

Теория активности систем и познание эволюции глобальных процессов

А. Б. Савинов

Рядом отечественных эволюционистов активность признана главным фактором эволюции систем, в том числе живых (Камшилов 1970; Чайковский 2006; 2008; Зусмановский 2007). Однако, несмотря на широчайшее использование в современной естественно-научной литературе, понятие «активность» не имеет корректного определения. Считается даже (Чайковский 2008), что такое определение дать крайне затруднительно, а потому приемлемо чисто интуитивное понимание активности как всеохватывающей сущности организации и развития материальных систем. Для преодоления этой казусной ситуации автором было сформулировано определение понятия активности материальной системы (в том числе живой): это характер и интенсивность взаимодействия системы с окружающей средой, то есть с другими системами в единицу времени. Это определение было формализовано, то есть выражено математической формулой, с помощью которой произведена количественная оценка активности ряда групп живых организмов. Полученные данные характеризуют в информационном аспекте роль представителей продуцентов и консументов в функционировании и развитии экосистем и биосферы в целом.

Ключевые слова: активность систем, информация, эволюция, экосистемы, биосфера.

Взаимное влияние (действие) и тел, и явлений друг на друга, то есть их взаимодействие, выражает сущность самого существования и развития Вселенной (Краткий... 1979; Хайтун 2009). При этом одни тела оказываются деятельнее, активнее, чем другие, что и обуславливает вечное движение материи, ее вечное, необратимое изменение – развитие. Поэтому давно (по крайней мере с XVIII–XIX вв.) многими западноевропейскими исследователями активность (в той или иной форме и в разной терминологии) признана важнейшим свойством материи (Ламарк 1959; Бэттлер 2005). Более того, представляется постулатом, что активность материи есть причина ее существования и развития (Чайковский 2008; Савинов 2013а; 2013б). Однако проблема в том, что существуют крайне противоречивые мнения в отношении явлений активности материальных систем,

История и Математика: мегаисторические аспекты 2016 155–172

ее значимости, а также разные взгляды на само понятие «активность», несмотря на широчайшее использование его и производной от него терминологии в современной естественно-научной литературе.

Понятие «активность», природа и проявление активности на разных уровнях организации материи

Говоря о категории «активность», сначала необходимо коснуться семантических особенностей самого термина и связанных с ними методологических коллизий. Это обусловлено прежде всего тем, что в словарях русского языка (Ожегов 1986; Ожегов, Шведова 2010) значение слова «активность» можно определить только косвенно по слову «активный», то есть деятельный, энергичный. Слова “actio” (движение, действие, деятельность, активность – лат.) и “activity” (деятельность, активность, энергия – англ.) фактически равны по смыслу (Дворецкий 1976; Англо-русский... 1980). Но считается (Дубов 2011), что привнесение из английского в русский язык слова «активность» породило в психологии методологическую проблему, в частности из-за созданного Н. А. Бернштейном (1966) научного направления – физиологии активности, в котором понятие «активность» используется как антоним «реактивности» – ответа организма на воздействия внешней среды.

Другой аспект обусловлен обращениями исследователей к понятию «сила» (Ламарк 1959; Бэттлер 2005). Но мне представляется, что, например, А. Бэттлер (2005) в специальной книге придает понятию «сила» слишком высокий статус (ранга категории). Ведь оно выражает всего лишь количественную характеристику активности. Например, в физике сила – мера механического взаимодействия тел, «характеристика интенсивности физических процессов» (Ожегов, Шведова 2010: 717). Тогда качественной мерой активности, как мне представляется, в первом приближении можно считать специфику возникшей организации, формы (в широком смысле) нового объекта (явления), его новизну – эмерджентность, порожденные данной активностью.

Вообще, в отношении понятия «активность» есть несколько философско-методологических точек зрения: 1) активность материальных систем – их реальное, фундаментальное свойство, движущая сила эволюции (Чайковский 2006; 2008); 2) активность присуща только адаптирующимся, кибернетическим системам (Украинцев 1967); 3) понятие «активность» – понятие о трансцендентных движущих силах эволюции (Марков 2011). Но имеющиеся данные и доминирующие представления о природе и роли активности (Шмальгаузен 1946; Бернштейн 1966; Камшилов 1970; Чайковский 2006; 2008; Зусмановский 2007; Моросанова 2010; Дубов 2011; Савинов 2013а; 2013б) показывают, что вторая точка зрения неоправданно ограничивает сферу понятия «активность», а третья позиция ошибочна.

Полагаю, что активность является всеохватывающей сущностью не только самоуправляемых систем (живых и производных от них социальных и ряда автоматических), но и объектов всех уровней Вселенной с замечанием об эмерджентных различиях активности на этих уровнях. Корректируя ранее данное определение (Савинов 2009а; 2009б), считаю, что **активность материальной системы** (в том числе живой) *есть характер и интенсивность ее взаимодействия с окружающей средой (то есть с другими системами) в единицу времени, и чем сильнее и сложнее взаимодействует система с окружающей средой в единицу времени, тем она активнее.* Однако следует отметить, что при реализации активности адаптирующейся системы она будет либо производить количественные и качественные изменения в окружающей среде, либо уклоняться от взаимодействия с ней, автономизироваться от нее. И то и другое будет характеризовать активность системы. При этом должен выполняться принцип минимизации взаимодействия М. Л. Цетлина (1969), суть которого в том, что в нормальных условиях (то есть при отсутствии сильных внешних воздействий и отрицательных изменений внутри самоуправляемой системы) сила взаимодействий системы с внешней средой и ее элементов (подсистем) друг с другом уменьшается, а степень их автономности и автономности системы от внешней среды возрастает до некоторых допустимых пределов; напротив, сильное возмущающее влияние внешней среды на систему и негативные изменения внутри нее стимулируют противоположные тенденции.

