

УДК 594 (292.471)

**РЕГЕНЕРАЦИЯ РАКОВИНЫ *CORNU ASPERSUM*
(MOLLUSCA; PULMONATA) ИЗ ПАРКА САНАТОРИЯ «АЙВАЗОВСКОЕ»
(ПАРТЕНИТ, КРЫМ, РОССИЯ)**

Леонов С. В., Сейтумерова Э. Р.

Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского, Симферополь, Россия, leo-zoology@yandex.ru

Показано, что за 5 месяцев содержания в террариуме в лаборатории в период с 27.06.2016 по 26.11.2016 ювенильная улитка *Cornu aspersum* Müller, 1774 из парка санатория «Айвазовское» (Партенит, Крым, Россия) с сильно повреждённым устьевым краем раковины восстановила её целостность и достигла половой зрелости. Рассмотрены другие примеры повреждений раковины улиток *C. aspersum* из парка и механизмы регенерации.

Ключевые слова: *Cornu aspersum*, Крым, восстановление, регенерация раковины.

ВВЕДЕНИЕ

В июне 2016 года в парке санатория «Айвазовское» была обнаружена ювенильная особь средиземноморского вселенца *Cornu aspersum* Müller, 1774 (Леонов, 2017). С учётом того, что найденный экземпляр был единственным, его раковина была сильно повреждена (рис. 1, верхний ряд) и не были окончательно сформированы дефинитивные признаки, оставались некоторые сомнения в точности определения. В то же время, достоверная находка вида, который до этого был отмечен в Крыму лишь единожды в единственном локалитете больше столетия назад – в 1909 году под Феодосией (Lindholm, 1926), представляла несомненный интерес и требовала уверенного диагноза.



Рис. 1. Молодая *Cornu aspersum* с повреждённой раковинной в трёх разных проекциях (верхний ряд, съёмка 28.06.2016) и она же после достижения половой зрелости и полного завершения процесса регенерации (нижний ряд, съёмка 17.02.2017) (оригинал)

У наземных моллюсков существуют разнообразные механизмы регенерации раковины (Wagge, 1951; Wagge, Mittler, 1953; Pollard et al., 1977; Fernández et al., 2016; Yang et al., 2016), которые позволяют восстанавливать повреждённые участки как точечного характера в виде небольших сквозных сколов и трещин, так и кардинальные разрушения вроде опоясывающих, фрагментированных расколов или даже полного уничтожения устьевой части последнего оборота, иногда вплоть до затылка раковины. Поэтому были предприняты шаги по восстановлению участков повреждения, в надежде получить в лабораторных условиях полностью сформированную раковину после достижения моллюском половой зрелости. Позднее в парке были найдены как дефинитивные раковины, так и живые половозрелые улитки *C. aspersum* (Леонов, 2017), многие из которых также несли следы прижизненных повреждений с признаками заживления.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Ювенильная особь *C. aspersum* была найдена в июне 2016 года О. А. Ивановой-Страндстрем возле первого корпуса санатория «Айвазовское» в Партените и передана (в состоянии эстивации) на кафедру экологии и зоологии Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского.

28.06.2016 улитка была помещена в террариум – пластиковый бокс 380x200x200 мм, на дно которого был уложен природный субстрат, состоящий из поверхностного слоя почвы и листового опада, в качестве укрытий были разложены куски коры, камни, мох. Температурный режим соответствовал комнатной температуре и естественным колебаниям температуры окружающей среды (в среднем $25\pm 4^{\circ}\text{C}$). Влажность поддерживалась на уровне близком к 100 % путём регулярного распыления воды в террариуме, кроме того на дно была установлена поилка.

Для кормления использовались овощи (морковь, капуста, салат, огурец, яблоко), а в качестве источника кальция – известняк, мел и перетёртая скорлупа куриных яиц. Пища заменялась каждые 2–3 дня, чтобы не допустить грибкового заражения.

Регенерация проходила до момента полного формирования дефинитивных признаков раковины (26.11.2016), соответствующих моменту наступления половой зрелости, – образования губы и отворота устья (Шилейко, 1978).

Дополнительное обследование парка санатория «Айвазовское» было проведено 25.06.2017. В результате удалось найти несколько десятков фрагментов, цельных раковин и живых особей *C. aspersum* (Леонов, 2017), которые были исследованы на предмет наличия прижизненных повреждений.

