первые подходы к познанию законов наследственности, правда еще в достаточно аморфном виде, сложились в результате работ немецкого исследователя Йозефа Готлиба Кёльрёйтера (1733–1806), несколько лет работавшего в Петербурге, и ряда других европейских ученых. Кёльрёйтер в 1756–1760 гг. провел первые опыты по гибридизации и сформулировал понятия о наследуемости.

Англичанин Томас Эндрю Найт (1789–1835), скрещивая разные сорта культурных растений, пришел к выводу, что в поколениях гибридных растений признаки, по которым исходные сорта различаются между собой, «рассыпаются» и проявляются индивидуально. Причем он отметил, что существуют мелкие индивидуальные отличия, которые далее не «делятся» при скрещиваниях и сохраняют свою индивидуальность в поколениях. Тем самым уже в начале XIX в. Найт сформулировал понятие об элементарных наследуемых признаках.

Француз Огюст Сажрэ (1763–1851) в 1825–1835 гг. сделал другое важнейшее открытие. Следя за найтовскими «элементарными признаками», он обнаружил, что некоторые из них при комбинировании с другими подавляют проявление этих признаков. Так были открыты доминантные и рецессивные признаки.

В 1852 г. другой француз, Шарль Нодэн (1815–1899), более внимательно изучил эти два типа признаков и, подобно Сажрэ, установил, что в комбинациях доминантных и рецессивных признаков последние перестают проявляться. Однако стоит скрестить между собой такие гибриды, как у части их потомков они снова проступают (позже Мендель назовет этот процесс расщеплением признаков). Эти работы доказывали важнейший факт — сохранение наследственных структур, несущих информацию о подавляемых (рецессивных) признаках даже в тех случаях, когда внешне эти признаки не проявлялись. Нодэн попытался открыть количественные закономерности сочетания доминантных и рецессивных признаков, но, взявшись следить сразу за большим их числом, запутался в результатах и не смог продвинуться вперед.

Дарвину были хорошо известны результаты работ этих ученых, но он не понял их значения, не оценил той великой пользы, какую несли ему открытия элементарных наследственных единиц, закономерностей их комбинирования и проявления у потомков. Следовало сделать еще один шаг — упростить задачу и анализировать количественное распределение признаков у организмов, различающихся одним или максимум двумя признаками, и тогда законы генетики были бы открыты.

Этот рывок в науке совершил чешский естествоиспытатель, блестящий экспериментатор Иоганн Грегор Мендель, в 1865 г. опубликовавший гениальный труд, в котором изложил выводы экспериментов по выявлению законов наследственности. Схему своих опытов Мендель построил именно путем упрощения задачи, когда он решил скрупулезно следить за поведением в скрещиваниях сначала лишь одного наследуемого признака, а затем — двух.

В результате он доказал, теперь уже окончательно, наличие элементарных единиц наследственности, четко описал правила доминирования, открыл количественные закономерности комбинирования единиц наследственности у гибридов и правила расщепления наследственных признаков.

Дарвин, следовательно, мог сам эти законы открыть (он продвинулся вперед в понимании важности выяснения законов наследования, к тому же прогресс науки в то время был столь ощутим, что сделанное Менделем было в принципе доступно любому задумывающемуся над проблемами наследования). Но Дарвин не был экспериментатором. Конечно, он мог просто прочесть опубликованный Менделем труд на немецком языке, однако этого тоже не произошло.

Вместо этого Дарвин принялся придумывать гипотезу (он претенциозно назвал ее теорией) пангенезиса о том, как осуществляется передача наследственных свойств потомкам. Он допустил наличие в любой части тела «...особых, независимо размножающихся и питающихся наследственных крупинок — геммул, собирающихся в половых продуктах, но могущих быть рассыпанными и по всему телу... каждая из которых может восстановить в следующем поколении ту часть, которая дала им начало».

Гипотеза эта была отнюдь не оригинальной: ту же идею выдвинул в своей 36-томной «Истории природы» Жорж Луи Леклерк Бюффон за сто лет до Дарвина. Многие крупные ученые, в их числе и те, кто помог Дарвину укрепить свой приоритет в провозглашении роли естественного отбора в эволюции (Гукер и Лайель), советовали Дарвину не публиковать его «теорию пангенезиса». Он на словах соглашался с ними, но на деле решил не отступать от своего и включил соответствующую главу в книгу «Изменения животных и растений под влиянием одомашнивания», опубликованную в 1868 г. (три годами позже труда Менделя).

До конца своей жизни Дарвин сохранял убеждение, что его теории пангенезиса уготовано великое будущее. Хотя в письмах к тем, от чьей помощи он всю жизнь зависел (Лайелю, Гукеру, Гексли), он кокетливо называл это свое детище «опробитой и недоработанной гипотезой», говорил, что «заниматься такими умозрениями — «чистейший вздор» и обещал «постараться убедить себя не печатать» изложение своей «теории», но обещание это он выполнять не собирался, а только критический запал его высоких друзей старался пригасить. Другим адресатам в это же самое время он писал совершенно иное: «В глубине души я считаю, что в ней заложена великая истина» (письмо А. Грею, 1867 г.), или: «Я предпочту умереть, чем перестать защищать от нападков свое бедное дитя» (письмо Г. Спенсеру, 1868 г.). Те же нотки звучали и позже: «В отношении пангенезиса я не собираюсь сворачивать знамен» (письмо А. Уоллесу, 1875 г.); «Мне пришлось много думать по этому вопросу, и я убежден в его большом значении, хотя придется долбить годы, пока физиологи дотумкают, что половые органы лишь собирают воспроизводительные элементы» (письмо Дж. Ромэйнсу, 1875 г.).

Бесхвостую кошку нельзя получить упражнениями

В большинстве случаев при обсуждении гипотезы пангенезиса Дарвина принято говорить, что ее автор не ушел далеко от своего времени, а, дескать, Мендель опередил свое время на 35 лет (недаром его законы действительно переоткрыли 35 годами позже). Но можно сказать и по-другому: в понимании механизмов наследования признаков Дарвин не дорос до своего современника Менделя.

А между тем вопрос этот был для Дарвина важнейшим. В первом издании «Происхождения видов» он исходил из предпосылки, что изменения у живых существ возникают часто и что они неопределенны: некоторые несут какую-то пользу организму, остальные — вредны или бесполезны. Он считал, что в отношении полезных признаков все ясно — они в основном наследуются. «Всякое изменение, как бы оно ни было незначительно, и от каких бы причин оно ни зависело, если оно сколько-нибудь выгодно для особи какого-либо вида — всякое такое изменение будет способствовать сохранению особи и большею частью передастся потомству», — писал он.

Он считал, что в самой изменчивости не содержится предопределенности, изначальной пользы. В этом пункте он видел коренное отличие своих взглядов от ламарковских. Никакого «внутреннего стремления к совершенству», никакого вложенного в живые существа свойства предопределенности в «улучшении вследствие медленного хотения» не существует (слова «медленное хотение» принадлежали самому Дарвину).

Однако, несмотря на демонстративное отвергание ламарковского постулата, Дарвин, как показывает приведенная выше цитата о наследовании «всякого изменения, как бы оно ни было незначительно, и от каких бы причин оно ни зависело», лишь бы оно «было выгодно для особи какого-либо вида», был даже в этот начальный момент не слишком далек от Ламарка. Он также приписывал организмам вложенную в них (то есть предопределенную) способность сохранять в наследственной основе любые полезные уклонения. Гипотеза о геммулах, воспринимающих полезные стимулы, существа дела не меняла. Ни одного факта в пользу своей гипотезы у Дарвина не было, и в этом смысле Ламарк с его «упражнением органов» был ничуть не слабее в аргументации, чем Дарвин.

Отказавшись от ламарковского наследования благоприобретенных признаков, Дарвин ничего реального взамен не предложил, а просто обошел вопрос о том, что, как и когда наследуется, разделив возможную изменчивость на два типа. Первый — определенно благоприятные изменения, которых «жаждет» организм и которые являются результатом прямого ответа на действие среды (такое наследование он отрицал). Второй тип — неопределенные изменения, которые могут возникать и не под прямым влиянием внешней среды (они наследуются). В этом пункте он видел главное отличие своей доктрины от взглядов Ламарка, относимых им к ошибочным.

Но почему первые изменения не наследуются, а вторые возникают и наследуются? Что собой вообще представляют наследственные структуры и как они передаются потомкам, он себе не представлял. Назвав их геммулами, он ни на йоту не приблизился к пониманию их природы. Интуитивно он, возможно, догадывался, что, сколько ни отрубай хвосты кошкам, чтобы те, прыгая с комодов, не сбивали веджвудских статуэток, приплод от бесхвостых котов и кошек все равно будет с хвостами.

«Кошмар Дженкина»

Единственное убеждение, которое Дарвин разделял с большинством своих современников — это то, что передача наследственности сродни слиянию жидкости, скажем, крови. Кровь матери-рекордистки сливается с кровью обычного, ничем не выделяющегося отца — и получается полукровка. А если идентичные организмы (родные брат и сестра) дают потомство, то потомство это будет «чистых кровей» (их назовут позже чистой «линией»).

Дарвин полностью придерживался этих взглядов, поэтому на него так сокрушительно подействовала критика, высказанная в июне 1867 г. инженером Флемингом Дженкином в журнале «Северное Британское обозрение». Дженкин был крупнейшим специалистом по электричеству, электрическим сетям, при его личном участии были проложены кабели в Европе, в Южной и Северной Америке, он считается отцом телеграфа, всю жизнь был ближайшим другом Уильяма Томсона, позднее ставшего лордом Кельвиным. За год до публикации своей разгромной статьи о главном принципе, примененном Дарвином для обоснования естественного отбора, Дженкин стал профессором инженерной школы Лондонского Университетского Колледжа. Своей блестяще написанной статьей, не содержащей ни одного лишнего слова, Дженкин, как считалось, одним ударом подрубил под корень дарвиновское объяснение наследования полезных уклонений.

Допустим, Дарвин прав, объяснял Дженкин, и есть неопределенная изменчивость, благодаря которой какой-то одиночный организм приобрел полезное для него уклонение (обязательно одиночный, иначе это — массовое ламарковское изменение под влиянием среды). Но скрещиваться этот счастливчик будет с обычной особью. Значит, произойдет разбавление «кровей» — признак у потомства сохранит только половину полезного уклонения. В следующем поколении от него останется четвертинка, затем — восьмушка и

т. д. В результате вместо эволюции произойдет рассасывание полезных уклонений (Дженкин употреблял термин *swamping* «заболачивание» или засасывание неизменными наследственными потенциями измененной потенции).

Критика профессора-инженера вызвала у Дарвина чувства, которые он называл не иначе, как «кошмар Дженкина». Как признал Дарвин в одном из писем, верность рассуждений оппонента, «едва ли может быть подвергнута сомнению». В письме Гукеру от 7 августа 1860 г. Дарвин написал: «Знаете, я почувствовал себя очень приниженным, закончив чтение статьи».

В конце концов, после долгих размышлений, он увидел только один способ ответа на критику: признать, что среда влияет прямо на наследственность и тем самым ведет к изменению сразу большого числа особей, обитающих в новых условиях. Только в этом случае «рассасывания» новых признаков не должно было происходить. Такое признание роли массового прямого влияния среды в прогрессивной эволюции означало решающее сближение с позицией Ламарка и признание принципа наследования благоприобретенных признаков.

Согласившись с доводами, содержащимися в разгромной статье Дженкина относительно дарвиновского механизма наследования полезных признаков, Дарвин решил внести исправления в очередное, пятое, а затем и шестое издания книги. «...Мне так грустно, — писал он Гукеру, — но моя работа ведет меня к несколько большему признанию прямого воздействия со стороны физических условий. Наверное, я потому жалею об этом, что оно уменьшает славу естественного отбора».

А между тем спасительный выход для Дарвина уже существовал. Грегор Мендель за несколько лет до этого доказал, что наследственные структуры ни с чем не сливаются, а сохраняют свою структуру неизменной. Если единица, отвечающая за передачу наследственности (позже ее назвали геном), изменена, и в результате контролируемый ею признак формируется по-новому, то все потомки этого первого наследственно изменившегося организма будут нести такой же новый признак. «Кошмар Дженкина», попортивший так много крови Дарвину, рассеивался полностью, и эволюционная теория приобретала законченную форму. Но Дарвин не знал работу Менделя, а сам до его выводов не додумался.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТЫ, КОТОРЫЕ СЛЕДУЕТ ЗНАТЬ СОВРЕМЕННОМУ ЧЕЛОВЕКУ, ПРЕТЕНДУЮЩЕМУ ИМЕНОВАТЬСЯ *HOMO SAPIENS*

**Наймарк Е., доктоа биологических наук, ведущий научный сотрудник
Палеонтологического института РАН.**

«Троицкий вариант» №18(87), 13 сентября 2011 г.