Полагаю (Савинов 2010), что активность адаптирующихся систем в первую очередь задается их управляющими подсистемами, но также зависит и от структурно-функциональных особенностей исполнительных подсистем, а также от воздействий окружающей среды. В живых организмах управляющие подсистемы – генотип, нервная и гуморальная системы (подсистемы) – определяют характер активности остальных подсистем, но и деятельность последних диалектически корректирует активность управляющих подсистем по каналам обратной связи (Он же 2006). Полагаю, что общая (интегральная) активность системы (живой или неживой) условно включает ее экзогенную активность (реактивность), которая стимулируется воздействием на систему внешней среды, и эндогенную активность, обусловленную свойствами самой системы (Рис. 1А).

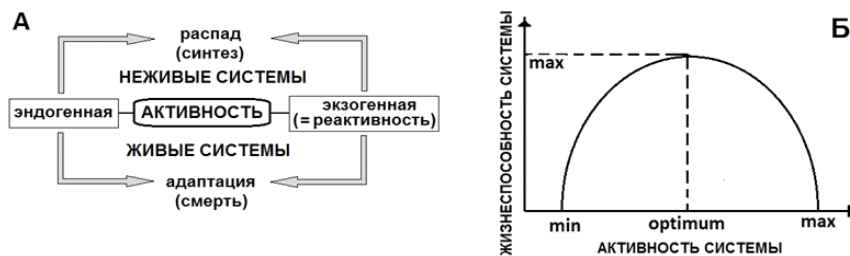


Рис. 1. А – схема проявления активности живых (адаптирующихся) и неживых систем; Б – зависимость жизнеспособности адаптирующейся системы от ее активности (пояснения в тексте) (Савинов 2015а)

При этом проявление активности неживых систем приводит либо к их распаду, деградации (протекающей с той или иной скоростью), либо к синтезу новой системы, а следствием активности живых систем является их адаптация или смерть в зависимости от степени адекватности активности данной живой системы своей внутренней организации и условиям окружающей среды (это справедливо и в отношении социальных систем, производных от биологических систем). Адекватность окружающей среде интегральной активности системы (неживой и особенно живой) «проверяется» естественным отбором (ведь активность для организмов – одна из фенотипических характеристик). Поэтому ошибочны и игнорирование эволюционной роли активности организмов сторонниками синтетической теории эволюции (СТЭ), и отрицание (или умаление роли) естественного отбора оппонентами СТЭ. При этом логично полагать, что имеется закономерная зависимость жизнеспособности адаптирующейся системы от уровня ее активности (Рис. 1Б).

Взаимосвязь активности, информации, энергии, организации и эволюции материальных систем

Все формы существования и движения (развития) материи обычно подразделяют в закономерной последовательности, соответствующей их эволюционному «возрасту»: физические, химические, биологические, социальные. Представляется, что системам, соответствующим каждой из этих форм материи, свойственны специфичные проявления активности.

Действительно, в разных областях естествознания и социальных наук обнаруживаются методы, которые прямо или косвенно, количественно и иногда качественно позволяют оценивать активность материальных систем физической, химической, биологической и социальной природы. Достаточно указать на наличие формул: гравитационного взаимодействия тел, интенсивности распада радионуклидов, тепловых эффектов и скоро-

стей химических реакций, активностей ферментов и других биомолекул, приемов определения активности животных и социальной активности людей (Крестов 1982; Новый... 2005; Чернавский, Чернавская 2009; Дубов 2011; Максимов, Хайруллин 2012; Польшова, Бажинова 2012; Ванин и др. 2014; Волкова и др. 2014).

Исходя из авторского определения активности как философской категории и атрибута взаимодействия любых систем (см. выше), представляется корректным считать, что активность систем взаимосвязана с другими их важнейшими свойствами – энергией, информацией, способностью эволюционировать. Это положение подкрепляется как теоретическими построениями других авторов, так и известными эмпирическими данными.

Так, по мнению К. К. Колина (2010: 33), «информация пронизывает все уровни организации материи и энергии» в природе, «является **первопричиной движения** материи и энергии», определяет его историческое направление, то есть «является **решающим фактором эволюции**» всех процессов в природе и обществе. Из теоретических построений Е. Н. Князевой (2011: 83) о сложных системах следует, что «и система, и окружающая среда обоюдно активны», поэтому часто коэволюционируют. При этом живые существа отбирают из окружающей среды необходимые стимулы, а на высшей стадии эволюции субъект, познающий мир, не столько его отражает, сколько творит (Князева 2011).