Оригинальная фотосъемка раковин производилась на нейтральном белом фоне с масштабным отрезком миллиметровой шкалы с помощью встроенной камеры смартфона Alcatel Onetouch Idol X+, Canon EOS 650D с использованием штатного зум-объектива Canon EF-S 18–135 mm f 1/3.5–5.6 IS STM, объектива с фиксированным фокусным расстоянием Canon EF 50 mm f 1/1.8 STM и удлинительных колец Kenko 12, 20 и 36 mm, макросъемка скульптуры раковины происходила с использованием электронной импульсной вспышки Sigma EF-530 DG ST, кольцевого светодиодного осветителя для макросъемки Amaron Halo ACL-C60 и специальной оптической системы из двух объективов (Tamron 55–200 mm f/4.0–5.6 DI II LD Macro + Zenitar 50 mm f/1.2), соединенных при помощи оборотного кольца. При съёмке баланс белого устанавливался автоматически или по соответствующим значениям осветительных приборов, только при съёмке встроенной камерой смартфона Alcatel Onetouch Idol X+ (повреждения ювенильной раковины, см. рис. 1 верхний ряд и рис. 2 А) баланс белого не был установлен. Авторство заимствованных фотографий оговорено под каждым рисунком.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В первые дни содержания в террариуме улитка находится в неактивном состоянии, активизация происходит лишь для поиска пищи. В дальнейшем (примерно с 3.07.2016 по 28.07.2016) регистрируются незначительные перемещения в горизонтальной плоскости. Отмечается обильное выделение слизи, в местах повреждения концентрируется белая пенистая масса. Это свидетельствует о высоком содержании разных форм кальциевых солей в составе слизи (Сампсон, 1961). Современные исследования показывают, что регенерация повреждений начинается практически моментально и в случае активности моллюска в первые часы в области повреждения откладывается кальцит (что показано при использовании в качестве матрицы скорлупы куриных яиц), затем в течение первых двух дней улитка продуцирует органическую матрицу, состоящую из β -хитина, белков и протеогликанов, в которую позднее встраивается арагонит (Fernández et al., 2016). Важную роль в транспорте кальция играют амёбоциты, которые обеспечивают его быструю доставку к повреждённым участкам (Wagge, 1951).

В конце июля пищевое поведение улитки становится более активным. 31.07.2016 зарегистрированы первые перемещения по вертикали (по стенкам емкости). Раковина в месте обновления пока очень хрупкая и тонкая, так как продолжается послойное её восстановление и рост (рис. 2 А). К концу сентября краевой участок раковины приобретает пигментацию (рис. 2 В; рис. 3). Улитка активно перемещается как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости. В октябре происходит формирование утолщения на краю устья и отворота в виде небольшого изгиба на периферии. В конце октября – начале ноября отворот устья полностью закрывает пупок (рис. 1, снизу). Формирование этих признаков раковины соответствует окончанию формирования и созревания половой системы у гелицид (Шилейко, 1978).

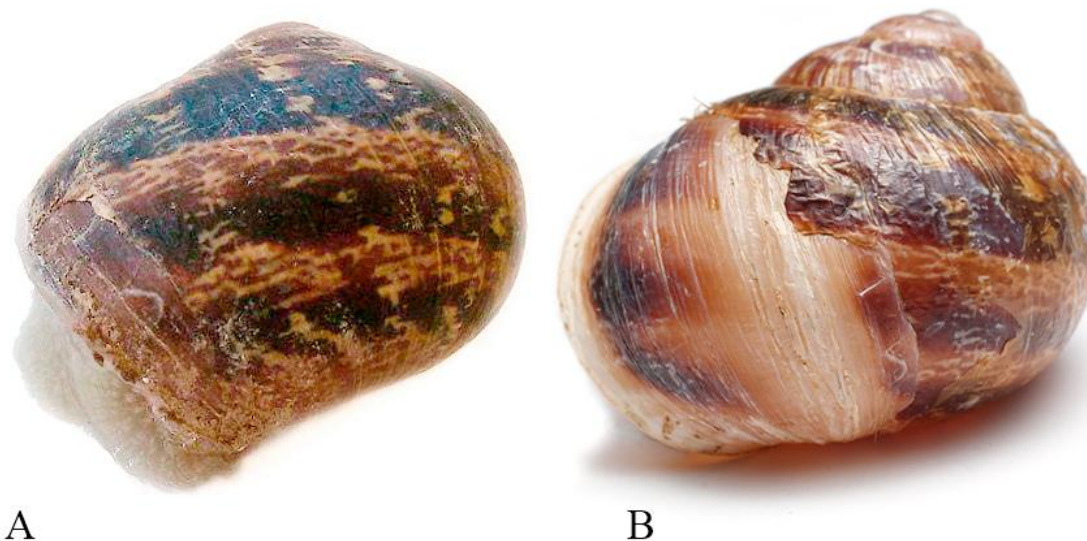


Рис. 2. Зона регенерации на предустьевом участке раковины *Cornu aspersum* (оригинал)

А – спустя месяц содержания в террариуме (28.07.2016); В – после завершения регенерации (17.02.2017).