Современному биологу чрезвычайно трудно выделить какие-то главные биологические факты, слишком уж много в этой науке частей, порой настолько обособленных, что два биолога, представляющих разные направления, с трудом понимают друг друга. Молекулярному биологу или генетику придется долго втолковывать, в чем суть жарких споров нейтраллистов и классиков в экологии; зоолог с трудом продерется сквозь наименования вирусных белков и мобильных элементов; ботанику же, усвоившему азбуку спорофитов и гаметофитов, нелегко будет воспринять хитроумные механизмы развития лягушачьих эмбрионов.

Однако всё же что-то объединяет все эти различные, теперь далеко разошедшиеся дисциплины, что-то заставляет писать в анкетах «биолог», а не ботаник, эмбриолог или цитолог. Биология — наука о живом, поэтому базовые принципы для всех дисциплин должны быть едины, понятны и обязательны. Хотелось бы, чтобы их усвоили все сколько-

нибудь разумные люди, вне зависимости от возраста, вероисповедания, политических и национальных убеждений, мировоззрения и квалификации их школьного учителя биологии.

1. Жизнь достоверно известна только на Земле, в этом смысле явление жизни уникально. С этим связаны и трудности в определении понятия «жизнь». Наш разум устроен таким образом, что определение дается через сличение объектов, путем выделения общего и различного. Жизнь таким манером не определить. В связи с этим многие определения жизни носят философский (в самом плохом толковании этого слова) характер. Сейчас ученые прилагают колоссальные усилия, чтобы найти жизнь на других планетах. Но пока что это гипотезы и в известном смысле фантазии. Если таковая найдется, то определение жизни станет более ясным.

2. Всё живое состоит из клеток. Это основной постулат клеточной теории, которая окончательно сформировалась к концу XIX века. Ее составные части кажутся очевидными: всё живое имеет клеточное строение, клетки единообразны по своей конструкции и состоят из схожих частей, новые клетки получаются путем деления предшественников. В XIX — начале XX века положения клеточной теории испытывались на прочность; например, предлагалась версия, что клетка собирается из особой зародышевой плазмы. Но время вкупе с интенсивными исследованиями и научными дискуссиями, порой политически окрашенными, показало несостоятельность сомнений: всё живое состоит из клеток. Кроме вирусов, которых обычно не считают живыми.

3. Развитие многоклеточного организма начинается с одной клетки. Зародышевая клетка содержит всю необходимую информацию для построения сложно устроенного тела многоклеточного. Информация о развитии не является жестко закрепленной схемой, записанной по пунктикам в строгом порядке. Это скорее постепенное пошаговое изменение внутренней среды, которое включает и выключает определенные этапы онтогенеза. Нет жесткой программы — есть реагирование системы на локальные изменения биохимического содержания. В данном утверждении содержится главное отличие построения живого тела от конструирования сложного механизма.

4. Наследственная информация о живом закодирована в молекулах ДНК и РНК, состоящих из цепочек нуклеотидов. У земных организмов в цепочках молекул наследственности чередуется всего четыре нуклеотида (в молекулах ДНК и РНК три нуклеотида одинаковы, один отличается). В современном обществе циркулирует множество измышлений на тему способа передачи наследственной информации: волновые теории, сверхразум коллективов, а также более изощренные гипотезы о внегенетических адаптациях видов и организмов. С каждой из них приходится разбираться профессиональным биологам или психиатрам, но, как бы то ни было, ни одна из них не имеет фактического подтверждения.

5. Универсальность наследственного кода. Информация, записанная в ДНК, реализуется в виде конкретных белков, различных по функциям и структуре. Именно эти различия в конечном итоге и определяют специфичность каждого вида и каждого организма. Но при этом запись информации осуществляется единообразно у всех без исключения организмов — с помощью триплетов нуклеотидов. Каждый набор из трех нуклеотидов соответствует одной конкретной аминокислоте. У любого организма конкретный триплет обозначает конкретную аминокислоту. Универсальность триплетного кода для всех живых существ — от бактерий до синих китов (с минимальными частными отклонениями) свидетельствует о едином происхождении всей земной жизни.

6. Все живые существа на планете так или иначе взаимосвязаны. Также их существование увязано с глобальными круговоротами воды, углерода, азота, фосфора и других важных для жизни элементов. Один вид может служить пищей, субстратом, конкурентом или необходимым дополнением (симбионтом) для многих других. Все они так или иначе строят свое существование в зависимости от присутствия косных элементов планеты, меняя их состав и концентрации. Жизнь организует по-своему потоки вещества и энергии. Кислородная атмосфера — это продукт жизнедеятельности фотосинтетиков,

некоторые гигантские рудные месторождения являются результатом бактериальной активности; бактериальная флора регулирует потоки серы из глубинных слоев на поверхность, анаэробная микрофлора почв отвечает за фиксацию молекулярного азота и т. д.

7. Наш мир изумительно многообразен. Это его неперемное, обязательное свойство, которое обеспечивает помехоустойчивость в условиях постоянно изменяющихся условий. Развитие живого в целом способствует формированию и поддержанию разнообразия на любых уровнях организации. Так, устойчивость популяций зависит от уровня полиморфизма генофонда. Если он низок, то стоит популяции попасть в неблагоприятные условия, она исчезнет, так как не найдется запасных вариантов. Человеческая защита от мириадом болезнетворных бактерий обеспечивается колоссальной вариабельностью нашей иммунной системы, это частный случай взаимосвязи устойчивости с разнообразием. Важно понимать и обратное: низкое разнообразие ведет к потере устойчивости. Человеческая деятельность по отношению к природе однонаправленно снижает разнообразие, понижая устойчивость биологических систем.

8. Эволюция — это факт. За полтора века исследования исторического развития жизни палеонтологи собрали бесчисленное количество фактических данных, свидетельствующих о постепенном, хотя и неравномерном, развитии жизни на нашей планете. Теперь в общую копилку эволюционных доказательств добавился изрядный вклад, полученный от генетики и молекулярной биологии. Как и любая наука, эволюционное учение трансформируется под влиянием новых фактов, уточняются определения, понимаются ограничения тех или иных доктрин. Но все они не влияют на основное утверждение: эволюция — доказанное свойство земной жизни, а вовсе не теоретические измышления хитроумных биологов.

9. Историческое развитие видов (как типологических, так и филогенетических) продвигается двумя равноправными магистральными маршрутами: конкурентная борьба и кооперация. Биологические инновации могут приобретаться как в ходе постепенного вытеснения менее приспособленных более приспособленными, так и за счет кооперации — объединения полезных приспособлений, обладателями которых являются разные организмы. Данное утверждение имеет и мировоззренческую силу: на ранних этапах обсуждения эволюционных знаний конкуренция абсолютизировалась, биологически оправдывая «звериное» право сильнейших. Уравновешивая конкуренцию кооперацией, мы приобретаем гуманную альтернативу — право товарищей.

10. Человек (вид Человек разумный, а не мальчик Петя, у которого имеются папа с мамой, бабушки, дедушки и куча других человеческих родственников) произошел от обезьян (не современных, а древних, вымерших). Современные антропологи воюют друг с другом вовсе не по поводу этого бесспорного факта, а из-за деталей человеческой эволюции. Какие из ископаемых предков наиболее близки к человеку, где и как появилось прямохождение, какие отношения сложились у человека разумного и неандертальцев, вымерших родичей нашего вида, какие черты психики унаследованы от животных. Сейчас для аргументированных дискуссий появились мощные массивы новых данных — результатов интенсивных раскопок, исследований мозга и геномов. В таких условиях отрицать происхождение человека от обезьян — значит, сидеть в пустом пространстве с крепко зажмуренными глазами, заткнутыми ушами, мысленно повторяя бесконечную мантру «Я подобен Богу...»

Коммуникация животных: от стимула к символу

КОММУНИКАЦИЯ ЖИВОТНЫХ: ОТ СТИМУЛА К СИМВОЛУ.

Фридман В. С., кандидат биологических наук, биологический факультет

Часть 1

Вот розовый куст

Легко написать цветы

Листья труднее.

Сики Масаока

Научное исследование коммуникации животных требует свободы от субъективизма и антропоморфизма в описании и в объяснении поведения. Исследователь не должен гадать, пусть даже убедительно, что именно животное хочет выразить данной демонстрацией, каковы его побуждения и т. д. Поэтому описание поведения, его разделение на элементы, проверку наличия у них сигнальной функции нужно производить с той же объективностью, с какой специалист по сравнительной анатомии выделяет морфоструктуры. Верно и обратное: только выделив устойчивые поведенческие паттерны, можно затем исследовать их возможные функции, в том числе и сигнальные. Прежде чем перейти к примерам, напомним основные понятия.

«Сигнальность» и «знаковость» демонстраций: история идеи

История исследования сигналов и механизмов коммуникации животных тесно связана с историей сравнительной этологии. В отличие от других поведенческих дисциплин (зоопсихологии, сравнительной психологии, физиологии высшей нервной деятельности), сравнительная этология, во-первых, анализирует именно видоспецифическое поведение, то есть самые жесткие, стереотипные, четко дифференцированные элементы последнего, во-вторых, кладет «морфологический» подход к поведению в основу своего метода.

Первыми здесь были учителя Конрада Лоренца — немецкий орнитолог, создатель этологического метода Оскар Хейнрот и английский биолог-эволюционист Джулиан Хаксли (Лоренц стажировался у него в 1920-е годы). Они попытались выделить в изменчивом поведении возбужденного животного (во время сексуальных или агрессивных взаимодействий) элементы, которые были бы столь же четки, дискретны и характерны для вида, как морфоструктуры. Лоренц легко воспринял эти идеи; недаром его первым научным руководителем был Фердинанд Хохштеттер, специалист по сравнительной и систематической морфологии, а также сравнительной эмбриологии позвоночных.

Оскар Хейнрот ввел представление о значимых элементах поведения — демонстрациях и ритуалах как специфических структурах, выделяемых в потоке деятельности животных, существенных для участников взаимодействия и допускающих «морфологическое» либо функциональное описание в той же степени, что и «обычные» морфоструктуры. Это был полный разрыв этологии с традиционным пониманием поведения животных как внешнего проявления «привычек», «инстинктов», «душевной деятельности» и иных эвфемизмов для обозначения психического. Он позволил этологам изучать сигнальные системы разных видов животных так же объективно, как лингвисты изучают языки. От традиционного же «психологического» понимания поведения (которое сохранили сравнительная психология, зоопсихология и физиология высшей нервной деятельности), этологи стремились всячески отмежеваться.

В 1911 году Хейнрот определил этологию как изучение «языка и ритуалов» животных, объединенных им в понятие «система коммуникации». Затем Джулиан Хаксли ввел понятие ритуализации, показав, что социальное поведение животных координируется с помощью сигналов, символизирующих определенную форму поведения, которая должна последовать за данной демонстрацией. Иначе говоря, демонстрация побуждений и намерений животного превращается в знак, указывающий

на возможности развития поведения обоих участников.

Для Хаксли, Хейнрота и их общего ученика Лоренца это означало «презумпцию сигнальности» демонстраций. Всякое выразительное движение животного (то есть «демонстрации» в обыденном смысле слова) этологи рассматривали как потенциальный сигнал. Дальше следует естественное предположение, что «сигнальность» прямо пропорциональна стереотипности, фиксированное и демонстративности действий. Иначе зачем животному так коверкать и вычурно исполнять движения гнездостроения, агрессии, кормления, бегства и т. п., как не для того, чтобы подать сигнал партнеру? (Закрепление «коверканного», «вычурного», слишком шаблонного исполнения действий, происходящих из сферы повседневной активности, их необычное комбинирование друг с другом в комплексы как раз и составляет суть процесса ритуализации, превращающего действие в демонстрацию. Дальше мы рассмотрим примеры таких комплексов движений.)

Когда требуется не сигнал, а реакция — нападение или бегство, спаривание или оборона, прямые действия много эффективнее демонстраций. Последние из-за своей «неестественности» могут показывать только готовность к определенному поведению, тем самым побуждая партнера сделать свой «ход» — выбрать из репертуара брачных или агрессивных демонстраций «ответную». Первый партнер, в свою очередь, ответит на этот ход своим, и таким образом взаимодействие будет продвигаться к определенному исходу — победе одной особи и поражению другой, успешной копуляции и т. п. (Важно, что демонстрации не могут понудить партнера к чему-либо напрямую, как понуждает удар, клевок или иное прямое действие.) Неадекватные и неспецифические ответы ведут к остановке и срыву взаимодействия.

В чем заключалась сущность этологического подхода к выделению элементов поведения, обладающих потенциальной сигнальностью? Представим себе человека, на которого оказывают давление, требуя согласиться с чем-то неприемлемым: он нервно барабанит пальцами по столу, а затем, приняв решение, складывает из пальцев символическую фигуру, обозначающую отказ. Предполагалось, что в поведении животных можно точно так же выделить непрерывную последовательность реакций, обозначающих только возбуждение (аналог постукивания пальцами) и особые дискретные комплексы движений — демонстрации, которые, будучи продуктом ритуализации, по Хаксли, символизируют намерения участников «диалога». Их реакция на эти «символы» увеличивает предсказуемость поведения каждого и взаимно координирует поведение обоих. А это и есть цель коммуникации.

