

А. В. Макрушин<sup>1</sup>, Н. В. Аладин<sup>2</sup>

## РАССМОТРЕНИЕ ПРОЦЕССА ЭНДОГЕННОГО СНИЖЕНИЯ ГОМЕОСТАТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДВУХ НАДОРГАНИЗМЕННЫХ СИСТЕМ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ПАРАМЕТАБОЛИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ СТАРЕНИЯ\*

<sup>1</sup> Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН, пос. Борок, 152742 Ярославская обл.,  
e-mail: makru@ibiw.yaroslavl.ru; <sup>2</sup> Зоологический институт РАН, 199034 Санкт-Петербург, Университетская наб., 1

**Эндогенное снижение гомеостатических свойств систем надорганизменного уровня схоже со старением особи. Сходство в том, что это снижение, как и старение особи, вызывается негативными последствиями специализации элементов, из которых состоят системы. У систем надорганизменного уровня эти последствия — аналоги параметаболических реакций стареющей особи.**

**Ключевые слова:** биоценоз, общество, ценофилы, ценофобы

Процессы, происходящие в системах одного уровня, часто аналогичны происходящим в системах других уровней. Например, палеонтолог В. В. Жерихин, изучая эволюцию биоценозов геологического прошлого, обнаружил, что у них происходило эндогенное снижение гомеостатических свойств, которое вело к их гибели. Закономерности эндогенного снижения гомеостатических свойств биоценозов, пишет он, аналогичны закономерностям эндогенного снижения гомеостатических свойств любой системы, состоящей из самовоспроизводящихся элементов и способных меняться в ряду поколений [5]. Из этого заключения следует, что старение особи — частный случай эндогенного снижения гомеостатических свойств систем, а термин «старение» следует применять к биосистемам разного уровня, заменив им термин «эндогенное снижение гомеостатических свойств».

Согласно параметаболической теории старения, предложенной биохимиком А. Г. Голубевым, в старении особи важную роль играют вредные для организма параметаболические реакции. Они — спутники полезных для него реакций. Их продукты накапливаются в необновляемых клетках, из-за этого последние со временем отмирают. Их утрата приводит к снижению гомеостатических свойств особи и увеличению вероятности ее смер-

ти. Параметаболические реакции вызывают старение особи только при наличии в ней необновляемых клеток. При их отсутствии эти реакции не наносят ей вреда [2, 4]. У примитивных беспозвоночных, стоящих близко к основанию филогенетического дерева *Metazoa* (губок, гидроидных и коралловых полипов, мшанок, внутриворончатых и колониальных асцидий), необновляемых клеток нет. Эти беспозвоночные потенциально бессмертны [10]. Клетки, из которых построены их тела, низко дифференцированы и поэтому к размножению, то есть к обновлению, способны. Потенциальное бессмертие — анцестральное свойство *Metazoa*.

Возникновение видов, особи которых стареют, — следствие естественного отбора. В ходе эволюции, происшедшей на ранних этапах существования жизни на Земле, преимущество получали те обладающие анцестральным бессмертием особи, которые полнее и эффективнее других использовали ресурсы среды. Полноте и эффективности их использования способствовало разделение функций особи между ее клетками, то есть специализация клеток. Их специализация сначала повышала надежность существования особи, но далеко зашедшая специализация делала клетки немногочисленными, и особь из-за этого приобретала свойство стареть. Из параметаболической теории старения следует, что вред от параметаболических реакций для особи, заключающийся в приобретении ею свойства стареть, — это цена, которую она платит за выгоды, полученные ею от специализации своих клеток.

Единицей естественного отбора могут быть системы надорганизменного, а также надвидового уровня [6, 11, 12]. Если в среде есть недоиспользуемые ресурсы, а условия позволяют их использо-

\* Статья печатается в порядке дискуссии.

вать, то преимущество в борьбе за существование получают системы, элементы которых более специализированы, так как эти системы лучше других используют ресурсы среды. В результате, в ходе эволюции специализация элементов конкурирующих систем разного уровня растет. У систем организменного уровня специализированные элементы — мишень для параметаболических реакций [2, 4]. Возникают ли аналоги параметаболических реакций в системах надорганизменного и надвидового уровня, и становятся ли их мишенью специализированные элементы этих биосистем? Цель статьи — обсуждение этих вопросов на примере биоты и общества.