По большому счёту, подобная регенерация с определённого момента уже мало отличается от простого роста раковины, так как происходит по тому же принципу – мантия продуцирует новые слои, начиная с органической матрицы, которая в дальнейшем подвергается биоминерализации, а новая раковина после приостановки роста постепенно

начинает вырастать из-под края старой раковины (рис. 4 А, В; рис. 5 А), потому что именно под ней располагается сама мантия (Pollard et al., 1977). Именно так, из-под линии травматического скола происходит нарастание восстанавливаемой раковины (рис. 6).



Рис. 3. *Cornu aspersum* из парка санатория «Айвазовское» в террариуме после полного восстановления повреждённой раковины (оригинал)

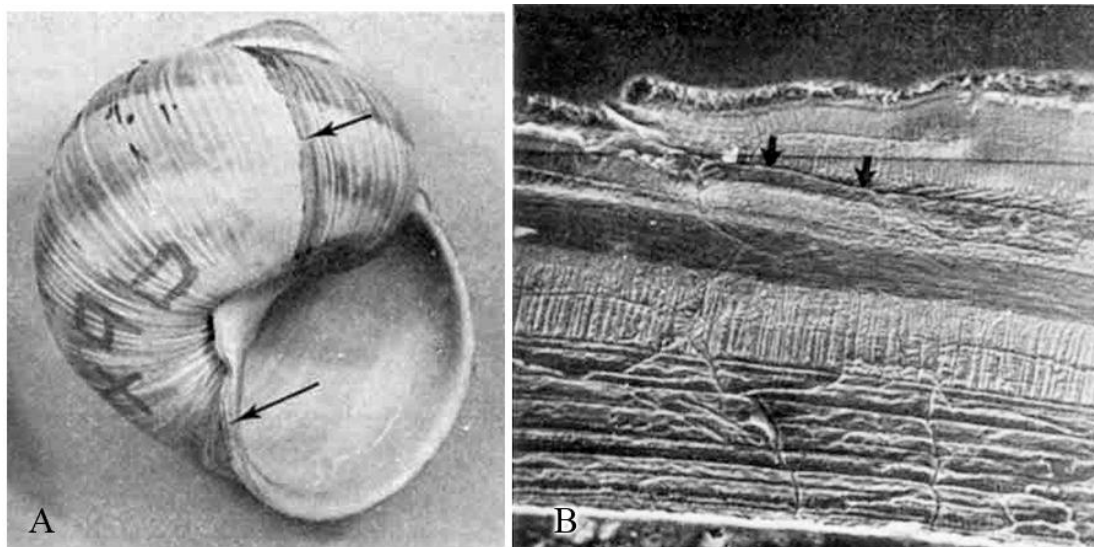


Рис. 4. Раковина *Helix pomatia* (фото из Pollard, 1977)

А – линия приостановки роста (обозначена верхней стрелкой); В – микрофотография поперечного среза на линии приостановки роста (обозначена стрелками).

В случае повреждения раковины быстрая биоминерализация за счёт деятельности амёбоцитов часто приводит к нарушению пигментации, что мы видим на участках первичной регенерации сразу же за линией излома (рис. 2 В; рис. 7 В). Подобным же

образом выглядят и незначительные повреждения, возникающие при разрушении устьевое края растущей улитки, в результате образуется соответствующий изгиб линии приостановки роста и кальцификация места травмы (рис. 5 В, С).