Важную роль в развитии этого направления сыграла работа Хейнрота, посвященная демонстрациям у разных видов утиных: выяснилось, что они строго видоспецифичны и имеют столь четко определенные формы, что наблюдатель (а значит, и другая птица того же вида) узнает каждую из них столь же безошибочно, как анатом — морфоструктуры. Затем Лоренц в посвященной Хейнроту работе 1941 года «Сравнительное исследование демонстраций утиных» показал, что сходство форм демонстраций отражает филогенетическую близость видов, и наоборот, чем более родственны виды друг другу, тем больше в их видовых репертуарах гомологичных демонстраций, различающихся лишь отдельными «оттенками» исполнения. Далее, у близких видов подавляющее большинство демонстраций с одним и тем же «смыслом» гомологичны или вообще тождественны по форме. Это позволяет говорить о том, что дивергенция (расхождение) близких видов одного рода или семейства сопровождается дивергенцией «словарей» видовых демонстраций. У неродственных видов репертуары демонстраций представлены в основном негомологичными сигналами.

Однако незначительные (с точки зрения наблюдателя!) различия между демонстрациями остаются устойчивыми, независимыми от колебаний состояния животного, если они важны для правильного восприятия другим животным. Это относится и к разным демонстрациям одного вида, и к гомологичным демонстрациям у

разных видов.

Такие характерные отличия можно наблюдать у западной поганки *Aechmophorus occidentalis* (рис. 1). Демонстрации «*dip-shaking*» и «*bob-shaking*» обе используются во время ухаживания, их выразительные движения весьма сходны. Отличаются только порядок элементов и некоторые движения в ключевых моментах — в начале и конце демонстрации. «*Dip-shaking*» включает плескание водой в начале и позу с низкой шеей в конце, «*bob-shaking*» — нет. Это и делает их семантически различными сигналами: они обозначают разные степени преодоления взаимной агрессивности партнеров (а она неизменно присутствует в начале ухаживания, так же как и стремление к бегству) и разные возможности сближения.

Отметим, что птицы могут исполнять обе эти демонстрации также вне контекста образования пары — при агрессии и в других обстоятельствах, связанных с ростом возбуждения. Но тогда все «молекулы поведения» намного менее устойчивы. По мере подъема возбуждения особи видна сеть переходов между действиями повседневной активности и вычурными, экстравагантными движениями демонстраций, при спаде возбуждения — обратные переходы. Когда же демонстрации используются в специфическом контексте ухаживания, то есть как коммуникативные сигналы, — переходы не видны совсем. Стереотипное исполнение каждой демонстрации организовано таким образом, что одна сменяет другую скачком, как кадры слайд-фильма, и переходов не наблюдается, оно «подчеркивает» границы, отделяющие формы демонстраций друг от друга и от «фона» — несигнальной активности.

Межвидовые различия демонстраций показаны у двух видов-двойников антарктических поморников — южнополярного поморника *Catharacta maccormicki* и бурого поморника *C. lohnbergi* (рис. 2, 3, 4) — на примере «долгого крика». Эта демонстрация многофункциональна, как, например, песня у воробьиных птиц. Для особей своего пола, с которыми конкурируют за партнера, она означает угрозу и стремление доминировать, для потенциального партнера — готовность поухаживать, для «нейтральных» особей — это сигнал, сплывающий чайк в «клубах» и других группах. «Долгие крики» у обоих видов сходны, но между ними есть и четкие, устойчивые различия, как в целом, так и на каждом из пяти этапов: южнополярный поморник отклоняет корпус гораздо дальше назад и (или) вверх. Межиндивидуальная изменчивость «долгих криков» у обоих видов достаточно велика, но никогда не затрагивает видоспецифичных признаков. С другой стороны, стереотипность исполнения не ликвидирует и даже не уменьшает индивидуальную и ситуативную изменчивость — такое просто невозможно. Главное, что не изменяются дифференцирующие характеристики сигналов — те особенности, по которым различаются сигналы близких видов, как в примере с поморниками, или формы разных демонстраций ряда, как у поганок на рис. 1.

Дискретно и дифференцированно

В примере со складыванием кукиша наличие переходов между элементами сигнального ряда не препятствует выделению отдельных демонстраций. Точно так же непрерывность мотивационных состояний не только не препятствует дискретности элементов демонстраций, но даже требует ее, если те функционируют как сигналы. В примерах, рассмотренных в предыдущей главе, половое возбуждение у демонстрирующей птицы нарастает плавно, однако демонстрации дискретны.

Вообще для коммуникации, то есть обмена сообщениями, несущими информацию, необходимо расчленение внешнего мира средствами некоторой семиотической системы (см., например: А. Н. Барулин, «Основы семиотики», 2002). Так, погода меняется непрерывно и плавно, но мы выделяем в этих изменениях значимые стадии и подбираем для них обозначения — «ясно», «переменная облачность», «дождь», будь то слова или пиктограммы в прогнозе погоды, изображающие солнце, тучку и т. п. (рис. 5). На основании такого сигнала другой человек может принять решение о том, как ему

одеться перед выходом из дома. (Очевидно, что семиотическая система должна быть общей для приемников и передатчиков сигнала.)

Если вернуться к коммуникации животных, то плавно меняющиеся мотивации можно сравнить с плавным изменением погоды, а демонстрации — с введением «обозначений», информирующих о состоянии животного. Континуум поведенческих характеристик животного или значимых деталей ситуации (предмет общения) дробится на конечное число дискретных уровней (означаемое), каждый из которых выражен собственным сигналом. Поведение особи-демонстратора должно разделиться на дискретные структуры — «сгустки» непрерывного потока активности, они же фиксированные комплексы действий, с дальнейшей ритуализацией каждого из них.

Так, у озерных чаек, которых исследовал Нико Тинберген, есть диагональная и распластанная позы угрозы, между которыми присутствуют всевозможные переходы. Киносъемка чаек показала, что в большинстве ситуаций нападения и бегства, во-первых, сами позы встречаются чаще, чем переходные движения, во-вторых, обе позы и переходы между ними — намного чаще, чем незавершенные попытки демонстрации поз. А главное, даже при наличии переходов позы отличаются вероятностями атаки и бегства оппонента после их предъявления — вторая влечет атаку с большей вероятностью. Иначе говоря, существуют два уровня реагирования оппонента, соответствующие первой и второй позе.

Другой пример: суслик Белдинга *Spermophilus beldingi* реагирует на потенциальную опасность тремя типами звуков — трелями, чириканьем и свистами. Трели, серии коротких, быстро следующих друг за другом звуков, суслик чаще всего издает в ответ на появление наземных хищников (в экспериментах — человека, собаки, чучел длиннохвостой ласки и американской норки). Одиночные чириканья и свисты чаще сопровождают появление пернатых хищников. Однако более детальный анализ показывает, что свистом обозначается всякое резкое движение, сильно пугающее животное, трелью — то, что пугает не очень сильно, неподвижная или, во всяком случае, контролируемая опасность. Чириканье же — переходный сигнал (1984. работы Д. Легера и соавторов).

Крайне существенно, что эти три типа сигналов, маркирующие три разные уровня беспокойства животного (о которых суслики «считают нужным сообщить» другим особям в группировке), устойчиво отделены друг от друга только тогда, когда они предупреждают об опасности. Однако тот же самый трелевой сигнал издают самцы сусликов после копуляции. Непосредственная причина этого — обычный для ухаживания конфликт между сексуальностью, страхом перед самкой и агрессией по отношению к ней, когда непосредственно перед копуляцией и во время нее уровень страха максимален. Но трели после копуляции употребляются с совершенно иным «синтаксисом» — они статистически достоверно отличаются от тех, что сигнализируют об опасности, меньшим числом элементов и большей длительностью каждого элемента, причем между двумя типами сигналов практически нет переходов. Кроме того, трели неспецифически маркируют высокое возбуждение животных — но в этом случае изменчивость сигнала настолько широка, что перекрывает оба «чистых» типа трелевого крика, и предупреждающий, и посткопуляторный, причем преобладают переходные формы.

Таким образом, мы убедились, что эффективная коммуникация требует специфических элементов поведения. Даже если в исходном поведении животного соответствующие поведенческие паттерны не разделены, то в контексте общения их приходится разделять.

Примеров, подтверждающих это заключение, сегодня известно гораздо больше, чем можно перечислить в популярной статье. Исследование демонстраций в рамках заложенной Хаксли идеи «сигнальности» и «знаковости» демонстраций оказалось весьма плодотворным (как писал продолживший их традиции Лоренц в «Оборотной

стороне зеркала»). С одной стороны, были показаны дискретность и дифференцированность демонстраций — животное устойчиво воспроизводит определенные формы, как будто огоньком сигареты чертит фигуры в темноте, и эти «фигуры» демонстраций четко выделяются на фоне континуума несигнальных движений. Так, демонстрации угрозы у десятков исследованных видов птиц оказались дискретными и дифференцированными — градуальных сигналов не обнаружено. (Это было показано в обзоре П. Харда и М. Энгвиста по демонстрациям ритуализированной угрозы у птиц в *Canadian J. Zool.* (2001).) С другой стороны, установлено, что формы демонстраций, которые животное воспроизводит устойчиво и стереотипно, в самом деле имеют коммуникативное значение — именно на них ориентируется другое животное, корректируя свое поведение, а не, допустим, на изменения дистанции между особями, взаимной ориентации, интенсивности проявлений неритуализированной агрессии и т. п.

Рассказать подробно о каждом из этих исследований нет возможности, отметим лишь один важный момент. Коммуникация считалась доказанной, если реципиент изменял свое поведение под воздействием сигналов партнера при конкуренции за ресурс малой ценности. Например, в работах Энгвиста и соавторов приведены результаты наблюдений за глупышами *Fulmarus glacialis*, оспаривающими потроха пинагора у мест, где выбрасывают рыбные отходы. Если ресурс не слишком важен, у животного есть выбор: продолжать борьбу или отказаться. Таким образом, этот ресурс делается пробным камнем, позволяющим выявить социально обусловленную разнокачественность особей. Это показывает, что истинная ценность коммуникации — не в ресурсе как таковом, а в выстраивании оптимальных отношений с компаньонами.

Знак и стимул в коммуникации животных

Возникает естественный вопрос: а как передается коммуникативный эффект? И тут есть две возможности. Первая — передача через обмен воздействиями. В этом случае сигналы будут стимулами, которые в классической этологии называют специфическими или знаковыми. Действуя на реципиента, они «принуждают» его к той ответной реакции, которая необходима на следующем этапе, реакция, в свою очередь, побуждает первого партнера к повышению стимуляции и т. д. — в результате действия партнеров становятся скоординированными. Подобное использование стимулов описывается в диалоговой модели коммуникации классических этологов, получившей название «модели ключа и замка». Стимул в этой модели называется релизером — калька немецкого *Auslösung*: «высвобождение, срабатывание». Действие релизера высвобождает адекватный и специфический двигательный ответ реципиента, который тот выдает непроизвольно, автоматически, даже если он в это время занят чем-то другим, скажем, предъясвляет свою демонстрацию. В другом варианте релизер может высвобождать несколько разных (альтернативных) ответов, каждый со своей вероятностью. Например, уже упоминавшиеся демонстрации озерных чаек — позы горизонтальная и распластанная, — обе вызывают как атаку, так и бегство партнера, но атака в ответ на вторую встречается чаще. Так или иначе, свобода выбора реагирования у обеих особей, и демонстрирующей, и воспринимающей, предельно ограничена, они могут или специфически отвечать на релизер, или «сопротивляться» ему, нарушая соответствие между стимулом и реакцией.

Если же набор демонстраций ухаживания, угрозы, предупреждения об опасности и т. п. — это система знаков, а дифференцированные сигналы соответствуют набору ситуаций взаимодействия, то они действуют исключительно информацией. И эта информация позволяет выбрать ответный сигнал таким образом, чтобы события развивались в направлении, более выгодном для данной особи, чем для ее оппонента. В этом случае свобода выбора у особи максимальна. С одной стороны, реципиент использует полученную информацию для корректировки собственной модели поведения там и тогда, где это необходимо именно для него (не обязательно сейчас). С другой стороны, сигнал не зависит от состояния обеих особей — передающей и принимающей,

и поэтому воспринимается независимо от уровней испуга, агрессии и т. п.

