

629.786.591.169.2.594.38

**РЕГЕНЕРАЦИЯ РАКОВИНЫ НАЗЕМНЫХ ГАСТРОПОД  
НА ОРБИТАЛЬНОЙ СТАНЦИИ «МИР» И МКС**

Г.И. Горгиладзе

Докт. биол. наук, чл.-корр. РАЕН, проф. Г.И. Горгиладзе  
(ГНЦ РФ – ИМБП РАН)

В статье изложены результаты космического эксперимента (КЭ) «Регенерация» на двух видах раковинных наземных легочных гастропод – улиток *Helix lucorum* и *Helix pomatia*. КЭ составили три экспериментальные группы: полетная (ПГ) и две контрольные – синхронного сопровождения (СГ) и виварийная (ВГ). За 11–13 ч перед началом КЭ алмазным диском вырезали участок раковины размерами 5 × 5 мм. Нескольким улиткам механическим способом разрушали большую часть раковины. Улиток ПГ в специальном инкубационном контейнере на космических кораблях – транспортном грузовом «Прогресс» и пилотируемом «Союз» – доставляли на орбитальную станцию (ОС) «Мир» и МКС. Улитки СГ были размещены в аналогичном «полетному» контейнере при температуре, близкой к бортовой. Улитки ВГ находились в большом террариуме и имели свободный доступ к корму и воде. Продолжительность экспозиции в орбитальном полете (ОП) на ОС «Мир» составила 102 и 202 сут, на МКС – 109, 127 и 163 сут. Поврежденные раковины регенерировали у всех улиток наземного контроля. Полетные улитки вернулись на Землю с регенерировавшими раковинами. У регенератов улиток всех экспериментальных групп отсутствовал верхний роговой конхиолиновый слой. В вырезанных перед началом КЭ участках раковины и в самих регенератах определяли элементный состав методом рентгеновского микроанализа. Содержание кальция определяли методом атомной абсорбционной спектроскопии. В вырезанных участках раковины содержание кальция составило около 40 %. В 102-суточном и 109-суточном КЭ содержание кальция в регенератах составило 1/3 от содержания кальция в вырезанных перед полетом участках раковины. В 163-суточном и 202-суточном КЭ содержание кальция в регенератах составило практически столько же, сколько было в вырезанных участках раковины.

**Ключевые слова:** улитка, раковина, регенерация, невесомость, орбитальная станция «Мир», Международная космическая станция

**Regeneration of the Shell of Terrestrial Gastropods on the Mir  
Space Station and the ISS. G.I. Gorgiladze**

The article presents the results of the space experiment (SE) “Regeneration” on two types of shell-like terrestrial pulmonary gastropods, *Helix lucorum* and *Helix pomatia*. The SE consisted of three experimental groups: flight group (FG) and two control groups – synchronous control group (SG) and vivarium group (VG). Eleven-thirteen hours before the SE started, a 5 × 5 mm section of shell had been cut out with a diamond disc. Several snails had most of their

shells mechanically destroyed. The FG snails were transported to the Mir Orbital Station (OS) and the ISS in a special incubation container on spacecraft – the Progress transport cargo spacecraft and the Soyuz manned spacecraft. The SG snails were placed in a similar “flight” container at a temperature close to the on-board temperature. The VG snails were in a large terrarium and had free access to food and water. The duration of the exposure in the orbital flight (OF) on the Mir OS was 102 and 202 days, on the ISS – 109, 127 and 163 days. The damaged shells were regenerated in all snails of the ground control groups. The flying snails returned to Earth with their shells regenerated. Snail regenerates of all experimental groups lacked the upper horny conchioline layer. The elemental composition was determined by X-ray microanalysis in the shell sections cut out before the SE start and in the regenerates themselves. The calcium content was determined by atomic absorption spectrophotometry. In the cut out sections of the shell, the calcium content was about 40 %. In 102-day and 109-day SE, the calcium content in the regenerates was 1/3 of the calcium content in the shell sections cut out before the flight. In the 163-day and 202-day SE, the calcium content in the regenerates was almost the same as in the cut out sections of the shell.