Разумеется, предпринимаемые в информационном ракурсе рассуждения могут быть продуктивными только при наличии адекватного определения понятия «информация». Представляется, что оно прежде всего будет зависеть от исходной принимаемой позиции, которая может быть обозначена как **функциональная** или **атрибутивная** (Колин 2010). В соответствии с атрибутивным подходом (в отличие от функционального) существование и развитие **любой природной системы** предполагает информационный аспект взаимодействия ее элементов между собой и самой системы с окружающей средой, то есть с другими системами. Представляется, что этот подход делает информационный аспект универсальным, объективнее и позволяет связывать воедино явления активности, информации, энергии и эволюции в отношении всех материальных систем. Поэтому полагаю, что необходимо уточнить определение информации, данное автором ранее (Савинов 2006), учитывая современные работы (Чернавский, Чернавская 2009; Колин 2010).

Исходя из этого, полагаю, что *информация – это свойство (способность) взаимного неравноценного воздействия объектов друг на друга с взаимным необратимым и неравноценным изменением их признаков*. Такое определение, как мне представляется, позволяет связать воедино информацию, активность, энергию и эволюцию материальных систем. Это объективно, поскольку: 1) **энергия системы** есть *способность* системы

выполнить работу, проявить активность; 2) **информация системы** – это *способность* системы оказать воздействие различной природы на другую систему и вызвать ее направленное, необратимое изменение; 3) **активность системы** – это *действие (различной природы)* одной системы на другую, приводящее в долгосрочной ситуации к направленному, необратимому изменению обеих систем.

Проблема количественной и качественной оценки активности материальных систем

Как уже отмечено, активность материальных систем обусловлена их структурно-функциональными особенностями, возможностями информационного и энергетического обмена с окружающей средой (другими материальными системами). Но в этих случаях исследователи не исходили (и не могли исходить) из философско-методологического понимания активности как категории ввиду отсутствия общей **теории активности материальных систем**. А чтобы разрабатывать такую теорию, необходимо формулировать правила, принципы, законы и пытаться их формализовать, в том числе в аспекте связи структурно-функциональных, информационных, энергетических и эволюционных характеристик материальных систем с характеристиками их активности. Опираясь на авторское определение понятия «активность», связь структурно-функциональных и информационных характеристик системы с ее активностью (А) может быть выражена формулой:

$$A = H / t, \quad (1)$$

где H – количество информации (бит), экзогенно полученное или эндогенно созданное биосистемой (ее структурно-функциональным матриксом) за единицу времени t (например, в секунду).

Иными словами, скорость изменения (генерирования, восприятия или утраты) информации, адекватная скорости изменения разнообразия (неоднородности) элементов системы, и есть активность данной системы.

Величина H в формуле (1) определяется известной формулой Шеннона:

$$H = -\sum p_i \log_2 p_i. \quad (2)$$

В данной ситуации в формуле (2) p_i есть частота какого-либо события, например: а) частота проявления в популяции фенотипических признаков особей (фенов); б) частота встречаемости жертв того или иного вида в рационе консумента; в) экстенсивность паразитарной инвазии хозяина (частота встречаемости паразита в теле хозяина); г) частота посещения разных видов энтомофильных растений насекомыми-опылителями и т. п.

Если необходимо выразить активность системы в энергетических единицах или в количестве взаимодействий (контактов) системы с другими системами, то параметр H в формуле (1) может быть заменен: 1) на

параметр C , выражающий количество контактов системы с элементами внешней среды; 2) на параметр q , выражающий количество энергии, полученной или выделенной системой.

Было также показано (Алимов и др. 2013), что поток информации (I), проходящий через систему, связан с потоком энергии (Q) через нее:

$$I = Q / K, \quad (3)$$

где K (Кельвин) – единица термодинамической температуры, равная $1/273,16$ части термодинамической температуры тройной точки воды.

Тогда из формул (1) и (3) следует, что активность системы (A) связана с потоком энергии (Q) через нее в единицу времени:

$$A = Q / K \cdot t. \quad (4)$$

Представляется, что по аналогии с ценностью информации следует определять и ценность активности адаптирующейся системы. Предложено считать, что ценность информации определяется вероятностью достижения цели, ради которой информация рецептируется (см. Чернавский, Чернавская 2009):

$$W = \log_2 p_i / p, \quad (5)$$

где p_i – вероятность достижения цели после выбора i -го варианта, p – априорная вероятность достижения цели до выбора любого варианта.

Исходя из этого, можно считать, что активность адаптирующейся системы будет ценной (положительной), если она позволила системе достичь необходимой цели (обеспечила ее жизнеспособность) и наоборот, а оценку ценности активности (V) можно проводить, используя формулу:

$$V = A_{\phi} / A_o, \quad (6)$$

где A_{ϕ} – фактическая активность системы, A_o – оптимальная активность, обеспечивающая максимальную жизнеспособность (максимальную приспособленность) адаптирующейся системы (см. Рис. 1Б).

С другой стороны, ценная активность ($A_{ц}$) адаптирующейся системы, как представляется, может быть определена так:

$$A_{ц} = H_{ц} / t = (H - H_{н}) / t, \quad (7)$$

где $H_{ц}$ – ценная информация, воспринятая системой в единицу времени t , H – общая информация, воспринятая системой, $H_{н}$ – нежелательная информация (в том числе избыточная и дезинформация).

Поскольку адаптивность организмов во многом обеспечивает вероятность оставления потомства, то ценность воспринятой (созданной) информации можно определять, например, на основе данных о степени полноценности и реализации зигот (Савинов 1998).

Представляется, что при разработке вопросов активности живых систем в дальнейшем должен учитываться и симбиотический аспект (Он же 2012; 2014), то есть осознание эмерджентной активности симбиотических систем.

