

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

УСПЕХИ
СОВРЕМЕННОЙ БИОЛОГИИ

(ОТДЕЛЬНЫЙ ОТТИСК)

МОСКВА

УДК 574+575.8

ИЗБЫТОЧНОСТЬ ОРГАНИЗАЦИИ БИОСИСТЕМ – ОСНОВА ДЛЯ БИОЛОГИЧЕСКОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

© 2000 г. С. В. Пучковский

Удмуртский государственный университет, Ижевск

Высказывается гипотеза, в соответствии с которой избыточные возможности биологической организации понимаются как основа для естественного прогнозирования биологическими системами будущих эволюционно-экологических ситуаций. Полезность биологического прогнозирования обуславливается циклической повторяемостью событий и состояний природных систем, наличием определенных тенденций в их развитии. Дальнодействие биологического прогнозирования на основе микроэволюционной избыточности невелико – в отличие от возможностей естественного прогнозирования на основе филогенетической избыточности. Программа онтогенеза с тремя ее подпрограммами понимается как пример биологического прогноза. Рассматриваются другие примеры прогнозирующих биосистем различного дальнодействия.

ВВЕДЕНИЕ

Необходимость создания и применения науки о прогнозировании состояний биосферы и ее подсистем очевидна. Тема эволюционного и экологического прогнозирования актуальна и связывается с проблемой выживания человечества и биосферы [2, 13, 17, 36, 49, 64]. В то же время концептуальные основы эволюционного и экологического прогноза весьма далеки от удовлетворительной степени завершенности. Одна из важнейших причин этого – недостаточное развитие теории биологической эволюции [58, 75], однако не менее важным является недостаточное развитие теоретических основ эволюционной экологии [12, 64, 80]. Глобальные экологические проблемы затрагивают не только научные, но и экономические интересы, а прогнозные оценки могут иметь в своей основе грубые ошибки и, возможно, сознательные искажения [33]. Применение в теоретической биологии нарождающейся концепции избыточности биосистем [60, 61] открывает новые познавательные возможности на пути развития теоретических основ прогностики. Критерии для различения эволюционного и экологического прогнозов, насколько мне известно, не выработаны, поэтому в данном тексте я их различать не буду.

ИЗБЫТОЧНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ БИОСИСТЕМ

Если бы действие некоторых факторов микроэволюции не было случайным (точнее псевдослучайным: [58]), то процесс эволюции был бы строгим номогенезом [9], а организация биосистем всех уровней была бы всегда определенной и только адаптивной. Каждому селектогену [57, 58]

соответствовала бы конкретная адаптация в организации биосистем. Впрочем, в постоянно действующем отборе не было бы нужды, да и возможности для его работы – тоже. Все подсистемы были бы строго целесообразны, комплементарны друг другу и биосистеме в целом. Никаких проявлений избыточности в такой воображаемой биосфере не было бы тоже. Любое существенное изменение в надсистеме вызывало бы в биосистемах строго адекватные приспособительные сдвиги. В этой идеализированной биосфере любые формы прогнозирования были бы делом достаточно определенным и, скорее всего, вполне эффективным. Однако живые реалии нашего мира существенно отличаются от воображаемой биосферы и ее подсистем.

Под псевдослучайностью в процессе эволюции и в ее результатах я понимаю частое несовпадение направленности микроэволюционных событий и изменений в организации биосистем, с одной стороны, и направленности филогенеза – с другой. Элемент случайности в механизм эволюции вносится действием катастрофогенов (факторов, разрушительно действующих на биосистему) и дрейфа подсистем [57, 58, 60]; будучи запечатленным в организации биосистем, элемент случайности становится ее частью, как проявление избыточности. В следующих поколениях избыточная организация биосистем воспроизводится наследственностью, которая тиражирует, например, в популяции фенотипы с пониженной жизнеспособностью и летальные гены. Элемент случайности вероятен относительно чаще в акцептивной фазе биокванта, чем в стабильной [58–60]. Акцептивная фаза может быть выделена в существовании биосистем любого уровня организации, ее отличие от стабильной фазы – относительно ббольшая степень открытости и доступности

сти для изменения организации биосистемы (или биокосной системы). Примеры акцептивной фазы – гаметогенез, оплодотворение, депрессивное состояние численности популяции (и связанные с этим эффекты “горлышка бутылки”, основателя, гибридизации), катастрофическое разрушение экосистемы или биосферы.

В целом же элемент случайности, неизбежно присутствующий в механизме эволюции (включая внешние факторы) и в организации биосистем, делает невозможным стопроцентно точный прогноз – и эволюционный, и экологический.

Двойственность избыточности, как фактора эволюции, уже была отмечена [58], вследствие чего различается *m*-избыточность (фактор микроэволюции) и *rhu*-избыточность (фактор филогенеза) [60, 61]. Микроэволюционная избыточность проявляет себя в наличии конкурирующих подсистем в составе биосистемы. Этим подсистем воспроизводится некоторый избыток, столь же обычно они проявляют изменчивость; *m*-избыточность дает материал для действия элиминирующих факторов в механизме эволюции.