Когда сигнальный эффект воздействия демонстраций передается стимулами, он информирует об уровне мотивации реципиента. Поэтому такие сигналы в англоязычной литературе получили название *motivational signals* (сигналы намерений и состояния животного). Когда же сигнальный эффект передается знаками, используется название *referential signals*. Эти сигналы имеют внешнего референта (адресата) и передают информацию о важных ситуациях взаимодействия или объектах внешнего мира (виды корма, типы опасностей). Информация закодирована в дискретных, дифференцированных, специфических формах сигналов, значение которых не зависит от контекста (один и тот же сигнал всегда означает одно и то же). Это было продемонстрировано в исследованиях 90-х годов (*P.Marler, Ch.S.Evans, J.Macedonia, D.Blumstein*), благодаря которым у самых разных видов позвоночных были обнаружены функционально референтные сигналы (*referential signals*), они же категориальные сигналы, они же сигналы-символы в нашей классификации. Они как раз и представляют собой знаки (и символы), передающие информацию идеального характера.

В изящных экспериментах Кристофера Эванса с коллегами, выполненных в 1990-е годы, было показано, что подобный сигнал информирует именно о категориях внешней опасности (о типе пищи, о форме угрозы и т. д.), а не о субъективном уровне возбуждения особи. У домашних кур описаны три сигнала — «опасность с земли», «опасность с воздуха» и пищевой крик. Сигналы четко дифференцированы, «промежуточные» звуки не отмечаются даже у сильно возбужденных птиц. Это позволяет предположить, что все они передают информацию об определенных ситуациях внешнего мира, которую адекватно воспринимают другие куры. Чтобы подтвердить или опровергнуть это предположение, нужно было проверить реакцию особей, которые сами не могут видеть опасность или корм — то есть им приходится полагаться именно и только на сигналы.

Для этого были поставлены две серии опытов, в которых курам проигрывали записи изучаемых криков. В контрольной серии (половина всех повторностей, выбранная случайным образом) проигрывание пищевого крика или крика «опасность с земли» предваряли выдачей зерна, причем птице давали возможность кормиться. В экспериментальной серии те же крики проигрывали в том же порядке, но им не предшествовала выдача зерна, то есть птицы ничем не были мотивированы «правильно» реагировать на тот и другой крик. Реакцию на сигнал оценивали по среднему времени поискового поведения в секундах (вертикальная ось на рисунке), при котором птица характерным образом меняет позу, опуская голову к земле (рис. б). Понятно, что возможность высматривать хищника и реагировать на его появление при этом ограничена. Поисковое поведение после сигналов сравнивали с таким же поведением в период до сигналов и оценивали приращение либо уменьшение.

Некоторый уровень пищевой активности у курицы есть всегда. Однако пищевой крик усиливает ее у голодной особи — птица «доверяет» пищевому сигналу, что надо тщательней искать именно здесь, хотя это может быть опасно из-за потери бдительности. Сытые птицы не так охотно реагируют на пищевой крик (то есть здесь нет «автоматической» реакции, подобной той, что вызывают релизеры). Тревожные сигналы не влияли на пищевое поведение ни у сытых, ни у голодных кур. Таким образом, пищевой сигнал действительно передает конкретную информацию: «здесь может быть еда, ищите лучше». А чтобы исследовать реакцию птиц на сигналы тревоги, нужны другие параметры — интенсивность осматривания, затаивания и т. п.

Предшествующие исследования тех же авторов показали то же самое и в отношении обоих «тревожных криков». Так, у цыплят домашней курицы специфическую реакцию затаивания и бегства вызывает не только крик «опасности с воздуха», но и стилизованное изображение ястреба — силуэт с широкими крыльями, короткой шеей и длинным хвостом, который двигают над цыплятами. Реакция на такой стимул была

исследована еще в классических экспериментах Лоренца—Тинбергена. Эванс и соавторы повторили ее (1993), используя компьютерную анимацию движения «хищника» с разной скоростью и на разной высоте. В обоих случаях оборонительная реакция имела место, когда модель напоминала ястреба, и отсутствовала, когда ее двигали в противоположную сторону (тогда она напоминает утку — длинный «хвост» может быть интерпретирован как «шея»). Для нас сейчас существенно, что цыплята не только бежали при предъявлении «ястреба», но также издавали крик «опасность с воздуха» (именно и только этот), и лишь в том случае, когда находились в группе — но не в одиночку. Следовательно, с помощью этого крика они не выражали собственные побуждения, а использовали сигнал именно для информирования других членов сообщества, позволяя им выбирать собственную стратегию поведения, которая будет зависеть от их личных «обстоятельств». Например, нехватка корма заставляет особь больше рисковать — она отреагирует на сигнал не так поспешно. Аналогичные результаты были получены и для приматов, в исследовании сигналов предупреждения об опасности у кольцехвостых, или кошачьих лемуров *Lemur catta*.

В других экспериментах у цыплят вырабатывали условную связь между нейтральным стимулом (красный свет) и появлением корма. После выработки условного рефлекса красный свет вызывал пищевой сигнал, свет иной длины волны — нет. Другой пример: у цыплят «система левого глаза» и «система правого глаза» выполняют различные функции. Первая отвечает в основном за пространственную локализацию удаленных объектов, вторая — за категоризацию объектов, например распознавание корма. Когда цыплятам проигрывали крик «опасность с воздуха», они пытались рассмотреть объект именно в верхней части поля зрения и именно при помощи левого глаза.

Существует множество доказательств тому, что сигналы-символы не зависят от контекста и соотносятся только с определенными категориями значимых событий внешнего мира животного. В книге Д. Чини и Р. Сифарта (Cheney D.L., Seyfarth R.M.. «*How monkeys see the world: Inside the mind of another species*», 1990) рассмотрен пример с мартышками верветками, чей «язык» сейчас активно исследуется. Верветки издают один и тот же «крик орла» и когда воздушный хищник так далеко, что может интерпретироваться лишь как «тревожный», но не «опасный» объект, и на самых последних стадиях его атаки, когда кричащие особи почти не имеют шансов спастись. Если бы крик маркировал определенный уровень опасности (связанный с появлением того, а не иного хищника), сигналы были бы резко различными.

Упомянутые выше кольцехвостые лемуры устойчиво реагируют криком «опасность с воздуха» на любое появление пернатых хищников и криком «наземная опасность» на появление хищных млекопитающих. Те и другие «обозначаются» своим специфическим сигналом независимо оттого, где относительно опасности находится сам лемур — на земле или на ветках, и оттого, как меняется скорость приближения хищника. Наконец, характер тревожного крика у цыплят зависит скорее от признаков потенциально опасного объекта, нежели от дистанции до этого объекта и, следовательно, оттого, как данная особь оценивает опасность для себя.

То же самое показали знаменитые опыты Р. Сифарта и Д. Чини с зелеными мартышками *Cercopithecus aethiops*. Адекватность и точность реагирования мартышек на сигнал об опасности определенного рода («орел», «змея», «леопард») полностью определяется тем, насколько соответствует акустическая структура данного крика некоторому «идеальному типу», который все особи этого вида распознают как сигнал с соответствующим «значением», а не просто «шум».

Именно сигналы-символы оказываются самым специализированным видом коммуникативных сигналов, вершиной эволюции сигнальных систем в конкретных филогенетических ветвях.

Так, у более примитивных, ранее сформировавшихся видов сурков (более длинные «ветви» филогенетического древа) есть единственный тревожный крик, который

информирует лишь о том, что кричащая особь испытывает беспокойство, тогда как у более молодых видов появляются дифференцированные типы сигналов (рис. 7).

Еще раз подчеркнем, что по содержанию сообщений сигналы-символы противопоставляются сигналам-стимулам: первые информируют о ситуации извне, в которую втянуты особи, вторые о субъективной оценке напряженности ситуации самой особью. Сигналы-символы информируют партнера, а не воздействуют на него «здесь и сейчас». Сигналы-стимулы только воздействуют на реципиента, а не информируют его; причем сила и специфичность воздействия связана с уровнем мотивации и специфичностью мотивационного состояния особи, как и предполагают классические этологи (таблица 3). Наконец, действие первой категории сигналов связано с механизмом информирования, специфическим именно для сигналов, а второй — с механизмом стимуляции подобного подобным, которому подчиняются любые действия, обладающие некой выразительностью, а совсем не одни демонстрации.

Подходящего русского аналога названий *referential signals* и *motivational signals* пока не существует. Ж. И. Резникова в своей книге («Интеллект и язык животных и человека: Основы когнитивной этологии», 2005) использует дословный перевод «категориальный сигнал». Нам кажется более подходящим по смыслу термин «сигналы-символы». В этом случае сохраняется то противопоставление сигналам-стимулам, которое существенно в любом исследовании роли сигналов как специализированных посредников в информационных обменах внутри сообщества.

К настоящему времени известно множество примеров коммуникативных взаимодействий, о которых можно уверенно сказать, что мы имеем дело с сигналами-символами, а не стимулами. Но это тема для отдельной статьи.

ТРАЕКТОРИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ МЫСЛИ. НА ПУТИ К СОВРЕМЕННОМУ ПОНИМАНИЮ БИОСФЕРЫ.

Данилов-Данильян В., член-корреспондент РАН, Рейф И.

«Наука и жизнь» № 3, 2010

Человек зависит от окружающей среды, но и окружающая среда зависит от человека. За время своего существования человеческая цивилизация не создала, пожалуй, ни одной технологии, которая так или иначе не разрушала бы окружающую среду. К счастью, параллельно шёл и созидательный процесс наращивания научных знаний. За последнее столетие стараниями многих исследователей человек пришёл к пониманию основных законов природы, обеспечивающих устойчивость биосферы. Но осознали ли мы до конца свою ответственность перед жизнью на Земле в целом?

От Гумбольдта до Вернадского

Подобно яблочному червю, подтачивающему изнутри облюбованный им плод, человек строит свою цивилизацию внутри биосферы и за счёт частичного её разрушения. При этом он лишь недавно приступил к изучению этой сложнейшей системы, хотя первые попытки целостного подхода к ней восходят ещё к знаменитому немецкому естествоиспытателю Александру Гумбольдту (1769–1859), противопоставившему мозаике независимо существующих видов Карла Линнея представление о взаимодействии организмов между собой и с ландшафтом. В заложенных им основах биогеографии климат выступает как определяющее звено ландшафта.

Тем не менее взгляды Гумбольдта на живой мир и его ландшафтное окружение как на единую систему, неотрывную от климатических факторов, во второй половине XIX века уступили место истории происхождения (филогении) как единственно заслуживающему внимания научному объяснению явлений природы. Именно историей происхождения в процессе конкурентного естественного отбора отдельных особей сумел объяснить

Чарльз Дарвин линнеевское множество видов. При этом изумительная по своей логичности идея Дарвина стала не только биологической теорией, но и мировоззренческой концепцией. А в рамках её последующего развития в биологии возобладал редуccionистский подход, то есть объяснение общего через частное на основе накопленного эмпирического материала. Этот подход сфокусировал внимание учёных на эволюционной судьбе отдельного вида и единичной особи, создавая инерцию «дробления» биоты. И эта тенденция, будучи возведена в абсолюте, серьёзно замедлила развитие взглядов на биосферу как на единую систему.

Казалось бы, системная концепция биосферы должна была возникнуть в недрах экологии, зарождавшейся на рубеже XIX—XX веков. Однако в действительности всё сложилось иначе. И первый своим независимым путём пришёл к современной трактовке этого понятия не биолог, а минералог, основатель геохимии, выдающийся российский учёный В. И. Вернадский (1863–1945). В опубликованных в 1926 году лекциях под общим названием «Биосфера», три года спустя изданных на французском языке, он выдвинул идею целостного мира, в котором живая материя («плёнка жизни») объединена через систему биогеохимических циклов с атмосферой, гидро- и литосферой. Оболочку Земли, в которой протекают биохимические процессы, он и предложил называть биосферой.

Вернадский показал, что химическое состояние наружной коры нашей планеты находится всецело под влиянием жизни и определяется живыми организмами. В его учении о биосфере не только рассматривались основные свойства живого вещества и влияние на него косной природы, но и впервые было раскрыто грандиозное обратное воздействие жизни на абиотическую среду и формирование в результате этого процесса биокосных природных субстанций, таких, например, как почва. Впервые вся живая оболочка планеты предстала как единое, сложное, но в то же время и хрупкое образование. В итоговом обобщающем труде «Химическое строение биосферы Земли и её окружения» Вернадский писал: «На нашей планете в биосфере существует не жизнь, от окружения независимая, а живое вещество, т. е. совокупность живых организмов, теснейшим образом связанная с окружающей её средой биосферы — мощным геологическим фактором от биосферы неотделимым»¹.

Он также первым высказал мысль, что «благодаря эволюции видов, непрерывно идущей и никогда не прекращающейся, меняется резко отражение живого вещества на окружающей среде. Благодаря этому процесс эволюции — изменения — переносится в природные биокосные и биогенные тела, играющие основную роль в биосфере, в почвы, в наземные и подземные воды (в моря, озёра, реки и т. д.), в угли, битумы, известняки, органогенные руды и т. п.»².