Активность как фактор развития и характеристика адаптирующихся систем разных уровней организации

Биологическим и социальным системам как природным классам адаптирующихся систем в отличие от абиотических свойственно «преемственное самовоспроизведение организации (в частности и устойчивое самовоспроизведение неравновесности)» (Кремянский 1969: 61). Это преемственное самовоспроизведение организовано и осуществляется в пределах данной среды и во времени как вещественно-энергетический вихрь, спиралевидный круговорот. И такими спиралевидными «вихрями» являются не только отдельные живые организмы, но и надорганизменные биосистемы, «сама жизнь на Земле» (Ляхова 1979: 101, 114).

В свете сказанного понятно, что спиралевидные вещественно-информационные круговороты-квазициклы осуществляются на организменном уровне в системе «генотип – фенотип» (на основе прямых и обратных связей между ними) (Савинов 2006). При этом генотип (ДНК) как управляющая подсистема задает совокупность потребностей организма, а эти потребности реализуются путем активности всех структурно-функциональных элементов фенотипа как исполнительной подсистемы (путем вовлечения в процесс реализации активности всех фенотипических свойств – биохимических, физиологических, морфолого-анатомических, этологических) при непрерывном потоке энергии через данную организменную систему. Тем самым активность по существу является борьбой за существование (корректнее – за жизнь) – совокупность всех противоречивых отношений организма с биотическими и абиотическими компонентами окружающей среды. Действительно, известные эволюционисты признают, что важным отличием живого организма от неживого объекта является то, что «при обмене веществ организмы поддерживают свой системный гомеостаз (то есть сохраняют динамическое постоянство своей организации), **активно** (выделено мной. – А. С.) контролируя процессы метаболизма и делая их направленными и избирательными» (Иорданский 2011: 9). А обуславливающая гомеостаз «борьба за существование охватывает **все формы активности особей** (выделено мной. – А. С.), направленные на поддержание жизни и размножение» (Яблоков, Юсуфов 2004: 131). При этом возникает «нестатистическая упорядоченность изменчивости» организмов и «на жернова отбора приходит не хаотическая масса» (Мейен 2007: 230), а совокупность активных, гомеостатических систем с индивидуальными отличиями в организации и метаболизме (поведении).

Приведенные цитаты, характеризующие взгляды представителей разных направлений эволюционизма, показывают, что так или иначе признается следующее: живые системы (в ракурсе всех уровней их организации) вынуждены непрерывно, активно реагировать на возникающие экологи-

ческие изменения и быстро вырабатывать необходимые приспособления к условиям местообитания, а не только «дождаться» появления случайных мутаций и результата действия отбора в отдаленном будущем (Савинов 2008; 2009а; 2009б). При этом, согласно концепции А. М. Оловникова (2009), восходящей к гипотезе пангенезиса Ч. Дарвина, адапциогенез осуществляется креатрон организма, эпигенетические механизмы которого обеспечивают активную адаптацию данного биологического вида и массовую «передачу» (в пределах вида) половым клеткам (а через них и потомкам) информации о новых, вынужденных «упражнениях» (в широком смысле) структур организма (на всех его уровнях) в изменяющихся условиях внешней среды.

Таким образом, хотя биотические и абиотические факторы внешней среды оказывают значительное влияние на характер эволюции организмов, их активность имеет решающее значение для адапциогенеза: с одной стороны, «ассимилирую» необходимые элементы внешней среды, а с другой стороны, в известной степени автономизируясь от эктогенетических факторов, организмы «организуют» свое индивидуальное и историческое развитие в пределах экологических ниш.

В свою очередь организованность биологических систем сопряжена с разнообразием их элементов, а последнее – со сложностью биосистем: увеличение разнообразия элементов биосистем ведет к повышению их сложности и организованности (Емельянов 1994). Разнообразие (неоднородность) элементов системы адекватно количеству заключенной в ней информации (Камшилов 1970), а количество этой информации является мерой организованности системы (Винер 1958; Камшилов 1970; Емельянов 1994): выше организованные системы содержат больше информации, и наоборот.

Поскольку рядом авторов (Камшилов 1970; Чайковский 2006; 2008; Зусмановский 2007) активность была признана главным фактором эволюции систем, то в связи с этим можно полагать, в частности, что мутации – это в основном следствия реализации интегральной активности живых систем, но никак не главная причина их филогенеза. Наряду с этим важно учитывать критерии биологического прогресса (регресса), установленные А. Н. Северцовым (1939), согласно которым филогенетическая группа биологически прогрессирует (в частности, вследствие идиоадаптивного развития ранее сформировавшихся ароморфозов), если она расширяет свой ареал, увеличивает численность, а также количество дочерних групп путем адаптивной радиации; обратные процессы вызывают лишь биологический регресс.

Опираясь на эти методологические основания, автор (Савинов 2015а) предположил наличие взаимосвязи категорий двух родов: 1) активности природных и антропогенных адаптирующихся систем (биологических,

социальных, социально-экономических, робототехнических); 2) их жизнеспособности, уровней организованности, направлений эволюции (Рис. 2).