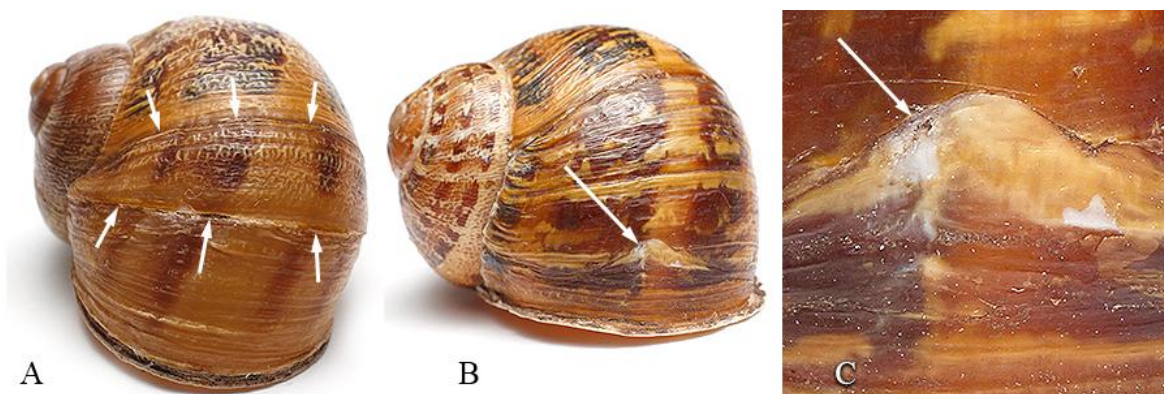


Рис. 5. Раковины *Cornu aspersum* из парка санатория «Айвазовское» (оригинал)

А – линии приостановки роста раковины (обозначены стрелками); В, С – регенерировавший участок повреждения устьевого края раковины с разной степенью увеличения (обозначен стрелкой).



Рис. 6. Участок регенерационного шва с послойной регенерацией раковины *Cornu aspersum* из-под излома. Проекция и локализация обозначены на врезках стрелками (оригинал)

При сравнении поверхностной скульптуры раковины в области повреждения с неповреждёнными участками выше по спирали заметно, что в процессе регенерации вермикулятная скульптура не восстановилась, и скульптурные образования представлены

лишь радиальными морщинами и узкими слабо и прерывисто намеченными спиральными бороздками (рис. 2 В, рис. 7). Это происходит при значительных повреждениях, когда необходимо восстанавливать большую площадь раковины. Подобная картина предстаёт в случае, например, опоясывающего раскола (рис. 8), когда за счёт включения сохранившихся осколков в состав матрицы и дальнейшей биоминерализации регенерационного шва удаётся сравнительно быстро восстановить целостность раковины. Незначительные трещины в апикальной области (рис. 9) обычно не представляют серьёзной угрозы для жизни взрослого моллюска, однако в любом случае являются затратными. В целом, можно отметить, что в парке санатория «Айвазовское» подавляющее большинство улиток *C. aspersum* имеет те или иные повреждения раковины, что связано, по всей видимости, с наличием большого количества дорожек с твёрдым покрытием и возвышений над ними в виде декоративных кустарников, деревьев, высоких клумб и подпорных стенок, падение с которых на асфальт или плитку практически безальтернативно ведёт к повреждению раковины.

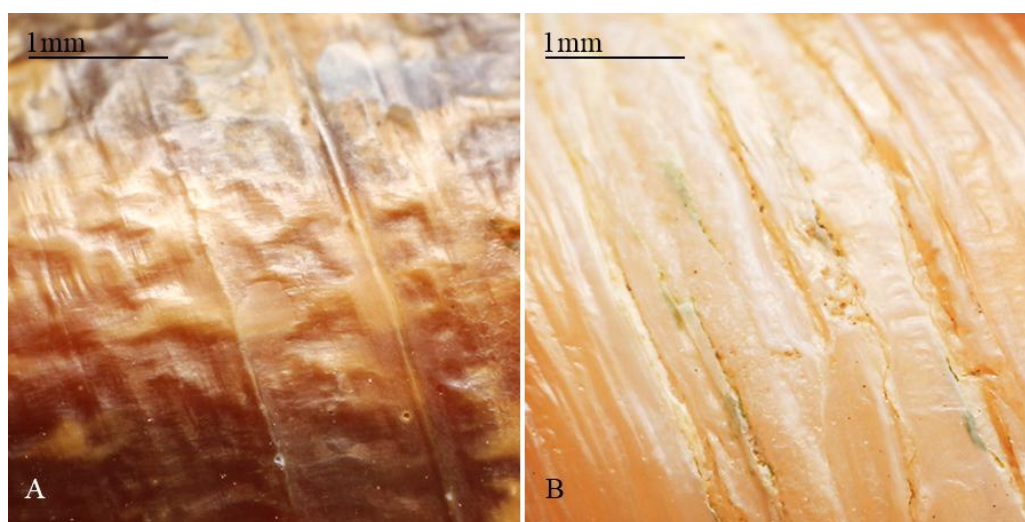


Рис. 7. Особенности скульптуры раковины *Cornu aspersum* в области регенерации скола (оригинал)

А – характерная вермикулятная скульптура и нормальная пигментация на неповреждённом участке раковины. В – деформированная скульптура и нарушенная пигментация на участке первичной регенерации.