Вместе с тем, размышляя о путях эволюции биосферы и об особом месте, занимаемом в ней человеком, Вернадский пришёл к выводу о возможности управления биосферой силой человеческого разума — «научной мыслью и государственно организованной, ею направляемой техникой...». И в этом отношении он был человеком своей эпохи, связывавшим надежды на будущее с безграничными, как тогда казалось, перспективами научно-технического прогресса: «Теоретически мы не видим предела его возможностям...»³.

Век великих экологов

Идеи Вернадского, далеко опередившие время, могли бы долго ещё оставаться не востребованными, если бы не стремительно развивавшаяся в те же годы экология. Эта новая отрасль знания сосредоточила внимание учёных на структуре и функционировании не отдельных организмов, а биологических комплексов. И хотя первым понятие «экология» ввёл известный немецкий естествоиспытатель Эрнст Геккель (1834–1919) для определения области биологии, изучающей взаимоотношения организмов со средой, до начала 1900-х годов этот термин почти не использовался.

Существенный вклад в становление новой науки внесли гидробиологи, что

объяснимо: ведь объектом их изучения были водные организмы, которые невозможно рассматривать в отрыве от окружающей их физической среды.

Одним из первых в этом ряду был немецкий зоолог Карл Мёбиус (1825–1908). Изучая воспроизводство моллюсков на устричных отмелях Северного моря, он обосновал представление о биоценозе — внутренне связанном сообществе организмов, населяющих тот или иной однородный участок морского дна. Он отметил эволюционно сложившуюся жёсткую привязку отдельных видов не только друг к другу, но и к специфическим условиям местной среды (биотопу). Впоследствии понятие биоценоза было распространено на пресноводные и наземные сообщества — биоценоз пруда, озера; биоценоз берёзового леса и т. д.

В начале XX века вклад в исследования надорганизменного уровня внесли биологи самых разных направлений — ботаники, зоологи, гидробиологи, лесоведы. Удалось выявить некоторые общие закономерности, характерные для развития самых разных комплексов организмов (сообществ, биоценозов) в ходе взаимодействия с окружающей средой. К таковым, например, относится процесс сукцессии — закономерной стадийности развития экосистем.

Открытие сукцессии — заслуга двух американских ботаников. Первый из них, Генри Коулс (1869–1939), занимался изучением растительности на побережье озера Мичиган, которое на протяжении длительного периода мелело и отступало от берега. При этом он предположил, что возраст сообщества должен увеличиваться пропорционально удалению от кромки воды, и, таким образом, смог реконструировать ход всего процесса. Самые молодые, только что образовавшиеся дюны были заселены многолетними травами, укреплявшими своими корнями зыбучие пески. Затем на их месте появлялись злаки, вслед за ними — кустарники. А уже потом, на более старых и закреплённых дюнах, начинали расти деревья, причём в определённой последовательности: сначала сосны, через поколение сменявшиеся дубами и клёнами, и, наконец, на наибольшем удалении от берега появлялись буковые деревья — самые тенелюбивые для этой климатической зоны.

В 1916 году последователь Коулса Фредерик Клементс (1874–1945) опубликовал классический труд «Растительная сукцессия». Он показал способность биоценозов приспосабливаться и эволюционировать в ходе изменений окружающей среды. Причём если на начальных этапах разные сообщества одной и той же местности могут сильно отличаться друг от друга, то на более поздних стадиях они становятся всё более и более схожими. В конце концов оказывается, что для каждой области с определённым климатом и почвой характерно только одно зрелое, или так называемое климаксовое, сообщество.

А ещё десять лет спустя, в 1927 году, в Англии вышла книга английского зоолога Чарльза Элтона «Экология животных». Она способствовала переключению внимания зоологов с отдельного организма на популяцию в целом как на самостоятельную единицу. Автор книги побывал в двух арктических экспедициях, и его внимание привлекли колебания численности мелких грызунов, повторявшиеся с периодом в три-четыре года. А обработав многолетние данные о заготовке пушнины в Северной Америке, он пришёл к выводу, что зайцы и рыси также демонстрируют циклические колебания, хотя пики численности у них наблюдаются примерно раз в 10 лет. В этом ставшем классическим труде впервые описана структура и распределение сообществ животных, а кроме того, введено понятие экологической ниши и сформулировано правило экологических пирамид — последовательного уменьшения численности организмов по мере перехода от нижних трофических уровней к высшим (от растений к травоядным животным, от травоядных к хищникам и т. д.).

В 20–30-е годы XX века началось внедрение в экологию точных методов исследования, у истоков которых стояли американский биофизик Альфред Лотка (1880–1949) и итальянский математик Вито Вольтерра (1860–1940). В вышедшей в 1925 году

книге «Элементы физической биологии» Лотка впервые предпринял попытку преобразования биологии в строго количественную науку. В частности, он разработал математические модели и расчёты межвидовых взаимодействий (например, модель, описывающую сопряжённую динамику численности хищника и жертвы), а также биогеохимических циклов. А в 1926 году Вольтерра разработал математическую модель конкуренции двух видов за один ресурс и показал невозможность их устойчивого длительного сосуществования.

Теоретические исследования, которые выполнили Лотка и Вольтерра, привлекли внимание молодого советского биолога Георгия Францевича Гаузе (1910–1986). Он предложил свою, более понятную биологам модификацию уравнений, описывающих процессы межвидовой конкуренции. Экспериментальная проверка этих моделей на лабораторных культурах бактерий и простейших показала, что сосуществование видов возможно, если они занимают разные экологические ниши. В противном случае один из конкурирующих за ту же нишу видов неизбежно вытесняется другим (закон конкурентного исключения). Работы Гаузе вошли в опубликованную в 1934 году в США книгу «Борьба за существование» (в России она увидела свет лишь семь десятилетий спустя) и внесли весомый вклад в появление концепции экосистемы.

«Базовая единица» экологии

Честь введения понятия «экосистема», а произошло это в 1935 году, по праву принадлежит английскому ботанику Артуру Тэнсли (1871–1955). Конечно, у него были свои достаточно авторитетные предшественники — в частности, американский гидробиолог Эдвард Бёрдж (1851–1950), изучавший в начале XX века на материале озёрных сообществ роль организмов в круговороте вещества и трансформации энергии, или его немецкий коллега Август Тинеманн (1882–1960), сформулировавший в 1920-е годы такие важные для экологии понятия, как биомасса и биологическая продукция. Но всё же именно 1935 год принято считать годом рождения общей экологии как самостоятельной науки. Основное достижение Тэнсли заключалось в успешной попытке интегрировать биоценоз с биотопом на уровне новой функциональной единицы — экосистемы. И если в других, ранее сформировавшихся науках, таких как физика, химия или цитология, уже давно имелись свои базовые единицы — атом, молекула, клетка, то теперь для экологии ею стала экосистема — ограниченный во времени и в пространстве единый природный комплекс, образованный живыми организмами и средой их обитания, в котором живые и косные компоненты связаны между собой обменом веществ и распределением потока энергии.

А в 1942 году, независимо от Тэнсли, российский геоботаник В. Н. Сукачёв (1880–1967) на примере лесных сообществ разработал понятие о биогеоценозе. Будучи, в принципе, аналогом экосистемы, биогеоценоз характеризуется ограниченной протяжённостью и однородностью природно-климатических условий. На суше это может быть небольшой участок ландшафта — например, приречный луг или дерево и почва под ним, соответствующая проекции его кроны. И территориально и иерархически биогеоценозы могут рассматриваться как ячейки, или «клеточки», биосферы, которая, в свою очередь, является экосистемой наивысшего иерархического уровня.

Ведущую роль в экосистемных исследованиях по-прежнему играли гидробиологи. Объект их исследований — водные организмы, зачастую обитающие в замкнутых водоёмах (пруд, озеро), — отличался особенно зримым переплетением и взаимосвязью физико-химических и биологических процессов. Так, упоминавшийся уже лимнолог Эдвард Бёрдж, изучая «дыхание озёр», с помощью строгих количественных методов установил сезонную динамику содержания растворённого в воде кислорода, зависящую не только от перемешивания водной массы и диффузии кислорода из воздуха, но и от жизнедеятельности организмов — производителей кислорода (планктонных водорослей) и его потребителей (бактерий и животных). Впоследствии эти идеи были развиты в трудах российских лимнологов Л. Л. Россолимо (1894–1977), Г. Г. Винберга (1905–1987)

и других. Винберг разработал так называемый балансовый энергетический подход. Суть его состояла в том, чтобы на базе единства биохимических процессов, протекающих в самых разных организмах, — например, фотосинтеза всех планктонных водорослей в пруду или всех растений в лесу — суммировать результаты их активности по количеству образующегося при этом органического вещества и выделяющегося кислорода. Появилась возможность не только количественно оценивать биологическую продукцию лесной или водной экосистем, но и разрабатывать их математические модели, основанные на энергетическом подходе.

Три года спустя аналогичные измерения были осуществлены и в США под руководством Джорджа Хатчинсона (1903–1991), знаменитого не только собственными исследованиями — его «Курс лимнологии» (1957) и сегодня представляет самую полную в мире сводку жизни озёр, — но и активной поддержкой талантливых молодых учёных. Среди его учеников следует в первую очередь назвать очень рано, к сожалению, умершего Раймонда Линдемана (1915–1942), чья небольшая по объёму работа «Трофическо-динамические аспекты экологии», опубликованная в 1942 году, без преувеличения, сделала эпоху в экологии. На неё и сегодня ссылаются экологи во всех уголках Земли. Линдеман разработал общую схему трансформации энергии в экосистеме и изложил основные методы расчёта её энергетического баланса. Он, в частности, теоретически показал, что при переходе с одного трофического уровня на другой количество энергии уменьшается так, что организмам каждого последующего уровня оказывается доступна только небольшая, не более 10%, часть от той энергии, что была в распоряжении организмов предыдущего уровня.

С этого момента экосистемные исследования становятся одним из магистральных направлений в экологии.

«Переоткрытие» биосферы и гипотеза «Гея»

Шаг за шагом, усилиями сотен учёных возводила экология недостающие конструкции и осваивала необжитое пространство того здания, своды и контуры которого очертил в своих трудах Вернадский. Однако до понимания биосферы как глобальной экосистемы пока ещё не поднималась и она. Идеи Вернадского, умершего в год окончания Второй мировой войны, остались во многом недооценены современниками, и даже его итоговый труд — своего рода научное завещание — «Химическое строение биосферы Земли и её окружения» был опубликован лишь 15 лет спустя после его смерти. Потребовалось ещё не одно десятилетие, прежде чем взгляд на биосферу как на единую, целостную систему стал утверждаться в представлениях и умах учёных.

К таковым в первую очередь надлежит отнести замечательного российского биолога Н. В. Тимофеева-Ресовского (1900–1981). В предвоенное десятилетие, в период жизни и работы в Германии, он прославился исследованиями в области радиационной генетики и выполненной совместно со своим аспирантом, будущим нобелевским лауреатом М. Дельбрюком работой по определению размеров гена. В последние свои годы Тимофеев-Ресовский сосредоточился на вопросах глобальной экологии и во многом предвосхитил понимание целого ряда только ещё вырисовывавшихся тогда проблем.

Так, выступая в 1968 году с докладом «Биосфера и человечество» на заседании отделения Географического общества г. Обнинска, где он поселился после освобождения из ГУЛАГа (в ту пору столичные и областные города были для него закрыты), он сравнил биосферу с гигантской живой фабрикой, преобразующей энергию и вещества на поверхности нашей планеты. Биосфера «формирует и равновесный состав атмосферы, и состав растворов в природных водах, а через атмосферу — энергетику нашей планеты. Она же влияет на климат»⁴.

Доклад этот в виде статьи напечатан в сборнике научных трудов Обнинского отделения Географического общества, но в силу специфики этого периферийного издания прочитан был лишь немногими, а по-настоящему оценить новаторские идеи учёного смогли, быть может, единицы. И, как это нередко бывало с российскими

первопроходцами, доклад и статья прошли почти незамеченными. Как, впрочем, не хотела замечать в те годы опального учёного и Академия наук СССР. А ведь, по сути, Тимофеев-Ресовский, развивая идеи Вернадского, одним из первых высказал важную мысль о том, что управление биосферой осуществляется самой жизнью.

К сожалению, пребывание по ту сторону «железного занавеса» зачастую ставило российских учёных в весьма невыгодное положение, и высказанные Тимофеевым-Ресовским идеи фактически остались вне поля зрения мировой научной мысли. Зато необычайный интерес в широких научных кругах вызвала выдвинутая в 1970-х годах английским учёным Джеймсом Лавлоком (р. 1919) биосферная концепция Гея (по имени эллинской богини Земли).