### Роль аналогов параметаболических реакций в старении биоценозов

Биота — это совокупность видов растений, животных, грибов и микроорганизмов, населяющих тот или иной участок суши или водоема. Она может быть биоценозом, группировкой или обладать свойствами, промежуточными между этими двумя надвидовыми системами. Биоценоз — это биота, видовой состав которой относительно постоянен. Он складывается из ценофилов — видов, специализированных, приспособленных к совместной жизни с другими ценофилами биоценоза. Ценофилы — члены биот завершающих стадий сукцессии. В природе они вне биоценозов, как правило, не встречаются. Группировка — это биота, возникающая на разрушенных или вновь возникших в результате геологических процессов местообитаниях, не захваченных еще биоценозами или непригодных для их жизни. Группировки складываются из ценофобов, видов неспециализированных, неприхотливых и эвритопных, у которых нет приспособлений к совместному существованию с другими видами. Видовой состав группировок непостоянен и зависит от случая. Наряду с ценофилами и ценофобами, есть виды с промежуточными свойствами [1, 9].

У биоты, как и у особи, гомеостатические свойства со временем снижаются. Но у нее это происходит в ходе эволюции, то есть в геологических масштабах времени. Эволюция биоты — это эволюция составляющих ее видов. Она начинается сразу после окончания очередного глобального экологического кризиса [5, 9]. Глобальные экологические кризисы повторялись в истории Земли многократно. В палеозое они происходили через 37 млн лет, в мезозое и кайнозое — через 26 млн лет [7]. Во время кризисов ценофилы вымирали, биоценозы свое существование прекращали, со-

хранялись ценофобы, и биоразнообразие на Земле резко снижалось. На месте биоценозов возникали группировки. Борьба между ними за ресурсы вела к естественному отбору, единицей которого были группировки. Выживали те из них, которые эффективнее и полнее других использовали ресурсы среды, а этому способствовало разделение функций группировки между составляющими ее видами, то есть их специализация. Благодаря специализации видов, группировка использовала ресурсы среды все полнее и эффективнее, что помогало ей в конкурентной борьбе с другими группировками, таким образом повышая надежность ее существования. В результате специализации видов, то есть их адаптивной радиации, количество их в группировке росло, ценофобы постепенно превращались в ценофилов, а группировка — в биоценоз.

У системы организменного уровня внутренняя среда может представлять для нее не меньшую опасность, чем внешняя, а набор функций может включать те, которые, с одной стороны, защищают от внутренних опасностей, а с другой, создают дополнительные проблемы [2]. Это утверждение справедливо и для биоценоза. Опасности, снижающие надежность его существования, возникают из-за идущих в нем процессов адаптивной радиации и специализации видов. Рост их числа в нем и далеко зашедшая их специализация уменьшают надежность существования биоценоза. Специализация видов, во-первых, делает их менее плодовитыми. Ценофилы (они — *k*-стратеги) менее плодовиты, чем ценофобы (*r*-стратеги). Снижение плодовитости видов затрудняет устранение последствий повреждений биоценоза, то есть ухудшает его гомеостатические свойства.

Во-вторых, рост специализированности видов — это, как сказано выше, увеличение их количества в биоценозе. Поскольку используемый биоценозом ресурс — величина конечная, рост количества видов уменьшает объем ресурса, потребляемого каждым из них. Из-за этого обеспеченность видов ресурсами ухудшается, что ослабляет их гомеостатические свойства. А это ослабляет гомеостатические свойства и биоценоза.

В-третьих, с ростом специализированности видов увеличивается специализированность и всего биоценоза. Это ужесточает его требования к среде, а следовательно, тоже ослабляет гомеостатические свойства. Из-за продолжающихся процессов специализации видов устойчивость биоценоза, которая сперва росла, начинала по мере дальнейшей их специализации снижаться. Биоценозы на заклю-

чительных этапах эволюции становятся неустойчивыми. Кризис биосферы, состоящей из таких биоценозов, может вызвать (и вызывает) даже незначительное дестабилизирующее событие. После его завершения цикл эволюции биосферы повторяется [5, 9].