Рис. 8. Раковина *Cornu aspersum* из парка санатория «Айвазовское» с опоясывающим расколом (оригинал)

А – внешний вид раковины со стороны затылка и устья; В – восстановленный участок с осколками раковины, сцементированными кальцинированным слоем



Рис. 9. Апикальные и субапикальные трещины (обозначены стрелками) на раковинах *Cornu aspersum* из парка санатория «Айвазовское» (оригинал)

На раковине улитки с опоясывающим расколом хорошо выражен след непосредственного контакта с твёрдым субстратом, вероятней всего, в результате падения с большой высоты – глубокий разлом в области затылка (рис. 8). Апикальные и субапикальные трещины (рис. 9) – тоже наиболее вероятное последствие падения, но уже с меньшей высоты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При содержании в террариуме в лабораторных условиях нам удалось обеспечить условия для регенерации раковины *C. aspersum*, в результате чего ювенильная улитка восстановила существенное повреждение устьевого края и достигла половой зрелости. Полностью сформированные дефинитивные признаки позволили подтвердить первоначальную идентификацию вида. При повторном обследовании территории парка санатория «Айвазовское» нам удалось обнаружить значительное количество взрослых особей, большинство из которых несли следы прижизненных повреждений раковины со следами заживления. Результаты нашего естественного эксперимента и проведённых наблюдений подтверждают существующую точку зрения на высокую способность инвазивного вида *C. aspersum* к регенерации повреждений раковины и иллюстрируют механизмы этой регенерации.

Список литературы

- Леонов С. В. Инвазивный вид *Cornu aspersum* (Mollusca; Pulmonata) в Крыму: первая находка после 1909 года и некоторые соображения по поводу этого события // Экосистемы. – 2017. – Вып. 10 (40). – С. 42–51.
- Шилейко А. А. Наземные моллюски надсемейства Helicoidea. Фауна СССР. – Т. 3, Вып. 6. – Л.: Наука, 1978. – 384 с.
- Campion M. The structure and function of the cutaneous glands in *Helix aspersa* // Journal of Microscopical Science. – 1961. – 102 (1). – P. 195–216.
- Fernández M. S., Valenzuela F., Arias J. I., Neira-Carrillo A., Arias J. L. Is the snail shell repair process really influenced by eggshell membranes as template of foreign scaffold? // Journal of Structural Biology. – 2016. – 196 (2). – P. 187–196.
- Lindholm W.A. Ein Beitrag zur Kenntniss der Molluskenfauna der Krim // Archiv für Molluskenkunde. – 1926. – B. 58. – S. 161–177.

Pollard E., Cooke A. S., Welch J. M. The use of shell features in age determination of juvenile and adult Roman snails *Helix pomatia* // J. Zool. – 1977. – Vol. 183. – P. 269–279.

Wagge L. E., Mittler T. Shell regeneration in some British molluscs // Nature, Lond. – 1953. – Vol. 171. – P. 528–529.

Wagge L. E. The Activity of Amoebocytes and of Alkaline Phosphatases during the Regeneration of the Shell in the Snail, *Helix aspersa* // Journal of Cell Science, 1951. – Vol. 92. – P. 307–321.

Yang S., Ni L., Zhao L., Yang J., Liu Q., Zhang J., He Z., Peng S. Repair process and enzymatic activity associated with induction of shell regeneration in the invasive species *Pomacea canaliculata* // Journal Molluscan Research. – 2016. – Vol. 36, Iss. 3. – P. 207–212.

Leonov S. V. Shell regeneration of the *Cornu aspersum* (Mollusca; Pulmonata) from the park of the sanatorium «Aivazovskoe» (Partenit, Crimea, Russia) // Ekosystemy. 2017. Iss. 12 (42). P. 45–52.

It is shown that severely damaged juvenile snail *Cornu aspersum* Müller, 1774 shell (mouth part of the last whorl) was repaired in the terrarium in laboratory during five months period (from 27.06.2016 to 26.11.2016) and the snail reached maturity. Other examples of the shell damage of *C. aspersum* snails from the park and the mechanisms of its regeneration are considered.

Key words: *Cornu aspersum*, Crimea, repair, shell regeneration.

Поступила в редакцию 22.11.2017