Филогенетическая избыточность – это наличие среди признаков биосистемы таких, которые оказываются основой для эволюционных новообразований [60], особенно показательных в явлениях конвергенции и параллелизма [9, 34, 35, 40, 74].

Два этих фактора имеют и существенно разное значение в проблеме прогноза. *m*-Избыточность снижает точность эволюционного и экологического прогноза, внося в него элемент стохастичности. Впечатляющие примеры насыщенности генофондов естественных популяций мутациями широчайшего спектра возможных фенотипических проявлений дает популяционная генетика. Генофонды популяций обеспечивают поле деятельности и взаимодействия факторов микроэволюции [1, 3, 78, 81, 84, 89] и, что в данном случае наиболее важно, элиминирующие эффекты этих факторов.

Тщательные исследования биологических “рас” обыкновенной кукушки (*Cuculus canopus*) и их связей с птицами-хозяевами показали, что соответствие окраски яиц гнездового паразита и хозяина незначительно, а отношения между кукушкой и кругом хозяев очень динамичны [47]. Исследование изменчивости и жизнеспособности в популяциях домовых мышей (*Mus musculus*) проводилось на о-ве Мэн [10]. Предположения о выживаемости групп особей оказывались правильными на 65–88%. Формирование экосистем на вновь возникших океанических островах, видимо, затянется на многие десятки, сотни или даже тысячи лет, а в наборе видов себя обнаружат случайность и дефектность [11, 23, 56, 92].

rhu-Избыточность открывает новые селектогены (факторы, задающие определенное направление естественного отбора), новые векторы отбора и, таким образом, инициирует формирование новых направлений филогенеза и новых адаптаций [19, 26, 43, 75, 83], включая многообразные проявления внутривидовой изменчивости фенотипа, соответствующие локальным или региональным условиям. Это показано, например, для березовой пяденицы (*Biston betularia*) [63], домовой мыши [25]. Описан пример быстрого симпатрического видообразования огненных муравьев (*Solenopsis invicta*), завезенных из Аргентины в США [87]; вновь появившаяся форма имела отличия в социальных системах, репродуктивно изолирующих ее от исходной популяции.

Вероятное направление филогенеза, естественно, может быть учтено при составлении прогноза, однако в момент своего возникновения оно окажется, скорее всего, неожиданным. Видимо, примерами могут считаться факты обретения новой патогенности вирусами; таким было рождение вируса иммунодефицита человека (ВИЧ). Вирус прежде существовал несколько десятилетий в крови африканцев, не причиняя людям вреда (Монтанье, цит. по [31]). Предполагается, что вирус был активирован микоплазмой (*Mycoplasma*) в Гаити, после чего стал причиной заболевания СПИДом человека. Расширение в XX в. ареала койота (*Canis latrans*) и факт увеличения массы его тела несомненны [94], однако причины последнего феномена пока не нашли определенного объяснения. Гипотезы гибридизации с волком (*Canis lupus*) и влияния более крупных размеров жертв в новой части ареала нуждаются в дальнейших исследованиях и к тому же не являются взаимоисключающими.

Человеку свойственно создавать удобные для него, но неестественные (неадаптивные) по отношению к существующим системам ситуации. Такими складами пищевых продуктов, запасы мяса и мясопродуктов в огромных холодильниках, зернохранилища, монокультуры в сельскохозяйственных ландшафтах, запасы круглого леса и разнообразных пиломатериалов, скопления отходов лесоперерабатывающей промышленности, порубочных остатков на вырубках, впечатляющие стада или поголовья домашних животных на фермах и т.д. Во всем этом можно видеть стремление (или его попутные эффекты) человека депонировать ресурсы вещества и энергии, нарушая их естественные потоки и круговороты. С этих же позиций можно оценивать колоссально возросшее, скученное народонаселение Земли. Гигантская биомасса представлена современными людьми, домашними животными и культурными растениями, у многих из которых недоразвит или подавлен (например, антибиотиками, односторонне направленной селекцией) иммунитет; нарушены

симбиотические связи в сообществах биосистем. Такая деятельность человека прерывает экосистемные потоки энергии и круговороты вещества, нарушает пищевые цепи и сети, кроме того, создает локальный избыток вещественно-энергетических ресурсов. В определенном смысле можно говорить о возникновении свободных экологических ниш [24, 50, 51, 68, 69, 72, 83]. И в эти свободные экологические ниши, конечно, устремляются старые или видоизмененные живые формы: так называемые вредители лесного и сельского хозяйства, расхитители пищевой продукции, возбудители заболеваний человека, животных и культурных растений и другие, зачастую нежелательные для человека, организмы [14, 15, 45, 49, 50, 67, 73, 76, 82].

Наличие депонированных человеком ресурсов (пищевых, сырьевых и прочих), которые могут оказаться пригодными для каких-либо форм жизни, позволяет в общей форме предвидеть целый поток разнообразных организмов – потенциальных потребителей; конкретные же варианты, видимо, прогнозировать сложнее, особенно в отношении микроорганизмов, способных к очень быстрым эволюционным сдвигам [28, 31, 39, 66, 79, 86]. В этой ситуации сама внутренняя готовность к использованию нового ресурса живыми системами соответствует рну-избыточности; разнообразие конкретных реальных потребителей соответствует m-избыточности.