Инженер по образованию, Лавлок работал в НАСА, где занимался разработкой приборов по обнаружению жизни на других планетах (в связи с предстоящими полётами автоматических станций к Марсу и Венере). А ещё раньше, в студенческие годы, он создал уникальный газовый спектрофотометр для измерения сверхмалых концентраций газов в атмосфере. Впоследствии именно с помощью этого прибора удалось обнаружить накопление хлорфторуглеродов, разрушающих озоновый слой Земли. Вот эта профессиональная деятельность и навела автора на мысль, что наличие жизни на планете можно в принципе обнаружить по составу её атмосферы, как наиболее чувствительной к любым биогеохимическим изменениям среды. Причём атмосфера «живых» планет, как предположил Лавлок, должна отличаться термодинамической неравновесностью, поддерживаемой благодаря активности жизни. В то время как у «неживых» планет состав атмосферы находится в равновесии с их средним химическим составом.

Образ Гея, по Лавлоку, возникает при мысленном взгляде на нашу планету из космоса, которая представляется как многоуровневая живая организация, как «суперорганизм», обладающий саморегуляторными «геофизиологическими» свойствами и поддерживающий параметры планетной среды на благоприятном для жизни уровне. При этом эволюция земной биоты настолько тесно связана с эволюцией её физического окружения, что вместе они образуют единую саморазвивающуюся систему, отчасти напоминающую по своим свойствам физиологию живого организма.

Особое внимание в своих построениях Лавлок уделяет бактериальному сообществу Земли. Бактерии на протяжении примерно двух миллиардов лет были единственной формой жизни на Земле и, как катализаторы биогеохимических циклов, сформировали биосферу. Они и сегодня остаются основой биогеохимической машины планеты. Но если царившее когда-то древнее бактериальное сообщество прокариот, покрывавших поверхность Земли в виде тонкой плёнки, было в некотором роде монополярной биогеоферной силой, то в дальнейшем, в ходе эволюции, его автокаталитические единицы «перекочевали» в состав более сложных организмов. Они образовали в ядерных клетках специализированные органеллы — митохондрии и хлоропласты. Управление «физиологическими» процессами Гея (процессами восстановления и окисления, соединения кислорода с углеродом и т. д.) осуществляется как прямыми наследниками безъядерных одноклеточных, например бактериями почвы, так и их потомками в ядерных клетках — митохондриями (окислители) и хлоропластами (восстановители). И этот каталитический гиперцикл, по терминологии нобелевского лауреата Манфреда Эйгена, как бы связывает мельчайшие живые организмы с планетарной макросистемой в плане поддержания климатических и биогеохимических параметров её среды.

Нетрудно заметить черты явного сходства Гея с современной трактовкой биосферы в русле идей Вернадского, о работах которого Лавлок узнал только в 1980-х годах (из-за отсутствия полноценных переводов «Биосферы» на английский язык, а также, по его собственному признанию, в силу «глухости» англоязычных авторов к другим языкам). Однако есть и отличия. Во-первых, Гея, вообще говоря, не биосфера, а Земля в целом. Лавлок прибегает к образному сравнению Гея с поперечным срезом старого дерева, где живая часть (биосфера) — лишь тонкий слой камбия под корой, а основная по массе

неживая древесина — продукт многолетней деятельности этого слоя. Второе же — это нехарактерное для Вернадского скептическое отношение к возможности покорения человеком природы и подчинения её своим интересам.

Но можно ли вообще считать концепцию Геи, которую сам Лавлок предпочитает называть гипотезой, в подлинном смысле слова научной? И есть ли в ней помимо грандиозных по смелости идей и философской подкладки более строгая научная составляющая? Некоторые из «геофизиологических» гипотез Лавлока получили научно-экспериментальное подтверждение. Так, в 1981 году он высказал предположение, что глобальный климат стабилизируется путём саморегуляции цикла двуокиси углерода через биогенное усиление процесса выветривания горных пород. Результаты исследований Д. Шварцмана и Т. Фолька, опубликованные в 1989 году в журнале «*Nature*», подтвердили, что микроорганизмы вместе с грибами и растениями, попадая на выветриваемую породу, способны в десятки и сотни раз ускорять процесс химического выветривания. Растворённая в дождевых и грунтовых водах двуокись углерода в форме бикарбонатных ионов выносится с речным стоком в Мировой океан. Там неорганический углерод используется зоо- и фитопланктоном для построения скелетов этих организмов, а после их отмирания выводится из оборота и накапливается в осадочных меловых отложениях. Свой вклад в этот процесс вносят и океанические водоросли, связывающие в ходе фотосинтеза атмосферную двуокись углерода.

Можно привести и другие примеры доказанных на сегодняшний день циклически замкнутых причинных цепочек, являющихся характерной чертой геофизиологии. Хуже, однако, обстоит дело с центральным постулатом Лавлока, с его идеей Геи как глобально скореллированного суперорганизма, которая подверглась в своё время жёсткой критике со стороны многих известных эволюционистов. Дело в том, что эволюция биосферы в рамках концепции Геи интерпретируется как её индивидуальное развитие (эпигенез) и совершенствование саморегуляторных свойств. Однако с точки зрения традиционной науки такие жёстко скоррелированные системы высочайшей сложности со временем неизбежно деградируют и распадаются. Живые организмы также отличает высочайшая сложность организации. Но для поддержания этой сложности и упорядоченности в природе используется механизм конкурентного взаимодействия особей, в результате которого в потомстве воспроизводятся только те из них, которые сохранили эту внутреннюю упорядоченность.

Однако Гея существует в единственном числе и, следовательно, воспроизводиться она не может, как невозможен, по замечанию британского эколога Ричарда Докинза, естественный отбор наиболее приспособленной из планет. А следовательно, не может идти речи и о сколько-нибудь длительном сохранении способности Геи к саморегулированию, если только не мыслить за ней упорядочивающей воли Творца. Или же (по ироническому замечанию канадского учёного Форда Дулитла) — комитета биологических видов, ежегодно собирающегося с целью договориться о климате и химическом составе планеты на следующий год. Противопоставить что-либо этой критике Лавлок не сумел, что в итоге способствовало дискредитации идеи формирования благоприятной для жизни среды средствами самой жизни.

Биосфера как «рынок» биотехнологий

Идеи Лавлока оказали, бесспорно, революционизирующее влияние на умы, хотя сама его концепция была встречена академической наукой весьма скептически.

Дальнейшее развитие проблема поддержания устойчивости жизни на Земле получила в трудах представителя российской экологической школы, петербургского биофизика В. Г. Горшкова. Его теория, окончательно оформившаяся к середине 1990-х годов, была названа теорией биотической регуляции окружающей среды. Причём предложенный им научный подход в корне отличался от подхода Лавлока.

Прежде всего, исследуя механизмы биогеохимического кругооборота, Горшков как бы поменял местами причины и следствия, отведя центральное место круговороту

вещества и энергии на уровне отдельно взятых биотических сообществ, и в первую очередь — биогеоценозов, этих, по выражению Тимофеева-Ресовского, «элементарных единиц» биосферы.

Как известно, каждое такое сообщество основано на тесном взаимодействии и тонкой согласованности всех входящих в него видов — растений, грибов, микроорганизмов, мелких беспозвоночных, — встроенных в сложные трофические цепочки, по которым циркулируют энергия и необходимые для их жизнедеятельности химические вещества. Именно эта жёсткая скоррелированность видов внутри сообщества — при отсутствии межвидовой конкуренции и почти полной замкнутости круговорота веществ — позволяет ему поддерживать паритет синтеза и разложения органического вещества, при котором практически не возникает отходов. А в случае того или иного возмущения окружающей среды — температурно-климатических перепадов, вулканических выбросов, изменения концентрации биогенных веществ и т. д. — сообщество реагирует такой перестройкой протекающих в нём обменных процессов, которая позволяет компенсировать неблагоприятные физико-химические изменения среды и способствует её возвращению в невозмущённое состояние (аналогично действию принципа Ле Шателье для термодинамически устойчивых неживых систем).

Хрупкое равновесие биосферы

Понятие погоды уже давно стало в нашем сознании нарицательным, как синоним чего-то ненадёжного, неустойчивого, зыбкого. Увы, то же самое можно, в принципе, отнести и к земному климату, хотя люди только недавно начали это осознавать и задумываться над тем, что же всё-таки обеспечивает климату относительную стабильность и пригодность для разнообразных форм жизни. В самом деле, как показывают радиоизотопные исследования осадочных отложений и горных пород, средняя приземная температура нашей планеты на протяжении последних 600 млн лет колебалась в интервале примерно 20°C, опускаясь в ледниковые периоды до +5°C и поднимаясь во время максимальных потеплений до +25°C. А современная среднеглобальная температура +15°C сохраняется уже много столетий с колебаниями, не превышающими десятых долей градуса. И это, между прочим, наиболее благоприятная температура для подавляющего большинства наземных биологических видов.

Но что же способствует поддержанию такой благоприятной для всего живого температуры на фоне всех тех катаклизмов — астероидных атак, грандиозных оледенений, всплесков вулканической активности, подвижек и разломов земной коры и пр., — что перенесла за свою долгую историю Земля? И что мешает нашей планете охладиться до минусовых температур, как у ближайшего соседа по солнечной системе Марса с его оледеневшей и смёрзшейся поверхностью, или разогреться под действием парникового эффекта до +400°C, как у Венеры с её полностью испарившейся влагой. Ведь с точки зрения существующих законов природы только два этих состояния и можно признать по-настоящему устойчивыми, или, как говорят, физически выделенными.

Некоторые из причин лежат, так сказать, на поверхности и хорошо известны современной науке. Это, прежде всего, стабильность солнечного излучения и постоянство достигающей Земли его световой энергии — порядка 1360 Дж/м. Это мощная океаническая и воздушная прослойка, служащая аккумулятором тепла на планете. Это перемешивание воздушных масс в нижних слоях атмосферы и мощные океанические течения — от экватора к полюсам и обратно, сглаживающие температурные экстремумы на разных земных широтах, и т. д. И всё же для объяснения отмеченной выше температурно-климатической устойчивости этих чисто физических факторов, по-видимому, недостаточно. И учёные всё больше склоняются к мысли, что важнейшим гарантом жизни на Земле является сама жизнь, то есть населяющая её биота. И что именно живая биота препятствует деградации окружающей среды до

непригодного для жизни состояния, что в полной мере относится и к её климатической составляющей.

В научно-популярной литературе неустойчивость температурно-климатического баланса Земли нередко сравнивают с шариком, находящимся на вершине остроконечной пирамиды, символизирующей благоприятные для жизни климатические параметры. Какое-то время шарик может удерживаться в этом шатком положении, но достаточно даже незначительного внешнего воздействия, чтобы шарик, потеряв равновесие, скатился к основанию пирамиды. Вот это положение шарика у основания пирамиды и является для него по-настоящему устойчивым, то есть физически выделенным. А если вырезать на вершине пирамиды ямку по форме шарика? Тогда мы создадим для него ещё одно физически выделенное положение, в котором он сможет находиться неопределённо долгое время. Нечто подобное имеет место и в случае с земным климатом. Только эту «ямку устойчивости» на вершине кривой создаёт для него сама биота, обеспечивающая ему уже не физически, а биотически выделенную стабильность. (По материалам сайта [Биотическая регуляция](#))

Так, при избытке в атмосферном воздухе углекислого газа усиливается органический синтез и малоактивные формы органического углерода «консервируются» в почвенном гумусе и торфяниках. Недостаток углекислого газа восполняется за счёт разложения ранее созданных запасов органики. Собственно, в этом — в изменении соотношения между синтезом органического вещества и его деструкцией — и состоит основной инструмент воздействия биоты на окружающую среду на уровне как отдельных экосистем, так и биосферы в целом.

Однако всё сказанное справедливо лишь в отношении полноценных, ненарушенных природных сообществ. В искусственно сформированных сообществах, например агроценозах, где разомкнутость круговорота веществ достигает десятков процентов, растения не могут нормально развиваться без внесения в почву органических и минеральных удобрений. А так называемые синантропные виды — воробьи, домовые мыши и др., приспособившиеся к существованию за счёт человека, уже неспособны вернуться к своему естественному состоянию в силу изменённой генетической программы.

Природные виды также подвержены наследственным мутациям. А это с неизбежностью сказывается на способности включающего их сообщества к поддержанию замкнутого круговорота веществ. Но такие мутантные сообщества в силу их экологической несостоятельности постепенно вытесняются из экосистемы, освобождая место своим более успешным соседям. И хотя биосфера и здесь мыслится как единое целое, отпадает надобность в идее суперорганизма, а залогом сохранения стабильности окружающей среды выступает естественный отбор, закрепляющий в потомстве видовой и генетический состав наиболее адекватных в экологическом плане сообществ.

То есть природа, по Горшкову, «наводит порядок», работая с бесконечным множеством независимых операционных единиц, минимизируя тем самым случайные флуктуации, угрожающие существованию любой сложно организованной системы. И в этом смысле биосферу можно сравнить со свободным рынком, где взамен товаров и промышленных технологий конкурируют биотехнологии. Так что, видимо, неслучайно человечество в своём развитии пришло к тому же универсальному принципу оптимизации сверхсложных систем, что на протяжении миллионов лет был апробирован самой природой.