**Keywords:** snail, shell, regeneration, weightlessness, Mir orbital station, ISS

Опыт пилотируемых ОП показал, что костная ткань человека представляет собой уязвимую структуру в невесомости. В костях опорного скелета в невесомости развивается остеопороз, деминерализация в основном за счет потери кальция [1]. Среди земных организмов есть существа, у которых мягкие части тела заключены в прочный известковый скелет. Название этого образования – панцирь или раковина (concha), обладателями которых являются брюхоногие моллюски – улитки. Раковина улитки – высокоминерализованное неклоточное образование, продукт деятельности секреторных клеток мантийного валика. Органическая основа раковины – белок конхиолин, минеральные соли, большей частью карбонат кальция в виде кальцита и/или арагонита. Раковина образована из трех слоев:

1. Наружный – периостракум. Самый тонкий слой, состоящий из задубленного хинонами рогообразного органического вещества белкового типа конхиолина. Он устойчив к истиранию и обеспечивает окрас и скульптуру раковины.

2. Средний – остракум или фарфоровидный, состоящий из кристаллических призм и пластинок кальцита или арагонита, осажденных в матрицу из конхиолина и расположенных перпендикулярно к поверхности раковины.

3. Внутренний гладкий – гипостракум или перламутровый, соприкасающийся с телом улитки. Он состоит из параллельно расположенных кристаллических пластинок арагонита, упакованных, как и средний слой, в матрицу из конхиолина. Изнутри к раковине прикреплены мышцы. Раковина для моллюска представляет собой переносное убежище, защищающее его мягкое тело от механических воздействий, нападения хищников, обезвоживания, и одновременно является депо для хранения кальция, как и кости

позвоночных [2–4]. Содержание кальция в раковине может достигать 40 % от ее общей массы. Раковина улиток, как и кости позвоночных, обладает высокой регенерационной способностью. В природной среде довольно часто можно встретить улиток с поврежденными раковинами. Иногда повреждения весьма значительны. Спустя некоторое время места повреждений заполнены довольно прочными регенератами. Такие улитки живут своей нормальной жизнью, размножаются и дают потомство. В научной литературе достаточно много информации относительно восстановительных процессов в раковинах брюхоногих моллюсков, в частности об источниках кальция, его транспорта в район повреждения и другие, приводящих к «починке» раковины [5].

Цель настоящего КЭ состояла в оценке воздействия невесомости на регенерационные способности кальций содержащего скелета-раковины в опытах на улитках в многосуточном ОП ОС «Мир» и МКС. Работа явилась реализацией четвертой завершающей части проекта «Регенерация», проводимого по долгосрочной программе научно-прикладных исследований и экспериментов РКА и Роскосмоса.

## МЕТОДИКА

### Объекты и методы исследования.

#### Основные характеристики научной аппаратуры

*Объекты исследования.* Наземные легочные раковинные брюхоногие моллюски – улитки *H. lucorum* (Kryn., 1833) и *H. pomatia* из рода *Helix* (L.), семейства *Helicidae*, отряда стебельчатоглазые (*Stylommatophora*), подкласса легочные (*Pulmonata*), класса брюхоногие (*Gastropoda*).

*H. lucorum* – турецкая или горная улитка. Раковина каштанового цвета, продольно идущими по завитку от одной до трех светлыми полосами, высотой до 44 мм и диаметром до 47 мм. Масса взрослых улиток может достигать 25 г, средняя продолжительность жизни – 5–6 лет.

*H. pomatia* – виноградная, римская или бургундская улитка. Раковина песочно-бежевого цвета с ребристой скульптурой, высотой до 47 мм и диаметром до 55 мм. Взрослые улитки имеют массу 45–50 г, средняя продолжительность жизни 7–8 лет. Показателем взрослости для обоих видов улиток является так называемая губа – утолщение раковины по краю устья, в результате которого раковина теряет способность к росту. Раковина улитки закручена в конусообразную спираль в 4,5–5 оборотов. Перемещаются улитки при помощи ползательной мускулистой подошвы так называемой ноги. Обе улитки двуполые. Питаются зелеными побегами растений. В жаркую сухую погоду и во время зимней спячки для предотвращения потери влаги устье раковины закрывается известковой пленкой – эпифрагмой. Голова улитки снабжена двумя парами подвижных щупалец-тентакулов. Передние короткие щупальца служат для ощупывания окружающей среды, задние, более длинные, являются глазными щупальцами (рис. 1) [2, 6, 7].