ПРОГНОЗИРУЮЩИЕ БИОСИСТЕМЫ И ИХ ПРОИСХОЖДЕНИЕ

Оно [52, с. 219] толкует генетическую избыточность как “самый первый зачаток системы, способной предвидеть будущие потребности организма”. Ученый обнаружил избыточность не только в генетических системах позвоночных животных, но также в иммунной системе представителей этого подтипа и в организации головного мозга человека, как наиболее прогрессивного представителя позвоночных. Соответственно, способностью к “предвидению” будущих ситуаций обладает, наряду с генетическими системами и головным мозгом, иммунная система позвоночных. С. Оно проводит краткое сравнение организации нервных клеток, включая чрезвычайно сложную систему связей в головном мозге человека, с иммунной системой, которая действует на основе синтеза также очень многообразных молекул (антител) отдельными клонами соматических клеток.

Проведя названное сравнение, автор этой интересной концепции делает вывод о том, что на той же общей организационной основе, которая обеспечила эволюционное формирование иммунной системы млекопитающих, возникла колоссальная избыточность функциональных возмож-

ностей головного мозга человека. Одна из важнейших функций головного мозга (интеллекта) человека – предвидение будущих ситуаций – имела, согласно С. Оно, своим филогенетическим предшественником иммунную систему, а обе они имели предшественников в виде генетических систем. Возможно, последовательность событий филогенеза названных систем млекопитающих понимается Оно не всегда верно [4, 16], однако сама идея избыточности биологической организации млекопитающих, как основы биологического прогнозирования, заслуживает внимания.

В соответствии с общим толкованием понятия избыточности биосистем любые биосистемы, обладающие избыточностью, способны к биологическому прогнозированию будущих ситуаций. Высказывая это предположение, я вступаю в некоторое противоречие с позицией нейрофизиолога Роуза [65, с. 184], который уверен, что живые организмы “не могут прогнозировать будущее”, а “эволюция не обладает даром предвидения”. Оба эти тезиса представляются мне в свете обсуждаемых понятий и соответствующих фактов, весьма многочисленных, неудачными. Пределы способности к прогнозированию для разных потоков жизни, видимо, различны, однако в не меньшей степени различны формы избыточности [60, 61]. Последняя понимается мною как механизм *биологического прогнозирования*. Этот механизм, естественно, ограничен возможностями той биологической организации, которой располагает конкретная биосистема. “Избыточность биосистемы означает сочетание в ее организации различных фрагментов: адаптаций, актуальных в настоящий момент; адаптаций для вероятного будущего (преадаптаций); запасных онтогенетических ... потенциалов для выживания в экстраординарных ситуациях; потенциалов для эволюционных новообразований; неадаптивных признаков” [61, с. 21].

Предположение о том, что любые жизнеспособные биосистемы способны к прогнозированию будущего на основе избыточности своей организации, нуждается в развитии и аргументации. Наличие способности к предвидению животными, которые отличаются от представителей других царств наличием поведения, очевидно. Столь же естественно сказать, что черты определенной новой организации возникают из каких-то прежних подсистем, структур, процессов и функций. Какой бы таксон мы ни взяли в качестве самого раннего носителя способности к прогнозированию, всегда появится необходимость найти предшествующие таксоны, структуры, процессы, функции – те, от которых произошли первые прогнозирующие биосистемы. Такой ход рассуждений возможен, но на основе универсального толкования избыточности целесообразен и другой их аспект.

Избыточность дает материал для элиминирующих факторов эволюции. Соответственно, избыточные биосистемы любой таксономической принадлежности и любого уровня организации биологически предвидят будущую элиминацию и в целом действие естественного отбора, дрейфа подсистем и изоляции [60]. Биосистемы, лишенные способности к такому предвидению, не выживают. Такова функция *m*-избыточности. Напомню, что факторы эволюции мною понимаются как элементарные [58, 75], т.е. предельно простые. Соответственно, дальное действие *m*-избыточности на элементарном уровне невелико. Актуально биосистеме достаточно прогнозировать ситуацию только до следующего акта (шага) эволюции: когда выжившая биосистема, испытывая действие факторов эволюции, воспроизведет новую генерацию. Эта последняя обладает, в свою очередь, избыточностью и способностью прогнозировать ситуацию на следующий акт эволюции. Особь крупного млекопитающего, живущая десятки лет, должна располагать избыточностью индивидуальной организации, которая биологически предвидит изменения условий (суточные, сезонные, многолетние). Такое предвидение должно обеспечить жизнеспособность и участие в размножении данного организма в новых условиях.