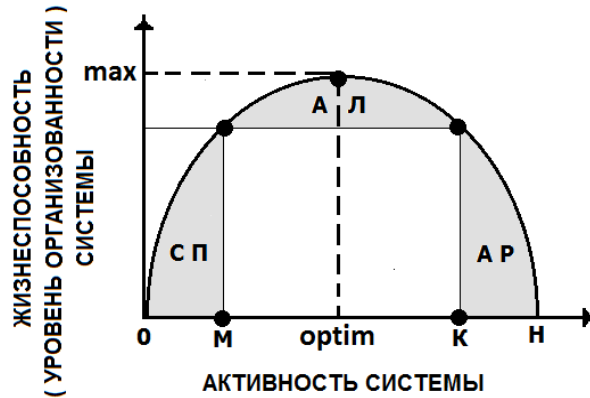


Рис. 2. Гипотетическая взаимосвязь жизнеспособности, уровней организованности (направлений эволюции) и активности адаптирующихся систем. Обозначения: СП – зона специализации (телогенеза), АЛ – зона аллогенеза, АР – зона арогенеза (на оси X им соответствуют величины активности в пределах 0М, МК и КН) (Савинов 2016)

При этом для выражения жизнеспособности, адаптированности, уровня (степени совершенства) организации системы можно воспользоваться балльным способом оценки этих показателей, предложенных В. М. Эпштейном (1984).

Активность является интегральной характеристикой не только живых систем организменного (аутоценотического) и популяционного (демоценотического) рангов (Савинов 2012), но и систем биоценотического, биомного и биосферного уровней. В частности, показано, что основная, или первичная, продуктивность экосистемы, биоценоза – это скорость, с которой лучистая энергия усваивается организмами-продуцентами в процессе фотосинтеза или хемосинтеза и преобразуется в органическое вещество (Одум 1975). Чистая продуктивность сообщества – это скорость накопления органического вещества, не потребленного гетеротрофами за учетный период (за вегетационный период или за год). Вторичная продуктивность – это скорость накопления энергии (вещества) на уровнях консументов. В связи с этим полагаю, что первичную и вторичную продуктивности можно рассматривать как энергетические эквиваленты активности биоценозов, экосистем и биосферы в целом. Имеющиеся данные показывают, что активность биомов закономерно изменяется под влияни-

ем природно-климатических условий. Например, валовая первичная продуктивность (как эквивалент активности) тундровых и пустынных биомов составляет всего около 200 ккал/м² в год, бореальных хвойных лесов – 3000, а влажных тропических лесов – 20 000 ккал/м² в год (Одум 1975).

Однако необходимо учитывать, что в современных условиях существенные коррективы в эти оценки вносит антропогенная (техногенная) активность, которая выражается, в частности, в значительных изменениях масштабов и скоростей трансконтинентальных переносов вещества, энергии и информации в биосфере, обусловленных формированием и эволюцией глобальных технологических процессов, международных культурных и технологических цепей и сетей.

В условиях техногенеза и цивилизационной глобализации, преобразующих биосферу, очень важна междисциплинарная интеграция достижений теории биологической эволюции и социологии (Гринин и др. 2008; Гринин, Коротаев 2009). На этой основе развивается учение о социальной макроэволюции как типе глобальной социальной эволюции, к которой применимы категории (ароморфоз, алломорфоз) и законы (необратимости эволюции, роста устойчивости и приспособляемости систем, роста эффективности и безотходности биогеохимического круговорота и др.) по аналогии с биологической макроэволюцией (Гринин, Коротаев 2009).

В этой связи представляется, что активность социальных и социально-экономических систем может быть выражена и оценена скоростью генерирования и потребления информации, энергии, вещества такими системами (в количественном и качественном аспектах). В частности, активность национальных научных сообществ можно, очевидно, оценивать по скорости генерирования и восприятия научной информации в количественном и качественном выражениях (используя, например, годовое количество публикаций, патентов, индексы цитирования и другие показатели).

Таким образом, активность систем является не только основным фактором их развития, но и важнейшей интегральной характеристикой. Некоторые предложенные автором формализации такой характеристики были, в частности, использованы для оценки в эволюционном аспекте активности в экосистемах биосферы представителей ведущих групп живых организмов.

Примеры оценки активности растений и животных

Для оценки активности разных групп растений по формуле (1) были использованы: а) вычисленные автором (на основе литературных данных) долевые соотношения аккумулярованных металлов (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Cr) в листьях *Pleurozium schreberi*, *Lycopodium clavatum*, *Cladonia clavatum*, *Dryopteris filix-mas*, *Pteridium aquilinum*, *Convalaria maialis*, *Vaccinium myrtillus* (Kozanecka et al. 2002), *Polygonum aviculare*, *Plantago*

major (Великанова и др. 2012), *Populus balsamifera*, *Ulmus pumila*, *Malus baccata* (Копылова 2011), в хвое *Pinus sylvestris* (Кулагина 2009; Шубина, Юрьев 2009), в процессе вегетации (до сбора растительного материала); б) данные автора (Савинов 2003) о частотах встречаемости фенов листьев в нескольких ценопопуляциях *Chelidonium majus*.

Результаты расчетов приведены в Табл. 1 в сравнении со средними размерами геномов и числом видов в основных группах наземных растений.

Табл. 1. Соотношение активности растений, размеров их генетических систем и уровней биологической прогрессивности (Савинов 2016)

Группа растений	Активность, 10^{-7} бит/сек	Количество видов	Средний размер генома
Мхи	0,61	15 000	479
Папоротники	0,28 – 0,60 (0,44)	12 000	6309
Плауны	0,38	500	7264
Хвощи	–	30	11 687
Хвойные	0,08–0,14 (0,11)	600	21 570
Покрытосеменные	0,11–0,81 (0,77)	>269 200	4077

Примечание: в скобках даны средние значения.