Конечно, огромная роль биоты в формировании и обеспечении стабильности окружающей среды, особенно на локальном уровне, в общем, была известна и до Горшкова. Но он, в рамках своей теории, глобализировал эту роль, придал ей новый статус, поместив природные экосистемы в центр всей экологической проблематики. И тому есть немало оснований.

Все слышаны о спорах, что ведутся сейчас вокруг проблемы климатического потепления и вклада в этот процесс антропогенного CO_2 , выделяющегося при сжигании ископаемого органического топлива. Казалось бы, биота, реагируя на подобное возмущение окружающей среды в соответствии с принципом Ле Шателье, должна была бы поглощать избыточную двуокись углерода в атмосфере. Но этого, увы, не происходит. И, как показывает глобальный анализ землепользования, на освоенных человеком территориях количество органического углерода в нарушенных экосистемах не только не растёт, но, напротив, уменьшается, что приводит к его массивному выбросу в атмосферу. Причём скорость этой эмиссии сопоставима со скоростью выбросов ископаемого углерода в результате сжигания ископаемого топлива. А исследование пузырьков воздуха в ледяных ядрах Антарктиды показывает, что рост концентрации атмосферного CO_2 начался задолго до широкомасштабного применения угля, нефти и газа и совпал с промышленной революцией конца XVIII столетия. То есть опять-таки причиной здесь послужила эмиссия углерода, вызванная интенсивным освоением новых земель и дальнейшим наступлением человека на девственную природу. С этого момента и до конца XIX века сохранение устойчивости биосферы обеспечивалось главным образом экосистемами Мирового океана, компенсаторный потенциал которых достиг критической отметки к концу XIX века, после чего начался процесс глобального изменения окружающей среды.

На сегодняшний день, как показывают расчёты, примерно половина неорганического углерода, образующегося при сжигании ископаемого топлива, абсорбируется океаном в результате физико-химических процессов и ещё около 1/5 поглощается океанской биотой и сохранившимися экосистемами суши; остальное накапливается в атмосфере. Однако ещё более мощным источником эмиссии углерода служит освоенная человеком часть суши. Считается, что вся эта эмиссия полностью поглощается ненарушенными или слабовозмущёнными экосистемами суши и Мирового океана. Таким образом, поступление в биосферу углерода вследствие сжигания ископаемого топлива накладывается на этот источник, который сохранится даже на фоне полного прекращения использования угля и нефти. А в случае если человечеством будут полностью освоены природные экосистемы суши и океана, поток углерода в атмосферу возрастёт почти на порядок, так что даже отказ от использования органических видов топлива не переломит катастрофической ситуации.

С другой стороны, как видно из той же диаграммы, для того чтобы приостановить накопление атмосферного CO_2 при нынешних объёмах сжигания ископаемого топлива, то есть законсервировать на какое-то время нынешнее состояние биосферы, человечеству понадобилось бы освободить под естественные экосистемы примерно 7% освоенных им территорий. Практически это было бы равносильно отказу от эксплуатации 40% вовлечённых в хозяйственную деятельность лесов. Такова, по-видимому, цена того «тайм-аута», который человечество могло бы взять у природы в обмен на время, необходимое для решения демографической, энергетической и других экологически значимых проблем.

Теория биотической регуляции не только представляет академический интерес, но имеет непосредственное отношение к выбору стратегии устойчивого развития. И, прежде всего, она меняет приоритеты. Если до сих пор в центре внимания мировой общественности находилась борьба с загрязнениями окружающей среды, то теперь пальма первенства должна быть отдана проблеме сохранения и возрождения природных экосистем, разрушенных человеком. Это диктуется не только его собственными интересами, но и заботой о выживании огромного большинства обитающих на Земле видов.

Когда в конце 1920-х годов Вернадский пришёл к идее биосферы как единого, целостного образования, формирующего облик нашей планеты, а вскоре за тем Тэнсли ввёл ключевое для экологии понятие экосистемы, мир представлялся большинству

людей открытым и почти безграничным, в котором человек может действовать как ему заблагорассудится, приспособлявая и перекраивая его под свои нужды. А то, чем занимались учёные-экологи за стенами лабораторий, казалось бесконечно далёким от повседневных людских забот и дел. И понадобился почти век, чтобы эта связь стала очевидной, а термины «биосфера» и «экосистема» вошли в наш обиход наравне с такими понятиями, как, например, субсидия или приватизация. И всё же путь до конца ещё не пройден. Потому что между осознанием зависимости человека от современной ему окружающей среды и пониманием всей опасности её деградации в перспективе на будущее (о чём предупреждают экологи) «дистанция огромного размера». Но пройти его необходимо — чтобы это будущее вообще состоялось.

ЧУДНАЯ НАУКА

Баюк Д.

«Что нового в науке и технике» №11, 2005

Времена «большой» советской науки прошли. Российская академия наук, сохранив почти все признаки «большой» советской академии, — не единственный живой памятник ушедшей эпохи в постсоветском пейзаже, но от ее бывшего могущества мало что осталось. И на познание неведомого кроме нее теперь претендует великое множество новых академий, нередко с чудными названиями, и там избирают в академики чудаков. А от «альтернативной науки», которую там строят, академики «большой» академии приходят в ужас.

S.O.S.

Весной 1999 года Российская академия наук обратилась с весьма драматическим посланием к «научным работникам России, профессорам и преподавателям вузов, учителям школ и техникумов, всем членам российского интеллектуального сообщества». Там, в частности, говорилось: «В отечественных государственных и частных СМИ не прекращается шабаш колдунов, магов, прорицателей и пророков. Псевдонаука стремится проникнуть во все слои общества, все его институты, включая Российскую академию наук. Эти иррациональные и в основе своей аморальные тенденции, бесспорно, представляют собой серьезную угрозу для нормального духовного развития нации».

За прошедшие с того времени годы острота споров, кажется, спала. С экранов телевизоров исчезли наиболее одиозные личности, к астрологическим прогнозам люди стали относиться более иронично, лечиться наложением рук тоже рискуют всё меньше и меньше людей. И тем не менее проблема остается. Заключается она в том, что за развитие науки взялись непрофессионалы. Они, не обладая ни должным образованием, ни развитой культурой мышления, берутся предлагать скоропалительные ответы на сложнейшие вопросы — о строении материи, эволюции Вселенной, природе сознания, предопределении судьбы. Их притязания на решение задач, над которыми долгое время бились лучшие умы человечества, должны были бы вызывать только смех и улыбку, но этого не происходит — к ним часто прислушиваются со вниманием, а широкая публика принимает плоды их деятельности за научные достижения.

Вот один из недавних примеров. Омский конструктор Александр Ильин якобы нашел компактное доказательство великой теоремы Ферма, о которой, по его собственному признанию, узнал случайно, «пролистывая энциклопедию на майские праздники». На доказательство этой теоремы человечеству понадобилось почти четыреста лет, пришлось создать новый раздел теории чисел, и всё равно оно в самом сжатом изложении занимает около трехсот страниц. Но Александр Ильин, обдумывая задачу во время утренней чистки зубов или приготовления шашлыка на даче, быстро нашел доказательство длиной всего в три страницы. Даже то краткое изложение его доказательства, что опубликовала «Новая газета», содержит очевидные многим ошибки. Но коллеги Ильина по Академии

воздухоплавания и космонавтики сочли, что доказательство верно, и с плохо скрываемым недоверием предложили проверить его математикам, уже заранее готовые обвинить их — в случае неизбежно отрицательного результата экспертизы — в предвзятом отношении, вызванном завистью.

Событий подобного рода множество, и каждое из них таит в себе множество опасностей. Прежде всего, оно оскорбляет вкус — в той же мере, в какой его оскорбляет всё бездарное. Кроме того, оно рождает в публике ложное представление о том, чем занимаются ученые, кто они такие и для чего вообще наука нужна современному обществу (и нужна ли вообще). Таким образом, оснований для тревоги у академиков из РАН более чем достаточно.

Образ врага

Надо признать, что чудаки попадались и среди вполне уважаемых в наши дни ученых.

Так, для К. Э. Циолковского общение с ангелами было самым обычным делом; он трудился над идеей космического полета в частности для того, чтобы расселить ангелов по космосу. В чем и имел множество единомышленников и последователей.

Мне как редактору академического журнала регулярно приходится иметь дело с различными чудаками, пытающимися так или иначе узаконить род деятельности, к которому они питают пристрастие. Совсем недавно я получил письмо от бывших наших соотечественников, переселившихся на немецкую почву в город Аугсбург. Они писали о своей борьбе за признание «закона Николая Кузанского», открытого ими в сочинениях этого немецкого кардинала, которые переводились на русский язык и издавались в конце 80-х годов. К письму прилагалась переписка авторов с германскими физиками и руководством Общества Николая Кузанского. Первые отрицали существование обнаруженного ими закона, а вторые не находили его в рукописях кардинала. Авторы надеялись, что широкая научная общественность на родине поможет им найти правду. Закон, открытый им, был очень прост: «Чем быстрее движется элементарная частица, тем менее искривлена ее траектория».

Неопрятно одетых пожилых людей с горящими глазами или, наоборот, понуро глядящих в пол, я научился распознавать еще до того, как они открывают рот: долгие годы непризнания либо закаляют изобретателя вечного двигателя, либо повергают в уныние. Но страсть поведать миру о своем творении всё же сильнее нежелания окружающих их слушать и всеобщего разочарования в вечных двигателях любого рода. Их безнадежное чудачество даже вызывает определенное сочувствие. И я не могу удержаться от крамольной мысли: а что если напечатать одну короткую заметку о новой модели вечного двигателя, дав потом, может быть даже в следующем номере, опровержение основной ее идеи и заметив, что вечные двигатели, как и предполагалось, невозможны? Вот когда завиральные идеи приобретают широкую аудиторию, на смену чудачеству приходит лженаука.

Лженаука и власть

Самое неприятное происходит, когда аудитория, открытая завиральным идеям, расширяется благодаря власти. Если Леонид Ильич Брежнев доверял свое здоровье только Чазову и Джуне Давиташвили, то при Борисе Николаевиче Ельцине Кремль наводнили целые полчища целителей, черных магов и астрологов. В МЧС были взяты на работу несколько десятков экстрасенсов, которым надлежало разыскивать пропавшие в тайге вертолеты, предсказывать землетрясения и теракты. И мне трудно удержаться от мысли, что из Кремля поступали средства на поддержания различных сомнительных телепередач и периодических изданий.

В советские годы поисками лучей смерти, исследованием людей с паранормальными способностями, слежением за НЛО и «работой» с «контактерами», умевшими «открывать канал общения» с внеземным разумом занимались во многих исследовательских организациях, входящих в различные силовые ведомства. Академик Александров, решившийся в 1991 году заговорить публично о работах, которые

выполняются по закрытой тематике, показал публике только верхушку айсберга. В более поздние времена, когда на науку бюджетных денег тратилось меньше, меньше их тратилось и на лженауку. Зато больше их потекло из неких «внебюджетных источников». И всё-таки не совсем ясно, кто финансировал приказ заместителя генерального директора РКК «Энергия» килограммами доставлять на космическую станцию «Мир» камни, заряженные в пресловутых пирамидах Голода, и закапывать такие же камни по периметру Москвы, чтобы защитить город от надвигающейся эпидемии гриппа (интересно, не в мэрии ли это придумали?)

Вероятно, президиум РАН поступил бы логично, если бы обвинил в потворстве проникновению псевдонауки во все слои общества существующую систему власти или, по крайней мере, определенные ее структуры. Но РАН настолько вписана в систему власти и настолько зависит от нее финансово, что не смогла адресовать ей обвинение, так и повисшее в воздухе.

Академии противоестественных наук

Парадокс постсоветской российской науки заключался в том, что и от новой научной политики государства, и от складывающегося в обществе отношения к науке вообще больше всего страдала именно РАН. Но она по причине своей прямой от них зависимости не могла решиться на открытую критику. В то же время стали в больших количествах появляться различные общественные академии, бюджеты которых пополнялись из негосударственных средств. Они могли с большей свободой критиковать государственную политику, но не делали и не делают этого просто потому, что эта политика им во благо.

Кроме уже упомянутой в связи с Александром Ильиным Академии воздухоплавания и космонавтики лженаука нашла себе пристанище в Российской академии естественных наук, Международной академии информатизации, Международной инженерной академии, Международной академии наук высшей школы, Российской инженерной академии, Академии технологических наук РФ, Международной академии энергоинформационных наук. Список можно продолжить. Обо всех этих академиях и их роли в распространении лженаучных учений много говорится на заседаниях РАН, в особенности членами Комиссии по борьбе с лженаукой. Но если им верить, то и в самой РАН лженаука нашла себе пристанище. Хотя бы в лице академика Фоменко, например.

История учит...