Дальнее действие *rho*-избыточности значительно больше, чем длительность жизни клетки, особи и любой другой формы биокванта [58, 59]. Биологическая и социальная организация людей (*Номо*) позволила им успешно обжить африканский континент, распространиться на другие материки и занять господствующее положение на Земле [37, 38, 77, 88]. В этом примере *rho*-избыточность раннего человека означала потенциальную способность выжить в африканских саваннах, на что, вероятно, вполне годилась та биологическая и социальная организация, что была унаследована от австралопитека (*Australopithecus*). Однако эта организация была избыточна и в том смысле, что на ее основе возникли эволюционные новообразования (генетические, морфологические, физиологические, поведенческие, социальные), которые позволили потомкам австралопитеков расширить пределы своего ареала до современной ойкумены, заселив столь разнообразные ландшафты.

Начиная от зарождения жизни, эволюция биосистем включала в себя необходимость приспособительных изменений двух главных сортов, которые инициировались факторами двух категорий: принципиально новых или циклически повторяющих свое воздействие. Природные циклы могут иметь периодичность самую различную [41, 42, 46, 70, 71]: от земных суток до галактического года длительностью свыше 200 млн. лет. Повторяемость событий делает необходимым и одновре-

менно возможным предсказание будущих событий в масштабе биокванта или филогенетического цикла. Видимо, самые длиннопериодные циклы ставят перед биосистемами столь же сложные, труднопрогнозируемые задачи, что и этапы эволюции, ознаменованные возникновением принципиально новых факторов.

Известно, что китообразные и ластоногие млекопитающие вторично перешли к водному образу жизни, который был первично свойственен общим предкам всех наземных позвоночных (*Tetrapoda*); эти предки (*Rhipidistia*) обитали в водоемах девонского периода. Возможно, что с теоретической позиции адаптивной эволюции понятие вторичноводности имеет чисто академический смысл и плата за эволюционное приспособление [43] предков китообразных и ластоногих к водным условиям оказалась столь же высокой, какой она была в свое время для первичноводных предков. Вероятно, в будущем для ученых будут найдены методы для количественного определения платы за эволюцию на любом этапе.

Совершенно новые абиотические факторы, ранее не действовавшие на потоки жизни, видимо, назвать нелегко. Принципиально новыми факторами можно считать биотические воздействия, которые формировались заново по мере биологической эволюции. Вновь возникали также абиотические факторы биогенного происхождения. Взаимные приспособления, которые формировались с появлением новых биологических форм, многообразны и достаточно хорошо известны. Не все конкурирующие филумы выжили, однако выжившие продемонстрировали избыточность организации и, как предполагается, адекватные прогностические возможности.

Факторы антропогенного происхождения для многих видов оказались роковыми, однако в целом биосфера успешно адаптируется к этой новой для нее группе факторов. Популяции множества вредных для человека видов биологически прогнозируют разнообразные антропогенные воздействия, успешно реализуя собственную избыточность. Показательно, что эти биосистемы успешно приспособляются к действию пестицидов, синтезированных человеком [6, 55, 76, 85], а многие представители разнообразных таксонов способны утилизировать вещества, также созданные человеком [73].

ПРОГНОЗИРУЮЩИЕ СИСТЕМЫ В ПОТОКАХ ЖИЗНИ

Для дальнейших рассуждений полезно определить сущность прогноза и далее придерживаться этого определения. К основным методам теории биологической эволюции отнесены моделирование и прогноз (обзоры: [58, 60]), при этом исход-

ным является первый метод. Познание означает создание модели познаваемого объекта, причем базовой моделью является логическая (словесная), на основе которой могут быть построены другие модели (графическая, кибернетическая и т.д.). Под научным прогнозом мною понимается моделирование объекта при дефиците знаний о его организации. Естественно, что точность прогноза зависит от полноты знаний об объекте и его возможных состояниях в прошлом, настоящем и будущем. Дать прогноз на будущее – значит создать модель объекта на определенный момент будущего времени.

Живые системы существуют в надсистемах, лишенных подлинной стабильности, полных разномасштабных перемен. Стратегия выживания биосистемы, естественно, должна строиться с учетом наиболее вероятных, а также более редких, но значительных изменений, существенных для выживания в будущем. Поэтому биосистемы, видимо, должны обладать механизмом биологического предвидения и иметь организацию всегда несколько избыточную в сравнении с актуально необходимой. Есть ли основания предполагать, что современные биосистемы обладают механизмами для прогнозирования будущих состояний? В качестве такой информационной модели может рассматриваться, например, генотип зиготы многоклеточного организма.

Итак, генотип (включая все генетические структуры зиготы) является прогнозной моделью будущего многоклеточного организма. На основе этой модели не может быть сформировано абсолютно определенного, всегда ей совершенно адекватного организма, так как в ходе онтогенеза организм и его части испытывают эпигеномные воздействия и влияния факторов надсистемы (среды обитания). Видимо, правильнее говорить о программе онтогенеза, которая включает в себя три подпрограммы (или даже три самостоятельные программы): генотип, взаимодействие частей развивающегося организма и факторы надсистемы. В целом же программа онтогенеза как раз и понимается той естественной моделью, которая прогнозирует будущий фенотип. В таком случае сам онтогенез представляет собой реализацию прогнозной модели. Надо отметить целесообразность биологического прогноза на основе такой комплексной прогнозной модели: в модели есть относительно жесткая часть – генотип, однако ее реализация оказывается в меру гибкой за счет модифицирующих эпигеномных взаимодействий и воздействий факторов надсистемы. Не следует ли современным прогнозистам воспользоваться примером биологических систем для понимания общесистемных принципов прогнозирования и выработки методов прогностики?