Таким образом, эндогенное снижение гомеостатических свойств биоценоза, то есть его старение, как и старение особи, вызывается вредными последствиями полезных для него процессов специализации элементов, из которых он состоит. Эти последствия — аналоги параметаболических реакций особи. Их действие направлено, как и действие параметаболических реакций особи, на специализированные элементы системы — на ценофилов. Ущерб, наносимый аналогами параметаболических реакций биоценозу, — это плата за преимущества, приобретенные им в ходе эволюции от специализации видов.

#### Роль аналогов параметаболических реакций в старении общества

Теперь обсудим, возникают ли аналоги параметаболических реакций в обществе, эволюционирующем по пути роста специализированности составляющих его элементов, и, если возникают, становятся ли специализированные элементы общества мишенью вредоносного действия аналогов параметаболических реакций. Но прежде нужно решить, можно ли процессы, происходящие в обществе, обсуждать с биологической точки зрения. Общество обладает всеми свойствами биологических систем — генетической уникальностью, целостностью, иерархичностью организации, способностью к саморегуляции, к развитию, к воспроизводству и приспособлению. Возникло оно в результате эволюции как составная часть биосферы и состоит из элементов, имеющих все признаки биологического вида. Функции в обществе, как и в других биосистемах, разделены между его элементами. Общество, как и другие биосистемы, обменивается веществом с окружающей средой. Через него так же, как через другие биосистемы, протекает поток энергии. Следовательно, общество — система не только социальная, но и биологическая. Управляют им не только социальные, но и биологические законы. Значит, обсуждать происходящие внутри его процессы с биологической точки зрения можно.

Один из биологических законов, управляющих обществом, — закон старения биосистем [8]. Он, как показано выше, управляет системами организ-

менного и надвидового уровней. Древние и античные общества, если внешние воздействия не разрушили их раньше, просуществовав некоторое время, начинали стареть. Старение было сопряжено (как старение особи и биоты) с ростом специализированности составляющих общество элементов. Рост их специализированности происходил вследствие естественного отбора, единицей которого были общества. Выживанию общества, конкурирующего за ресурсы с другими обществами, способствовало более полное и эффективное, чем у других обществ, использование ресурсов среды. Полноте и эффективности их использования содействовало разделение его функций между членами, иначе говоря, специализация членов общества. Поэтому уровень специализированности членов общества в ходе истории рос. Благодаря специалистам, то есть мастерам своего дела, общество выигрывало войны, возрастала образованность членов общества, происходило развитие наук и искусств, оно богаче, надежность его существования таким образом повышалась.

Но, как сказано выше, внутренняя среда системы представляет для нее опасность [2]. Для общества опасность возникает из-за идущей в нем специализации его членов. Если сначала этот рост повышает устойчивость общества, то далеко зашедшая специализация членов общества его уменьшает. Достигнув процветания, древние и античные общества начинали приходить в упадок из-за того, что результатам полезной деятельности специалистов сопутствовали вредные процессы [8]. Они начинали снижать надежность существования обществ. Их жертвой становились те, кто их вызывал — специалисты, которые из общества отсеивались первыми. У ослабленного их элиминацией общества способность сопротивляться враждебным действиям других обществ и/или противостоять ухудшению экологической обстановки уменьшалась. После краха общества возникало другое общество. В нем специалистам высокой квалификации места не было.

В наше время в промышленно развитых обществах плодовитость женщин снижена [3]. Это ослабило гомеостатические свойства этих обществ. Снижение плодовитости женщин связано с выполнением ими требующих квалификации общественных функций, то есть с их специализированностью. Связь между степенью специализированности элементов системы и снижением или утратой у них воспроизводительной способности обнаруживается не всегда. У особи, биоты и общества эта связь

очевидна, у них она — одна из причин возникновения механизма старения. Но в некоторых случаях специализация элементов системы не снижает их воспроизводительную способность, а наоборот, повышает. Например, в мусульманских обществах мужчины, специализирующиеся на руководящих функциях, имеют гаремы. Это их плодовитость повышает. В сообществах муравьев, пчел, ос, шмелей и термитов царицы тоже очень плодовиты, а царицы у общественных насекомых — высоко специализированные особи.

