

*А.В. Макрушин***ПЕРВИЧНЫЙ МЕХАНИЗМ СТАРЕНИЯ: ГИПОТЕЗА**Институт биологии внутренних вод имени И.Д.Папанина (ИБВВ РАН), 152742, пос. Борок Ярославской обл., Россия;  
e-mail: makru@ibiw.yaroslavl.ru

**Механизм старческой инволюции первых на Земле унитарных Metazoa — один из первичных механизмов старения. У млекопитающих он лежит в основании управляющей старческими изменениями многоступенчатой иерархической системы физиологической регуляции. В его работе принимают участие описанные у растений донорно-акцепторные внутриорганизменные взаимодействия. Проблема старческой инволюции — это проблема регулирования организмом этих взаимодействий.**

**Ключевые слова:** эволюция, старческая инволюция, апикальное доминирование, донор, акцептор.

В ходе эволюции, по мере усложнения организма, в координации его старческих изменений принимали участие все новые структуры и процессы. В результате физиологическая система, управляющая старением, приобретала многоступенчатый иерархический характер. В основании ее лежат первичные механизмы, управлявшие старческими изменениями далеких предков. Выявление их — задача биологии старения [1, 2]. В настоящей статье излагается гипотеза о природе одного из них.

### **Возникновение у Metazoa первичного механизма старения**

Как формировался ускоряющий эволюцию механизм смерти от старости, можно выяснить, сравнивая жизненные циклы примитивных животных, находящихся на разных ступенях филогенетической лестницы. Этот механизм возник не сразу с появлением на Земле Metazoa. **Потенциальное бессмертие — анцестральное наше свойство.** Оно утрачено в ходе эволюции. Наиболее низкоинтегрированные многоклеточные — сидячие модульные виды. Они были первыми на Земле Metazoa. **Современные сидячие модульные виды** (губки, стрекающие, мшанки, внутрипорошковые, крыложаберное Rhabdopleura, **вероятные предки хордовых асцидии**) — это колонии физиологически связанных друг с другом особей (модулей), возникших из одной зиготы. Колония растет путем краевого нарастания на ней новых модулей. Возникновение нового мо-

дуля колонии — это не доведенное до конца бесполое размножение взрослых модулей, то есть образование ими новых особей из комплекса соматических клеток. Программа онтогенеза у колонии реализуется при образовании каждого нового модуля, то есть многократно [3]. Адаптируется колония путем инволюции одних модулей и образования вместо них других. Меняя форму, она оптимизирует использование ресурсов меняющейся среды. Все ее модули генетически идентичны. Гибель их части не ускоряет эволюцию. Она не ускоряла ее и у первых на Земле модульных Metazoa.

Возможности использования ресурсов среды у сидячих Metazoa были ограничены. Поэтому отбор в разных эволюционных ветвях поддерживал возникновение свойств, позволявших активно перемещаться. Первые подвижные организмы размножались, как и их сидячие предки, наряду с половым способом, бесполо. Они оставались еще модульными. Однако их модули уже жили самостоятельно. В современной фауне такими видами являются, например, некоторые полихеты и олигохеты, у которых инволюцию тканей, происходящую в ходе нескольких актов бесполого размножения, уже можно называть старческой, т.к. она является причиной старения этих червей. Но у них старческая инволюция все еще не ускоряет эволюцию, поскольку генотип, возникший из зиготы, после смерти родительской особи продолжает существовать в потомках, возникших путем бесполого размножения. В ходе дальнейшего совершенствования организма способность к бесполому размножению была утрачена. Теперь онтогенез особи стал одноразовым процессом, ее генотип — уникальным (за исключением однойцевых близнецов)[3], а старческая инволюция, приводя особь к смерти, стала делать эволюцию более быстрой. Так появился первичный механизм старения — старческая инволюция первых на Земле унитарных Metazoa. **В эволюционной линии, ведущей от асцидий к млекопитающим, он сохранился в наименее измененном виде, вероятно, у аппендикулярий (унитарных оболочников).** Возникновение первичного механизма старения — следствие роста целостности организма. Этот рост является результатом борьбы за ресурсы среды,

в которой побеждали более интегрированные особи. Рассмотренный первичный механизм старения — не единственный. Ускоряющие эволюцию первичные механизмы старения формировались также у инфузорий, грибов, растений.

### Другие первичные механизмы старения у Metazoa

Способность стареть давала преимущества в борьбе за существование, т.к., ускоряя эволюцию, облегчала приспособление вида к меняющейся среде. Механизм старческой инволюции возникал независимо и многократно у представителей разных филогенетических ветвей Metazoa при их переходе из модульного состояния в унитарное. Поскольку все унитарные Metazoa — потомки модульных, старческая инволюция является универсальным механизмом старения. Наряду со старческой инволюцией формировались другие первичные механизмы старения. Они возникали и после перехода из модульного состояния в унитарное, и до него. Так, виды рода Hydra (организмы модульные), завершив половое размножение, умирают естественной смертью. У имаго некоторых насекомых причиной старения является недоразвитие ротовых органов. Они не могут питаться и, исчерпав запас жира, накопленного во время личиночной жизни, умирают [4]. Вероятно, у этих насекомых старческая инволюция недостаточно убиسترала эволюцию. Понадобился иной механизм старения.