Хорошо известна кормозапасующая деятельность грызунов [8], свойственная также многим другим млекопитающим и животным других таксонов. Эта особенность поведения, а также многие другие черты биологической организации, обеспечивающие переживание организмами сезонов с неблагоприятными условиями (суровая зима, летняя засуха и т.д.) могут рассматриваться как примеры биологического прогнозирования; выживали, видимо, те биологические формы, которые вкладывали в такой “прогноз” достаточные биологические ресурсы (гликоген, жировые запасы, запасы корма), снижали уровень обмена веществ и т.д.

В конкурентных отношениях на внутривидовом уровне также можно обнаружить своего рода прогноз. В чем биологический смысл конкуренции между самцами благородного оленя (*Cervus elaphus*) за самок в период гона? Видимо, в оставлении потомства конкретным самцом и, что еще более вероятно, – в воспроизведении жизнеспособной популяции. Эта биологическая черта ориентирована на будущее состояние популяции и тоже может рассматриваться как часть биологического прогноза, осуществляемого популяцией.

В Серенгети (Танзания) был выявлен новый штамм вируса собачьей чумы (*Canine distemper virus*), который обнаружил патогенность по отношению к местным львам (*Panthera leo*) и некоторым другим хищным млекопитающим, не относящимся к семейству *Canidae* [91]. С февраля по октябрь 1994 г. погибло около тысячи львов – 1/3 поголовья местной популяции. В следующий год гибель львов от этой болезни уже не отмечалась, и популяция находится на пути к восстановлению. Однако легко представить, что при меньшей численности (десятки или сотни особей) популяция могла быть полностью элиминирована новым вирусом при такой значительной патогенности в сочетании с вероятным действием других элиминирующих воздействий. Избыточные возможности в поддержании или восстановлении численности популяции также могут пониматься как пример биологического прогнозирования.

Наследственность можно понимать не только как свойство клетки или организма, но и как универсальную черту организации надорганизменных биосистем [18, 27, 30, 40, 50, 58]. По аналогии с программой онтогенеза можно говорить о программе биокванта, включая в данное понятие черты организации биосистемы и воздействия со стороны надсистемы, которые определяют воспроизведение этой биосистемы. В случае экосистемы под биоквантом я понимаю отрезок потока жизни, включающего данную экосистему со всеми ее изменениями во времени. Границами биокванта во времени (начало и конец) можно считать два последовательных и примерно равномасштабных

катастрофических состояния экосистемы. Наследственная программа обеспечивает воссоздание экосистемы после акцептивной фазы, для которой характерно частичное разрушение экосистемы. Часть этой программы – почвы, которые играют роль памяти ландшафта [5, 32]. В рамках биокванта реализуется прогноз о последующих состояниях биосистемы, представляющих, например, серию сукцессионных смен. Вероятное воздействие катастрофических факторов, особенно – наиболее мощных и редко действующих, предполагает готовность биосистемы к выходу из сошедшейся акцептивной фазы.

Программа филогенеза (ПФ) может пониматься как прогнозная модель на уровне филогенеза [58]. Она не является совершенно жесткой и меняется, включая в себя новые селектогены и утрачивая некоторые из числа старых. ПФ и программа биокванта для биосистем надорганизменных уровней не различаются с желательной четкостью. Возможно, в этом находит свое выражение вполне реальный результат эволюции биосистем таких уровней, в которых границы между биоквантами довольно условны, а генетических систем, вполне адекватных генотипу организмов, не сформировалось. Видимо, в этой категории случаев роль прогнозирования будущих ситуаций выполняется организацией всей биосистемы на уровне популяций, экосистем и биосферы в целом, а также взаимодействиями между уровнями. В аспекте гипотезы биологического прогнозирования самостоятельный интерес представляют проблемы филогенеза сообществ, ценотических сукцессий и восстановления разрушенных экосистем [11, 48, 50, 62, 92, 95].

ТАКСОНЫ КАК ПРОГНОЗИРУЮЩИЕ СИСТЕМЫ

Филогеронтизм (иначе – броккизм) есть эволюционная концепция, которая предполагает уподобление исторической судьбы таксонов разного ранга (видов, родов, семейств и т.д.) онтогенезу индивидуума [21, 29, 54]. Согласно филогеронтизму филогенез таксона включает в себя те же стадии развития, что и онтогенез особи. Эта концепция и ее варианты подвергались в истории биологии довольно жесткой критике. Я не являюсь сторонником филогеронтизма и считаю, что в истории филума (или эволюции таксона) любого ранга нет оснований видеть достаточно полную аналогию индивидуальному развитию организма. Однако определенные черты сходства на уровне общесистемных понятий вполне вероятны. К таковым можно отнести избыточность и способность к прогнозированию будущего живыми системами. В свете излагаемого учения об избыточности не так уж сложно представить сравнение, которое в иерархии таксонов от вида до типа и царства

обнаружит растущую способность к прогнозированию будущего. Фактически это проявляет себя в длительности истории таксона той или иной категории в геологическом прошлом биосферы. Подобным образом, в пределах общепринятой таксономической иерархии [19, 20, 44] прогноз на выживание в будущем может быть наиболее оптимистичным для таксонов высших категорий.