Недавняя история учит тому, что для рождения лженауки нужно соединение двух обстоятельств: невежества и слепой веры. В этом смысле, казалось бы, трудно найти более яркий пример лжеученого, чем Константин Циолковский. Как в силу стесненных материальных обстоятельств (первые годы в Москве Циолковский жил на 3 копейки в день), так и по причине плохого здоровья (он с детства страдал глухотой) систематическое естественнонаучное образование оказалось для него недоступным. Циолковский много времени проводил в библиотеках и значительную часть получаемых им денег тратил на книги, которые внимательно прочитывал. Тем не менее дошедшие до нас его высказывания, например о теории относительности, демонстрируют глубокое непонимание им самих основ современной ему физики. С другой стороны, никаких рациональных оснований для такой глубокой веры в возможность воскрешения умерших, их посмертного превращения в ангелов и последующего расселения по космосу при помощи «ракетных поездов» у него не было. Это была вера глубоко религиозного человека.

Члены Императорской академии наук, преобразованной в 1918 году в Российскую, а еще через четыре года и в АН СССР, сторонились Циолковского и относились к нему по меньшей мере иронически. Недавние исследования американского историка Азефа Сиддики показывают, что после избрания Циолковского в 1918 году во вновь организованную Социалистическую академию общественных наук его членство там длилось совсем недолго — в июле 1919 года он был выведен из состава академии, а в

ноябре арестован и приговорен к году исправительных работ как белый шпион. Только случайность спасла его от лагеря, и он, едва не умирая от голода, вернулся в Калугу.

Большая часть его единомышленников, да и вообще людей, проявлявших интерес к его идеям, также не имели какого бы то ни было систематического образования. Их увлекала идея космической жизни сама по себе, вовсе не потому что она как-то подтверждалась развитием науки. Среди них оказывались и люди достаточно состоятельные, чтобы финансировать издание книг Циолковского: после 1917 года на средства спонсоров он издал около сорока монографий и только три — на государственные деньги в последние два года своей жизни. В высшей степени настороженное отношение к нему со стороны профессиональных ученых и АН СССР сохранялось — и, заметим, вполне обоснованно — еще долго после его смерти.

Это отнюдь не означает, что вклад Циолковского в историю науки отрицательный или нулевой. До самого последнего времени космические полеты осуществлялись этими самыми «ракетными поездами», то есть многоступенчатыми ракетами-носителями. А о том, для чего они придумывались, долгое время предпочитали не вспоминать.

Король алхимиков

В начале XVII века столица необычного государственного образования, известного как Священная Римская империя германской нации и существовавшего на территории Европы несколько веков, располагалась в Праге. Император Рудольф II (по совместительству король Венгрии и Богемии), по словам захватившего как-то в Прагу венецианца Контарини, «так наслаждался любыми разговорами о тайнах как природы, так и искусства, что любой, готовый говорить о них, мог рассчитывать на внимание с его стороны». Прячась от грубого материального мира, он хотел всё знать об оккультных силах, которые приводили этот мир в движение. В 1600 году его придворный астролог Тихо Браге пригласил себе в помощники математика из Граца Иоганна Кеплера, уже прославившегося своими удачными предсказаниями, сделанными на основании составленных им гороскопов.

В не меньшей степени Кеплер прославился и книгой «Космографическая тайна», в которой объяснял движения планет особым устройством всего космоса. Это, по его представлениям, гигантский кубок, в центре которого Солнце, а вокруг него концентрические шары, плотно уложенные в окружающие их правильные многогранники. Поскольку таких многогранников всего пять, столько же должно быть и сфер, а следовательно, и подвижных светил. Как ни причудливы были эти взгляды Кеплера, от них он естественно пришел к мысли об эллиптичности орбит вращающихся вокруг Солнца планет, а затем и к другим своим законам, известным сегодня каждому (прилежному) школьнику.

Школьник, знающий о Кеплере по его законам, не задумывается о тех многочисленных гороскопах, которые Кеплер составил. Еще меньше он думает о той странной атмосфере, что царила во дворце монарха, которому Кеплер служил, и в которой рождалась современная астрофизика.

Академии против университетов

Я вынужден отместить известный аргумент, нередко приводимый в наши дни, что тогда, в начале XVII века, магия, астрология и алхимия были еще наукой, а лженаукой они стали после того, как выяснилась ложность их оснований. Их основания уже тогда считали ложными в любом университете. Именно в университетах процветала средневековая наука до XVI века, временами переживая бурные подъемы, временами впадая в кризис. Магию там считали пережитком гностических верований раннего христианства, заимствованных у язычников и изжитых еще в III веке. Сами по себе магия и астрология еще не были ересью, но граничили с ней и не раз осуждались в папских буллах. Кстати, Джордано Бруно сочли еретиком вовсе не потому, что он верил в гелиоцентризм Коперника, а потому, что он верил в магический дар Христа, отрицая его божественную сущность (как, между прочим, и Циолковский четыреста лет спустя).

А Кеплер так прямо и писал одному из своих корреспондентов: «Мы, придерживающиеся коперниканской ереси, должны всячески поддерживать друг друга...»

Система университетского образования находилась тогда под строгим контролем монашеских орденов — главным образом Ордена проповедников (доминиканцев) и Общества Иисуса (иезуитов). Первые академии возникли в Италии как учебные сообщества, весьма вольным образом соединявшие преподавателей и слушателей, альтернативные университетскому истеблишменту. В пику царившему в университетах Аристотелю в Академии Платоника во Флоренции XV века изучали сочинения Платона — а скоро подоспела мода и на Гермеса Трисмегиста. Академия деи Линчеи, ставшая знаменитой после того, как в 1611 году в нее был избран Галилео Галилей, создавалась в Риме для незаметного поначалу, а потом всё более и более могущественного противостояния одному из главных учебных заведений того времени — Римской коллегии иезуитов.

В России в момент создания академии противостоять было некому, да и незачем — она уже изначально была частью российского истеблишмента. Но был в ее истории период, хотя и недолгий, когда она оказалась очагом вольнодумства — в период между войнами в ней вдруг пышно зацвел «физический идеализм», математики обнаружили склонность к реакционному религиозному мистицизму, а биологи начали впадать в ересь вейсманизма-морганизма. Со смутьянами сумели разобраться довольно быстро. Но интересно, что в тот недолгий период академия снова оказалась в конфронтации с университетами, в очередной раз доказывая право науки противоречить себе.

Пощечина хорошему вкусу

Хорошо понятно негодование академиков, когда они сталкиваются с абсурдом чудаческого теоретизирования. Злоупотребление словами, очевидные пробелы в образовании, наглая заносчивость, неспособность воспринимать критику, сближение по манерам и мироощущению с религиозной сектой — все эти качества, присущие адептам многих современных течений «альтернативной науки», не могут не раздражать человека, воспитанного в академической традиции. И всё-таки, говоря об академической комиссии, чье внимание обращается на факт существования лженауки, я бы подумал, что ее задачей должно стать не выявление и разоблачение обмана, не цензура учебников и экспертная оценка предлагаемых для государственного финансирования проектов, а прежде всего изучение этого социального явления.

Такой анализ наверняка бы показал, что просвещенческий исторический цикл, ориентированный на идеал ясного рационализма, всегда сменяется романтическим, когда происходит погружение в загадочный и притягательный мир интуитивных идей и смутных образов. По большей части лженауки обнаруживают определенное внутреннее единство: Мулдашев апеллирует к торсионным полям, «торсионщики» — к паранормальным способностям сознания, биоэнергетики — и к тому, и к другому, сторонники теории эфира борются за социальную справедливость и с засильем сионистов в физике, а фоменковцы оспаривают еврейскую национальность земного воплощения христианского бога. Для всех для них характерно то отношение к действительности, которое я бы связал со стихийным платонизмом пифагорейского типа и задал бы в связи с этим вопрос: а почему, собственно, широкая ненаучная общественность так радуется надругательству над здравым смыслом? Почему, всё больше теряя интерес к развитию нормальной науки, она с любопытством и симпатией поворачивается к сомнительным теориям и учениям? Не может ли она предчувствовать нечто, кажущееся совершенно невозможным тем, кто привык к строгой работе мысли? Или публике претит строгая работа мысли и хочется простых решений? Самое интересное еще впереди.

Глоссарий

По мнению члена-корреспондента РАН, заведующего лабораторией нейрогенетики и генетики развития Института биологии гена РАН и лабораторией молекулярной биологии Института биологии развития РАН Леонида Корочкина, кроме лженауки существует также антинаука, псевдонаука и паранаука. Вот чем они различаются:

Антинаука — это открытое отрицание науки вообще, отвержение точных научных данных и построение концепций, противоречащих реальности, извращающих ее, как в кривом зеркале. Типичный пример — ассоциация верящих в то, что Земля плоская, многочисленные отечественные и зарубежные колдуны и «чародеи», «заряжающие» своим взглядом воду, газеты или разгоняющие облака (последние, кстати, находили одно время поддержку в руководстве Академии наук бывшего СССР). К той же категории принадлежат и так называемые хилеры — филиппинские «хирурги», а в действительности жулики, утверждающие, будто они способны проводить бескровные операции без всяких хирургических инструментов, проникая рукой в любые части тела больного, ничего не разрезая, не зашивая и не оставляя послеоперационных следов. Один из выдающихся американских фокусников Андрэ Коль, призывающий к сотрудничеству христианской религии и науки в борьбе с антинаучными извращениями, выпустил в свет видеокассету *Miracles or Deception?* с воспроизведением филиппинских фокусов и соответствующими разъяснениями и предостережениями легковерным. Однако доверчивость человеческая беспредельна, а журналистам так хочется всех удивить!

Лженаука представлена «теориями», порожденными некомпетентностью, дилетантизмом или откровенной дремучей неграмотностью авторов. Она очень близка антинауке и отличается разве что тем, что на словах науку признает, но на деле строится на результатах грязно поставленных, невозпроизводимых экспериментов, часто сопровождается откровенным жульничеством и подтасовкой фактов. Типичные примеры лженауки — хорошо всем известные лысенковщина и лепешинщина в советской биологии. В последние годы широкое распространение получили представления о существовании неких специфических биологических «полей» и излучений. При этом авторами, «создающими» так называемую квантовую генетику, отвергается хромосомная теория наследственности и утверждается, что носителями наследственной информации являются некие «поля», с помощью которых наследственность можно передавать на расстояние.

В физике примером лженауки являются попытки изобретения вечного двигателя, также проистекающие из безграмотности изобретателей.

Псевдонаука — это сочетание научных данных с вымыслом, с беспочвенными фантазиями, комбинация науки и навязываемой ей ложной (часто антинаучной) интерпретационной схемы.

Типичный пример псевдонауки — астрология, где используются факты из области астрономии, которые, однако, искусственно совмещаются с вымыслом о влиянии положения звезд и планет на небе на судьбу человека.

Несостоятельность подобных спекуляций была показана еще отцами Церкви. Блаженный Августин в «Граде Божиим» дал им остроумную критику, заметив, что дети рабов и господ, хотя и рожденные в один и тот же день и час, будут иметь разную судьбу, независимо от того, какое положение занимают небесные светила.

К псевдонауке, пожалуй, следует отнести и попытки материалистического объяснения различных непознанных, как обычно говорят, таинственных явлений человеческой психики, например передачи мыслей на расстояние (телепатии). Некоторые материалисты предполагают, что существует эфирная среда, тонкая материя особого порядка, которая дает о себе знать в парапсихологических явлениях. Мозговая деятельность будто бы способна вызывать колебания этой среды, волнообразно передаваемые через пространство и при определенных условиях воспринимаемые

органами особой чувствительности. Сама мысль, таким образом, становится особой формой материи, как и у печально известных так называемых вульгарных материалистов — Бюхнера, Фогта и Молешотта. Справедливости ради следует сказать, что подобные вульгарно-материалистические объяснения выглядят до крайности примитивными. Большею частью они строятся на неоправданной аналогии между деятельностью мозга и работой радиоаппаратуры. Однако надежных экспериментальных свидетельств в пользу подобной точки зрения нет: никаких биологических «радиоизлучений» мозга, тем более способных распространяться на значительные расстояния, зарегистрировать не удалось. Более того, физиологи отвергают возможность «электрической передачи» мыслей на расстояние.

И, наконец, **околонаука (паранаука)** — это наукообразные концепции, использующие обширный набор фактов, однако невозпроизводимых и часто экспериментально непроверяемых. Авторы таких концепций дают непомерно большую волю воображению и дают надуманную интерпретацию фактов, отражающую особенности их мировоззрения. Поэтому паранаука приобретает еще и идеологическую, а то и политическую окраску. В качестве примера можно привести «голографические» гипотезы индивидуального развития и многие гипотезы о происхождения жизни на Земле.

Как это ни печально, псевдонаучные теории имеют достаточно широкое хождение среди интеллигенции, особенно в нашей стране. По прошествии двух тысяч лет призыв апостола Павла звучит не менее актуально: «Братия! Не будьте дети умом: на злое будьте младенцы, а по уму будьте совершеннолетние».