### Регуляция старческой инволюции у первых на Земле Metazoa

Унитарный организм — это модуль колонии, утративший при переходе к свободноподвижному образу жизни из-за роста целостности способность размножаться бесполо. В основе программы онтогенеза унитарного организма лежит программа жизненного цикла модуля колонии. Поэтому, чтобы ответить на вопрос, как регулировалась старческая инволюция организмом первых на Земле унитарных Metazoa, нужно выяснить, как регулируется инволюция модулей модульного организма. Этим выяснением занимаются физиологи растений [5]. Регуляторные физиологические системы растений (организмов модульных) и колоний беспозвоночных схожи [3].

Инволюцию модулей у сидячих модульных видов и старческую инволюцию у свободноподвижных модульных видов вызывают зародыши модулей. Их влияние на сформировавшиеся модули называется апикальным доминированием. Оно описано впервые у растений [6], но наблюдается и у модульных животных [3]. Апикальное доминирование приводит к оттоку питательных веществ от модулей-доноров. Из-за этого они стареют.

Вещества, из которых эти модули были построены, используют растущие модули-акцепторы. Но управляет старением модулей не только апикальное доминирование. Оно вызывает инволюцию модулей лишь на местном уровне. На уровне же целого организма старением модулей управляет его регуляторная физиологическая система. Она координирует местные морфогенетические реакции (деструктивные и креативные), делая их полезными организму. Для этой координации наличие нервной и эндокринной систем не обязательно, т.к. у губок и растений этих систем нет.

Когда в ходе эволюции произошел переход из модульного состояния в унитарное, старение из локального процесса превратилось в процесс, захватывающий всю особь. При этом механизмы донорно-акцепторных отношений сохранились. Роль доноров по-прежнему продолжали играть ткани, построенные из специализированных паренхиматозных клеток. А вот соматических зародышей, которые могли бы быть акцепторами питательных веществ, теперь не стало. Какая же ткань у первых унитарных Metazoa вызывала инволюцию паренхиматозных клеток и старение особи? Ею стала соединительная ткань. А управляла у первых унитарных видов донорно-акцепторными взаимодействиями та регуляторная физиологическая система, которая координировала местные морфогенетические приспособительные реакции у модульных предков. В ее работе нервная и эндокринная системы не участвовали. Из изложенного видно, что проблема старения унитарных видов связана с проблемой морфогенетических адаптаций видов модульных.

### Заключение

Таким образом, первичный механизм старения Metazoa — это ускоряющая ход эволюционных преобразований старческая инволюция первых на Земле унитарных видов. Эволюционный ее предшественник возник с появлением на Земле первых Metazoa, то есть еще у модульных видов. У них он не ускорял эволюцию, а был составной частью приспособительных реакций особи (колонии). Переход из модульного состояния в унитарное привел к тому, что механизм старения перестал обеспечивать приспособление особи. Наоборот, он стал на определенном отрезке жизни лишать ее возможности приспособляться. Глубокая древность первичного механизма старения дает основание думать, что надежда устранить когда-нибудь старческую инволюцию из программы онтогенеза не сбудется.

### Литература

1. Анисимов В.Н. Эволюция концепций в геронтологии: достижения и перспективы // Успехи геронтол.—1999.— Вып. 3.—С. 32–53.

2. Анисимов В.Н. Молекулярные и физиологические механизмы старения.—СПб.: Наука, 2003.—468 с.

3. Нотов А.А. О специфике функциональной организации и индивидуального развития модульных объектов // Журн. общей биол.—1999.—Т. 60, № 1.—С. 60–79.

4. Родендорф Б.Б. Особенности онтогенеза и их значение в эволюции насекомых // The ontogeny of insects. *Acta*

*symposii de evolutione insectorum.*—Praga: Publishing house Czechoslovak Acad. Sci., 1959.—P. 56–60.

5. Роньшина Е.С., Мокронос А.Т. Донорно-акцепторные отношения и участие цитокинов в регуляции транспорта и распределения органических веществ в растениях // Физиол. растений.—1994.—Т. 41, № 3.—С. 448–459.

6. Cline M.G. Apical dominance // *Botanical review.*—1991.—Vol. 57, № 4.—P. 318–358.

*Adv. gerontol.*—2006.—Vol. 19.—P. 25–27

*A.V. Makrushin*

#### PRIMARY MECHANISM OF SENESCENCE: A HYPOTHESIS

Institute of Biology of Inland Waters named after I.D.Papanin (IBIW RAS), Borok Yaroslavskaia obl., 152742, Russia; e-mail: makru@ibiw.yaroslavl.ru

The old age involution mechanism of the first unitary Metazoa on the Earth is one of the primary mechanisms of senescence. It lies at the basis of the multi-step hierarchical system of mammalian physiological regulation in the Metazoa, which control the senile changes. Donor-acceptor interactions described in plants take part in its work. The problem of old age involution is a problem of regulation by an organism of these interactions.

**Key words:** evolution, old age involution, apical dominance, donor, acceptor.