В науке накоплено много данных о длительности существования вымерших и рецентных видов, принадлежащих различным классам и типам. Среди млекопитающих виды существуют обычно от 600 тыс. лет до 5 млн. лет, а в среднем 2–3 млн. лет [19, 37, 53, 69, 90, 93]. Прогнозирующие возможности (т.е. долговечность) партеногенетических видов ящериц (*Lacerta*) оказались значительно меньшими [22], чем амфикиетических видов. Вполне естественно, что таксоны более высокого уровня, включающие в себя, как правило, множество видов, оказываются в среднем значительно более долговечными [19, 37, 68, 69], чем любые виды. Длительность существования родов млекопитающих составляет в среднем около 8 млн. лет, семейств – около 30 млн. лет, отрядов – 73 млн. лет. Из таксономических типов вымерли лишь единичные, поэтому Грант [19] считает эти таксоны бессмертными.

В истории грандиозных экологических катастроф, сопровождавшихся обширными вымираниями, известны вымирания видов, родов, семейств, отрядов, классов и отдельных типов. Видимо, сила катастрофогена (или катастрофогенов) адекватна глубине и обширности катастрофы, что выражается в количестве и, надо полагать, в ранговом уровне вымерших таксонов. Исследования в этом направлении могут дать эффективные критерии для определения масштаба прошлых и современных катастроф и для построения прогнозных моделей будущего [7].

ВЫВОДЫ

1. Высказывается гипотеза биологического прогнозирования живыми системами будущих эволюционно-экологических ситуаций на основе избыточной биологической организации этих систем.
2. Циклическая повторяемость событий и состояний природных систем является тем очевидным условием, которое определяет полезность биологического прогнозирования.
3. Программа онтогенеза с тремя ее подпрограммами есть пример биологического прогноза.
4. Программа филогенеза есть прогнозная модель на уровне филогенеза.
5. Таксоны разного ранга могут пониматься как примеры прогнозирующих систем разного дальнего действия.

6. Изучение прогнозирующих возможностей биосистем может оказаться перспективным для дальнейшего развития теории эволюционно-экологического прогнозирования.