А ранее было отмечено (Савинов 2015б), что активность живых организмов, в том числе растений, в основном «задается» их управляющими подсистемами, прежде всего генетической. Ее структурно-функциональные особенности, в том числе размер генома, во многом определяют интенсивность и характер метаболизма растений, позволяя им адаптироваться к условиям среды обитания и совершать экспансию в новые биотопы. При этом уровень биологического прогресса разных групп растений выражается в размерах их ареалов, численности и количестве видов. Как видно из Табл. 1, самой высокой средней активностью обладают покрытосеменные растения, достигшие наивысшего видового разнообразия; наименьшая средняя активность обнаруживается у хвойных, обладающих самыми большими геномами, уступающих по числу видов на порядки почти всем другим группам растений.

Полученные данные позволили выделить гипотетические пределы величин активности растений, адекватные уровням их организованности, характеру (направлениям) эволюции (аллогенез, телогенез, арогенез) и жизнеспособности (Рис. 3).

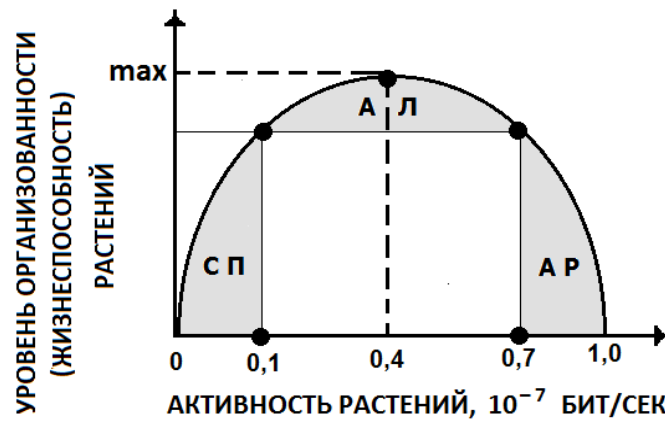


Рис. 3. Гипотетическая взаимосвязь жизнеспособности, уровней организованности (направлений эволюции) и величин активности растений (Савинов 2016). Обозначения зон направлений эволюции как на Рис. 2

Определение активности животных разных групп (Табл. 2) было также проведено с помощью формулы (1). Активность разных видов насекомых определена на основе данных о посещении ими видов цветковых растений (Сорокина 2003), по частотам встречаемости насекомых на растениях. По данным встречаемости жертв в рационах позвоночных животных (Дробенков 1995; Вершинин, Иванова 2006; Толмачева и др. 2006) была рассчитана активность этих консументов (Табл. 2).

Результаты расчетов показали, например, что активность трех видов змей (медянки, обыкновенного ужа, обыкновенной гадюки) соответствует размерам их ареалов и количеству видов в родах, к которым указанные виды змей принадлежат: медянка (с активностью $0,59 \cdot 10^{-5}$ бит/сек) имеет наименьший ареал, являясь одним из двух видов рода медянок; обыкновенная гадюка (с активностью $1,20 \cdot 10^{-5}$ бит/сек) занимает наибольший ареал, а род гадюк составляют 10 видов; обыкновенный уж (с активностью $0,75 \cdot 10^{-5}$ бит/сек, три вида в роде) занимает промежуточное положение среди указанных видов змей.

Табл. 2. Величины активности представителей разных групп животных (Савинов 2016)

Таксоны	Активность, 10 ⁻⁵ бит/сек	Источники исходных данных
Insecta, Diptera <i>Cheilosia illustrate</i> <i>Cheilosia lasiopa</i> <i>Myathropa florea</i> <i>Sphaerophora scripta</i> <i>Helophilus hybridus</i>	0,33 0,88 3,60 6,30 8,70	Сорокина 2003
Pisces <i>Paracottus knerii</i>	1,70	Толмачева и др. 2006
Amphibia <i>Rana ridibunda</i>	1,30	Вершинин, Иванова 2006
Reptilia <i>Coronella austriaca</i> <i>Natrix natrix</i> <i>Vipera berus</i>	0,59 0,75 1,20	Дробенков 1995

Таким образом, проведенные исследования показали, что активность животных на два порядка превышает активность растений, что соответствует роли продуцентов и консументов в функционировании и развитии экосистем и биосферы в целом.

Разумеется, предложенные автором подходы и формализации открыты для усовершенствования и развития в дальнейшем. Но уже сейчас они могут способствовать зарождению и развитию перспективных исследований.

Автор благодарен А. А. Протасову, В. В. Богатову, Е. А. Ерофеевой за полезное обсуждение ряда положений данной статьи.

Библиография

- Алимов А. Ф., Богатов В. В., Голубков С. М. 2013. *Продукционная гидробиология*. СПб.: Наука.
- Англо-русский словарь. 1980 / Сост. В. Д. Аракин, З. С. Выгодская, Н. Н. Ильина. М.: Рус. яз.
- Бернштейн Н. А. 1966. *Очерки по физиологии движений и физиологии активности*. М.: Медицина.
- Бэттлер А. 2005. *Диалектика силы: онтология*. М.: УРСС.
- Ванин А. Ф., Островская Л. А., Корман Д. Б. и др. 2014. Противоопухолевая активность динитрозильных комплексов железа с глутатионом. *Биофизика* 59(3): 508–514.