В некоторых западных обществах жизнь в наше время улучшилась. Но это сопровождается распространением экологически обусловленных заболеваний, накоплением генетического груза в популяциях, загрязнением воздуха, воды и почвы и другими нежелательными, сопутствующими современной цивилизации явлениями. Отрицательные последствия научно-технического прогресса, как и положительные, — побочный результат усилий специалистов — исследователей, инженеров и изобретателей, создателей цивилизации. На специалистов возлагаются и надежды на разработку средств борьбы с проблемами, сопутствующими научно-техническому прогрессу. Однако опыт показывает, что решение встающих перед обществом проблем порождает другие проблемы, требующие новых усилий специалистов. Например, борьба с голодом и с инфекционными болезнями привела к перенаселенности планеты, а усилия, направленные на решение энергетической проблемы, приведшие к открытию энергии атома, создали угрозу термоядерной войны и термоядерного терроризма. В обществе, как в организме и биоте, полезные для него процессы сопровождаются вредными неконтролируемыми им процессами. Эти вредные процессы — аналоги параметаболических реакций особи. Ущерб, наносимый ими обществу, — это его плата за преимущества, приобретенные им в результате специализации его членов.

## Заключение

Эволюция жизни на Земле заключается в эволюции не только видов, но и биосистем более высокого уровня. В ходе естественного отбора выживают те биоценозы и общества, элементы которых более специализированы. Это ведет к росту специализированности элементов этих биосистем. Далеко зашедшая их специализация — причина возникновения у них механизма старения. Вредные процессы, вызывающие старение, — аналоги параметаболических реакций особи. Параметаболические реакции особи — частный случай более общего явления.

## Литература

1. Вахрушев А.А., Раутиан А.С. Исторический подход к экологии сообществ // Журн. общ. биол. 1993. Т. 54. № 5. С. 532–553.
2. Голубев А.Г. Эволюция продолжительности жизни и старения // Биосфера. 2011. Т. 3. № 3. С. 336–367.
3. Голубев А.Г. Парниковые газы, культурные традиции и ожидаемая продолжительность жизни: история с географией // Биосфера. 2012. Т. 4. С. 474–483.
4. Голубев А.Г. Биология продолжительности жизни и старения. СПб.: Н-Л, 2015.
5. Жерихин В.В. Избранные труды по палеоэкологии и филогенетике. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2003. С. 374–485.
6. Завадский К.М. Вид и видообразование. Л.: Наука, 1968.
7. Захаров В.А., Бейзель А.Л., Бетехтина О.А. и др. Основные биотические события в фанерозое Сибири // В кн.: Проблемы доантропогенной эволюции биосферы. М.: Наука, 1993. С. 25–53.
8. Леонтьев К.Н. Византизм и славянство. М.: Дарь, 2005.
9. Раутиан А.С. О началах теории эволюции многовидовых сообществ (филоценогенезе) и ее авторе // В кн.: Жерихин В.В. Избранные труды по палеоэкологии и филогенетике. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2003. С. 1–42.
10. Gardner S.N., Mangel M. When can a clonal organism escape senescence? // Amer. Natur. 1997. Vol. 150. № 4. С. 462–490.
11. Goodnight Ch.J. Heritability at the ecosystem level // Proc. nat. Acad. Sci. USA. 2000. Vol. 97. № 17. P. 9365–9366.
12. Levontin R.C. The units of selection // Ann. Rev. Ecol. Syst. 1970. Vol. 1. P. 1–18 (Cited by: [11]).

Adv. geront. 2016. Vol. 29. № 4. P. 573–576

A. V. Makrushin<sup>1</sup>, N. V. Aladin<sup>2</sup>

### PROCESS OF ENDOGENOUS HOMEOSTATIC CHARACTERISTICS DECLINE IN TWO SUPROORGANISMAL BIOSYSTEMS FROM THE STANDPOINT OF PARAMETABOLISTIC THEORY OF SENESCENCE

<sup>1</sup> I. D. Papanin Institute for Biology of Inland Waters of RAS, pos. Borok, Yaroslavlskaya obl. 152742, Russia; e-mail: makru@ibiw.yaroslavl.ru; <sup>2</sup> Zoological Institute, RAS, 1, Universitetskaya nab, St. Petersburg 199034

Endogenous decline in homeostatic characteristics of supraorganismal level systems is similar to individual senescence. Similarity is in the fact that this decline as individual senescence is called by negative consequences from specialization of elements the system consists. In systems of supraorganismal level these effects are analogues of parametabolic reactions of senescence individuals.

**Key words:** biocenosis, society, cenophiles, cenophobes