Выражаю глубокую благодарность В.В. Жерихину за внимательное прочтение рукописи и множество интересных соображений и замечаний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айала Ф.Дж. // Эволюция. М.: Мир, 1981. С. 33.
2. Аллен Дж., Нельсон М. Космические биосферы. М.: Прогресс, 1991. 128 с.
3. Алтухов Ю.П. // Природа. 1996. № 1. С. 74.
4. Альбертс Б., Брей Д., Льюис Дж., Рэфф М., Робертс К., Уотсон Дж. Молекулярная биология клетки. В 3-х т. 2-е изд. М.: Мир, 1994.
5. Арманд Д.Л. Наука о ландшафте (основы теории и логико-математические методы). М.: Мысль, 1975. 287 с.
6. Астафьев Б.А., Яроцкий Л.С., Лебедева М.Н. Экспериментальные модели паразитов в биологии и медицине. М.: Наука, 1989. 238 с.
7. Барсков И.С., Жерихин В.В., Раутиан А.С. // Журн. общ. биологии. 1996. Т. 57. № 2. С. 14.
8. Башенина Н.В. Пути адаптаций мышевидных грызунов. М.: Наука, 1977. 352 с.
9. Берг Л.С. Номогенез или эволюция на основе закономерностей. Петербург: Гос. изд-во, 1922. 306 с.
10. Берри Р.Дж. // Успехи современной териологии. М.: Наука, 1977. С. 5.
11. Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К. Экология: Особи, популяции и сообщества. В 2-х т. М.: Мир, 1989.
12. Большаков В.Н., Криницын С.В., Кряжковский Ф.В., Мартинес Рика Х.П. // Экология. 1996. № 3. С. 165.
13. Будыко М.И. Экология биосферы. Л.: Гидрометеоиздат, 1984. 488 с.
14. Вагнер Е.А., Черешнев В.А., Морова А.А., Коробов В.П. // Экология. 1992. № 3. С. 3.
15. Волк. Происхождение, систематика, морфология, экология. М.: Наука, 1985. 606 с.
16. Галактионов В.Г. Очерки эволюционной иммунологии. М.: Наука, 1995. 256 с.
17. Глобальное потепление: Доклад Гринпис / Под ред. Леггетта Дж. М.: Изд-во МГУ, 1993. 272 с.
18. Голубец М.А. // Методологические проблемы эволюционной теории. Тарту: Изд-во Ин-та зоологии и ботаники АН ЭССР, 1984. С. 50.
19. Грант В. Эволюционный процесс: Критический обзор эволюционной теории. М.: Мир, 1991. 488 с.
20. Грин Н., Стаут У., Тейлор Д. Биология. В 3-х т. М.: Мир, 1990.
21. Давиташвили Л.Ш. Эволюционное учение. Т. 2. Тбилиси: Мецниереба, 1978. 523 с.
22. Даревский И.С. // Журн. общ. биологии. 1995. Т. 56. № 3. С. 310.
23. Дарлингтон Ф.Дж. Зоогеография: Географическое распространение животных. М.: Прогресс, 1966. 519 с.
24. Джиллер П. Структура сообществ и экологическая ниша. М.: Мир, 1988. 184 с.
25. Домовая мышь: Происхождение, распространение, систематика, поведение. М.: Наука, 1994. 267 с.
26. Дубинин Н.П. Эволюция популяций и радиация. М.: Атомиздат, 1966. 743 с.
27. Дымина Г.Д. Онто- и филогенез. Объем основной эволюционирующей единицы фитоценозов. Препринт. Новосибирск: СО АН СССР, 1987. 52 с.
28. Жданов В.М. // Природа. 1988. № 5. С. 4.
29. Завадский К.М. Развитие эволюционной теории после Дарвина (1859–1920 гг.). Л.: Наука, 1973. 423 с.
30. Зимов С.А. Азбука рисунков природы. М.: Наука, 1993. 125 с.
31. Иванов К.П. // Журн. общ. биологии. 1993. Т. 54. № 2. С. 253.
32. Карпачевский Л.О. // Природа. 1992. № 11. С. 52.
33. Клименко В.В., Клименко А.В., Андрейченко Т.Н., Довгалюк В.В., Микушина О.В., Терешин А.Г., Федоров М.В. Энергия, природа и климат. М.: Изд-во МЭИ, 1997. 215 с.
34. Красилов В.А. Метаэкология. Закономерности эволюции природных и духовных систем. М.: Палеонтологический ин-т РАН, 1997. 208 с.
35. Кривоуцкий Д.А. // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1999. Т. 104. Вып. 5. С. 61.
36. Кузнецов А.П., Сорохтин О.Г. // Изв. РАН. Сер. биол. 1998. № 6. С. 732.
37. Кэрролл Р. Палеонтология и эволюция позвоночных. Т. 2. М.: Мир, 1993. 283 с.
38. Ламберт Д. Доисторический человек. Кембриджский путеводитель. М.: Недра, 1991. 256 с.
39. Лебедев В.Н., Маркин В.А. // Природа. 1997. № 4. С. 3.
40. Лима-де-Фариа А. Эволюция без отбора: автоэволюция формы и функции. М.: Мир, 1991. 455 с.
41. Личков Б.Л. К основам современной теории Земли. Л.: Изд-во ЛГУ, 1965. 118 с.
42. Лэк Д. Численность животных и ее регуляция в природе. М.: Изд-во иностр. лит., 1957. 404 с.
43. Майр Э. Зоологический вид и эволюция. М.: Мир, 1968. 597 с.
44. Майр Э. Принципы зоологической систематики. М.: Мир, 1971. 454 с.
45. Максимов А.А. Сельскохозяйственное преобразование ландшафта и экология вредных грызунов. М.–Л.: Наука, 1964. 252 с.
46. Максимов А.А., Ердаков Л.Н. Циклические процессы в сообществах животных (биоритмы сукцессии). Новосибирск: Наука, 1985. 236 с.