- Великанова Н. А., Гапонов С. П., Сливкин А. И. 2012.** Оценка экологического состояния почв и лекарственного сырья (травы горца птичьего и листьев подорожника большого) по содержанию тяжелых металлов в городе Воронеже и его окрестностях. *Вестник ВГУ. Серия «Химия. Биология. Фармация»* 2: 238–244.
- Вершинин В. Л., Иванова Н. Л. 2006.** Специфика трофических связей вида-вселенца – *Rana ridibunda* Pall. в зависимости от условий местообитаний. *Поволжский экологический журнал* 2/3: 119–128.
- Винер Н. 1958.** *Кибернетика, или Управление и связь в животном и машине.* М.: Советское радио.
- Волкова П. Ю., Гераськин С. А., Раевская Н. И. 2014.** Активность ферментов антиоксидантной системы у сосны обыкновенной в условиях хронического облучения. *Радиационная биология. Радиоэкология* 54(2): 174–178.
- Гринин Л. Е., Коротаев А. В. 2009.** *Социальная макроэволюция. Генезис и трансформации Мир-Системы.* М.: URSS/ЛИБРОКОМ.
- Гринин Л. Е., Марков А. В., Коротаев А. В. 2008.** *Макроэволюция в живой природе и обществе.* М.: URSS/ЛКИ.
- Дворецкий И. Х. 1976.** *Латинско-русский словарь.* М.: Рус. яз.
- Дробенков С. М. 1995.** Сравнительный анализ питания симпатрических змей *Vipera berus* (L.), *Natrix natrix* (L.), *Coronella austriaca* (Laug.). *Экология* 3: 222–226.
- Дубов И. Г. 2011.** Исследование уровня общей психической активности представителей различных социально-демографических групп населения Вологодской области. *Вопросы психологии* 4: 33–50.
- Емельянов И. Г. 1994.** Разнообразие и устойчивость биосистем. *Успехи современной биологии* 114(3): 304–318.
- Зусмановский А. Г. 2007.** *Эволюция с точки зрения физиолога.* Ульяновск: УлГСХА.
- Иорданский Н. Н. 2011.** *Организмы, виды и эволюция.* М.: ЛИБРОКОМ.
- Камшилов М. М. 1970.** Организованность и эволюция. *Журнал общей биологии* 31(2): 157–178.
- Князева Е. Н. 2011.** Темпоральная архитектура сложности. *Синергетическая парадигма. Синергетика инновационной сложности*, с. 66–86. М.: Прогресс-Традиция.
- Колин К. К. 2010.** Философия информации и фундаментальные проблемы современной информатики. *Alta mater (Вестник высшей школы)* 1: 29–35.
- Копылова Л. В. 2011.** Особенности поглощения некоторых тяжелых металлов древесными растениями в условиях городской среды. *Вестник ИргСХА* 44: 91–99.
- Краткий словарь по философии. 1979.** М.: Политиздат.
- Крестьянский В. И. 1969.** К анализу понятия активности материальных систем. *Вопросы философии* 10: 54–63.

- Крестов Г. А. 1982.** *Теоретические основы неорганической химии*. М.: Высш. шк.
- Кулагина Л. С. 2009.** Оценка роли сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в оптимизации техногенной среды Башкирского Зауралья. *Современные проблемы контроля качества природной и техногенной сред*, с. 33–38. Тамбов: Издат. дом ТГУ.
- Ламарк Ж. Б. 1959.** *Избранные произведения*. Т. 2. М.: Изд-во АН СССР.
- Ляхова Л. Н. 1979.** *Отражение и активность материи*. Саратов: Изд-во Саратовского университета.
- Максимов И. В., Хайруллин Р. М. 2012.** Активность ингибиторов трипсина в проростках пшеницы под действием патогенного гриба *Tilletia caries* и фитогормонов. *Физиология растений* 59(6): 756–762.
- Марков А. В. 2011.** О статье С. Н. Гринченко «Теории биологической эволюции и кибернетика: новый синтез». *Эволюция: дискуссионные аспекты глобальных эволюционных процессов* / Отв. ред. Л. Е. Гринин, И. В. Ильин, А. В. Коротаев, А. В. Марков, с. 103–112. М.: URSS, ЛИБРОКОМ.
- Мейен С. В. 2007.** О соотношении номогенетических и тихогенетических факторов в эволюции. *In tetoriam. С. В. Мейен: палеоботаник, эволюционист, мыслитель* / Отв. ред. И. А. Игнатев, с. 229–233. М.: ГЕОС.
- Моросанова В. И. 2010.** *Саморегуляция и индивидуальность человека*. М.: Наука.
- Новый энциклопедический словарь. 2005.** М.: БРЭ: РИПОЛ классик.
- Одум Ю. 1975.** *Основы экологии*. М.: Мир.
- Ожегов С. И. 1986.** *Словарь русского языка*. М.: Рус. яз.
- Ожегов С. И., Шведова Н. Ю. 2010.** *Толковый словарь русского языка*. М.: АТЕМП.
- Оловников А. М. 2009.** Биологическая эволюция на основе неслучайной изменчивости, регулируемой организмом. *Биохимия* 74(12): 1722–1728.
- Польнова Г. В., Бажинова А. В. 2012.** Учет особенностей активности при оценке численности популяции круглоголовки-вертихвостки (*Phrynocephalus guttatus guttatus*). *Зоологический журнал* 91(11): 1411–1414.
- Савинов А. Б. 1998.** Анализ фенотипической изменчивости одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale* Wigg.) из биотопов с разными уровнями техногенного загрязнения. *Экология* 5: 362–365.
- Савинов А. Б. 2003.** Фенотипическая индикация ценопопуляций растений в условиях техногенеза. *Экологический мониторинг*. Ч. 5, с. 300–323. Н. Новгород: Изд-во ННГУ.
- Савинов А. Б. 2006.** *Биосистемология (системные основы теории эволюции и экологии)*. Н. Новгород: Изд-во ННГУ.
- Савинов А. Б. 2008.** Интегративная теория эволюции (к 35-летию выхода статьи А. А. Любищева «О постулатах современного селектогенеза»). *XXII Любимцевские чтения. Современные проблемы эволюции*, с. 107–116. Ульяновск: УлГПУ.
- Савинов А. Б. 2009а.** Материалистический эволюционизм и религия: вечная проблема сосуществования. *Эволюция: космическая, биологическая, социальная /*