47. Мальчевский А.С. Кукушка и ее воспитатели. Л.: Изд-во ЛГУ, 1987. 364 с.
48. Матишов Г.Г., Павлова Л.Г. // Изв. АН СССР. Сер. биол. 1994. № 1. С. 119.
49. Медоуз Д.Х., Медоуз Д.Л., Рандерс И. За пределами роста: Уч. пособие. М.: Прогресс, Пангея, 1994. 304 с.
50. Одум Ю. Основы экологии. М.: Мир, 1975. 140 с.
51. Одум Ю. Экология. Т. 1, 2. М.: Мир, 1986.
52. Оно С. Генетические механизмы прогрессивной эволюции. М.: Мир, 1973. 227 с.
53. Паавер К.Л. // Вопросы развития эволюционной теории в XX веке. Л.: Наука, 1979. С. 4.
54. Палеонтология и палеоэкология: Словарь-справочник / Под ред. Макридина В.П., Барскова И.С. М.: Недра, 1995. 494 с.
55. Пегельман С.Г. // Экология. 1993. № 2. С. 38.
56. Пианка Э. Эволюционная экология. М.: Мир, 1981. 399 с.
57. Пучковский С.В. // Вестн. Удм. гос. ун-та. 1992. Вып. 3. С. 3.
58. Пучковский С.В. Эволюция биосистем: Факторы микроэволюции и филогенеза в эволюционном пространстве-времени. Ижевск: Изд-во Удм. гос. ун-та, 1994. 340 с.
59. Пучковский С.В. // Сиб. экол. журн. 1997. Т. 4. № 6. С. 553.
60. Пучковский С.В. Избыточность жизни. Ижевск: Удм. ун-т, 1998. 376 с.
61. Пучковский С.В. // Журн. общ. биологии. 1999. Т. 60. № 6. С. 642.
62. Работнов Т.А. // Журн. общ. биологии. 1994. Т. 55. № 3. С. 261.
63. Рафес П.М. // Журн. общ. биологии. 1990. Т. 51. № 2. С. 227.
64. Реймерс Н.Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы). М.: Россия молодая, 1994. 367 с.
65. Роуз С. Устройство памяти. От молекул к сознанию. М.: Мир, 1995. 384 с.
66. Румянцев С.Н. Микробы, эволюция, иммунитет. М.: Наука, 1984. 176 с.
67. Серая крыса: систематика, экология, регуляция численности. М.: Наука, 1990. 456 с.
68. Симпсон Дж.Г. Темпы и формы эволюции. М.: Изд-во иностр. лит., 1948. 358 с.
69. Сипсон Дж. Великолепная изоляция. История млекопитающих Южной Америки. М.: Мир, 1983. 256 с.
70. Соболев Д.Н. Начала исторической биогенетики. Киев: Гос. изд-во Украины, 1924. 202 с.
71. Соколов Б.С., Барсков И.С. // Современная палеонтология. Методы, направления, проблемы, практическое приложение. Т. 2. М.: Недра, 1988. С. 245.
72. Соколов В.Е., Баскин Л.М. // Животный мир южной тайги. Проблемы и методы исследования. М.: Наука, 1984. С. 6.
73. Соколов В.Е., Ильичев В.Д. // Успехи соврем. биологии. 1994. Т. 114. Вып. 5. С. 517.
74. Татаринов Л.П. Очерки по теории эволюции. М.: Наука, 1987. 251 с.
75. Тимофеев-Ресовский Н.В., Воронцов Н.Н., Яблоков А.В. Краткий очерк теории эволюции. 2-е изд. М.: Наука, 1977. 297 с.
76. Тишлер В. Сельскохозяйственная экология. М.: Колос, 1971. 454 с.
77. Фоули Р. Еще один неповторимый вид. Экологические аспекты эволюции человека. М.: Мир, 1990. 367 с.
78. Хесин Р.Б. Непостоянство генома. М.: Наука, 1984. 472 с.
79. Цилинский Я.Я., Львов Д.К. Популяционная генетика вирусов позвоночных. М.: Медицина, 1977. 192 с.
80. Чернов Ю.И. // Успехи соврем. биологии. 1996. Т. 116. Вып. 3. С. 277.
81. Четвериков С.С. // Классики советской генетики. 1920–1940. Л.: Наука, 1968. С. 133.
82. Шаркань П. Мировая продовольственная проблема. М.: Экономика, 1982. 216 с.
83. Шварц С.С. Экологические закономерности эволюции. М.: Наука, 1980. 278 с.
84. Шмальгаузен И.И. Факторы эволюции (теория стабилизирующего отбора). М.: Наука, 1968. 451 с.
85. Эйхлер В. Яды в нашей пище. 2-е изд. М.: Мир, 1993. 189 с.
86. Coudens S.N., Vynnycky E., Zeidler M., Will R.G., Smith P.G. // Nature. 1997. V. 385. № 6613. P. 197.
87. Crozier R.H., Pekka P. // Nature. 1996. V. 383. P. 574.
88. Diamond J.M. // Philos. Trans. Roy. Soc. London B. 1989. V. 325. P. 469.
89. Dobzhansky Th. Genetics of the evolutionary process. N.Y.: Columbia Univ. Press, 1970. 505 p.
90. Kurtén B. // Comment. biol. Soc. scient. fennica. 1960. V. 21. № 5. P. 3.
91. Morell V. // Science. 1996. V. 271. № 5249. P. 596.
92. Pianka E.R. Evolutionary ecology. 3d ed. N.Y. etc: Harper and Row, Publ., 1983. 416 p.
93. Stuart A.J. // Biol. Rev. 1991. V. 66. № 4. P. 453.
94. Thurber J., Peterson R. // J. Mammal. 1991. V. 72. № 4. P. 750.
95. Zavarzin G.A. // Журн. общ. биологии. 1991. Т. 52. № 3. С. 293 с.

Redundancy of Biosystem Organization is a Base for Biological Forecasting**S. V. Puchkovsky***Udmurtian State University, Izhevsk, Russia*

The cognitive potentialities of the developing concept of biosystem redundancy are used. The Ohno's (1973) supposition about redundant genetic systems capable of foreseeing future requirements of organism is extended to biosystems of all levels of organization. Redundancy of biological organization is considered as the base for forecasting the future evolutionary and ecological situations by animate systems. The cyclic recurrence of events and states of natural systems is a condition that determines the usefulness of biological forecasting. The biological prediction based on microevolutionary redundancy differs considerably from the potentialities of that based on the phylogenetic redundancy. The ontogeny program with three its subprograms is an example of biological prediction. Other examples of prognostic biological systems are given. Studies of natural prognostic potentialities of biosystems may be prospective for creating a theory of evolutionary-ecological forecasting.