- Отв. ред. Л. Е. Гринин, А. В. Марков, А. В. Коротаев, с. 129–153. М.: URSS, ЛИБРОКОМ.
- Савинов А. Б. 2009б.** Развитие интегративной (симбиотической) теории эволюции. *XXIII Любимцевские чтения. Современные проблемы эволюции*, с. 113–124. Ульяновск: УлГПУ.
- Савинов А. Б. 2010.** Диалектический эволюционизм в теории развития жизни. *XXIV Любимцевские чтения. Современные проблемы экологии и эволюции*, с. 179–189. Ульяновск: УлГПУ.
- Савинов А. Б. 2012.** Аутоценоз и демоценоз как симбиотические системы и биологические категории. *Журнал общей биологии* 73(4): 284–301.
- Савинов А. Б. 2013а.** Естественнонаучные основы коэволюционной стратегии национального и глобального развития. *XXVII Любимцевские чтения. Современные проблемы эволюции и экологии*, с. 52–60. Ульяновск: УлГПУ.
- Савинов А. Б. 2013б.** На пути к философии и стратегии глобального развития: проблемы и постулаты. *Биокосмология* 3(1): 147–165.
- Савинов А. Б. 2014.** Симбиогенез как фактор организации и развития экосистем. *XXVIII Любимцевские чтения. Современные проблемы эволюции и экологии*, с. 42–50. Ульяновск: УлГПУ.
- Савинов А. Б. 2015а.** Активность материальных систем, ее информационно-эволюционная роль, количественная и качественная оценка. *XXIX Любимцевские чтения. Современные проблемы эволюции и экологии*, с. 104–111. Ульяновск: УлГПУ.
- Савинов А. Б. 2015б.** Активность растений как фактор их эволюции в древней и современной биосфере. *Палеоботанический временник*. Вып. 2, с. 155–160. М.: ГЕОС.
- Савинов А. Б. 2016.** Эволюционная теория активности систем. *XXX Любимцевские чтения. Современные проблемы эволюции и экологии*, с. 44–51. Ульяновск: УлГПУ.
- Северцов А. Н. 1939.** *Морфологические закономерности эволюции*. М. – Л.: Изд-во АН СССР.
- Сорокина В. С. 2003.** Кормовые предпочтения имаго мух-журчалок (Diptera, *Syrphidae*) в условиях Южного Зауралья. *Евразийский энтомологический журнал* 2(3): 197–214.
- Толмачева Ю. П., Гаврилова А. В., Дзюба Е. В. 2006.** Питание каменной широколобки *Paracottus knerii* (Dyb., 1874) в литорали Южного Байкала. *Вопросы ихтиологии* 46(2): 262–266.
- Украинцев Б. С. 1967.** Категории «активность» и «цель» в свете основных понятий кибернетики. *Вопросы философии* 5: 60–69.
- Хайтун С. Д. 2009.** *Феномен человека на фоне универсальной эволюции*. М.: URSS.
- Цетлин М. Л. 1969.** *Исследования по теории автоматов и моделированию биологических систем*. М.: Наука.

- Чайковский Ю. В. 2006.** *Наука о развитии жизни. Опыт теории эволюции.* М.: Т-во науч. изданий КМК.
- Чайковский Ю. В. 2008.** *Активный связный мир. Опыт теории эволюции жизни.* М.: Т-во науч. изданий КМК.
- Чернавский Д. С., Чернавская Н. М. 2009.** О моделировании развивающихся систем. *Биофизика* 54(1): 139–147.
- Шмальгаузен И. И. 1946.** *Проблемы дарвинизма.* М.: Сов. наука.
- Шубина Н. В., Юрьев Ю. Л. 2009.** Влияние выбросов металлургического производства на микроэлементный состав хвои сосны. *Химия растительного сырья* 3: 173–176.
- Эпштейн В. М. 1984.** Количественная оценка степени совершенства организации. *Вестник зоологии* 2: 3–7.
- Яблоков А. В., Юсуфов А. Г. 2004.** *Эволюционное учение.* М.: Высшая школа.
- Kozanecka T., Chojnicki J., Kwasowski W. 2002.** Content of Heavy Metals in Plant from Pollution-free Regions. *Polish Journal of Environmental Studies* 11(4): 395–399.