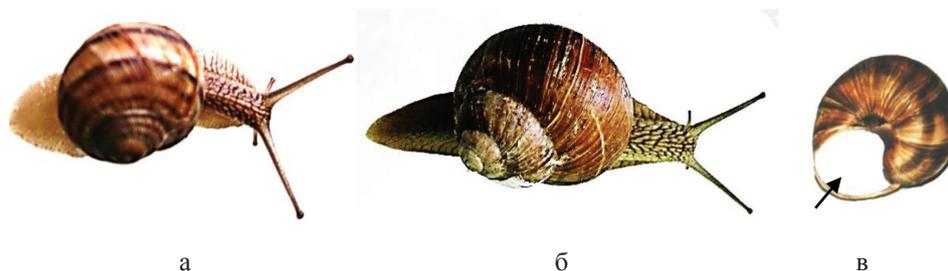


Рис. 1. *H. lucorum* (а), *H. pomatia* (б) в активном состоянии с губными и глазными щупальцами и улитка *H. lucorum* в спячке (стрелкой отмечена эпифрагма) (в)

*H. lucorum* собирали в городских парках г. Тбилиси, *H. pomatia* собирали в Подмосковье. Из собранных улиток были отобраны взрослые особи массой 9–12 г. В качестве корма использовали морковь, огурец, капусту, листья салата, обильно смоченные водой. В настоящем эксперименте были использованы 482 улитки.

**Подготовка КЭ.** Улитки, прошедшие полуторамесячный карантинный срок, были разделены на три экспериментальные группы: ПГ и две контрольные – СГ и ВГ. За 6 сут перед началом КЭ прекращали кормление улиток ПГ и СГ. За трое суток улитки были доставлены на техническую позицию (г. Байконур, Казахстан). За 11–13 ч перед стартом корабля на уровне третьего оборота завитка алмазным диском вырезали участок раковины размером 5 мм<sup>2</sup>. Нескольким улиткам механическим способом разрушали значительную часть раковины.

**Научная аппаратура (НА) «Улитка»** представляет собой инкубационный контейнер (ИК) цилиндрической формы из непрозрачного полиамида ПА6. ИК состоит из двух камер, разделенных перегородкой с отверстиями: камеры для размещения улиток и камеры для фильтрационного устройства. Последняя предназначалась для предотвращения выделений в окружающую среду продуктов жизнедеятельности улиток и неприятного запаха при возможной гибели отдельных особей. ИК имеет съемную крышку со стороны камеры для фильтрационного устройства. При снятой съемной крышке камера для фильтрационного устройства отделена от внешней среды крышкой с отверстиями диаметром 4 мм для обеспечения доступа воздуха к улиткам. Габаритные размеры ИК – 150 × Ø110 мм, масса – 0,450 кг, внутренний объем – 1 л и вмещает до 90 улиток. В транспортном варианте ИК упакован в чехле [8] (рис. 2).

Улитки СГ были размещены в аналогичном «полетному» ИК и при температуре, близкой к бортовой. Улитки ВГ находились в большом террариуме и имели свободный доступ к корму и воде.

**Методы исследования.** Элементный состав в вырезанных участках раковины и в появившихся на их месте регенератах выявляли при помощи системы микроанализа ISIS, оснащенной детектором рентгеновского излучения



Рис. 2. Этапы подготовки НА «Улитка»:

*a* – ИК с улитками; *б* – ИК с закрытой крышкой; *в* – ИК в транспортировочном чехле; *г* – ИК со снятой крышкой подготовлен для экспонирования

в растровом электронном микроскопе Oxford. Исследуемая площадь образцов составила  $1 \text{ мм}^2$  при глубине проникновения  $10 \text{ мкм}$ . Содержание кальция определяли методом атомной абсорбционной спектрофотометрии на спектрофотометре Hitachi-508 (содержание кальция в раковине может колебаться в значительных пределах в зависимости от места обитания улиток). Раковина улиток, собранных на песчаной почве, заметно легче и тоньше в сравнении с раковиной улиток, собранных с известковой почвы. Соответственно этому содержание кальция в раковине у первых заметно меньше в сравнении со вторыми. По этой причине улитки, используемые в настоящем КЭ, собирались с одного и того же участка и в одно и то же время года.

*Условия проведения КЭ.* На ОС «Мир» НА «Улитка» доставляли транспортные грузовые корабли (ТГК) «Прогресс М-23», «Прогресс М-24» и пилотируемый космический корабль «Союз ТМ-28». На МКС НА «Улитка»

доставляли на ТГК «Прогресс М-55», «Прогресс М-56» и «Прогресс М-64». В день стыковки с ОС «Мир» и МКС экипаж переносил НА на станцию, предварительно сняв крышку с ИК для доступа воздуха, и размещал в хорошо вентилируемом и относительно прохладном месте. Продолжительность экспозиции на ОС «Мир» составила 102 сут (с 20 ноября 1996 г. по 2 марта 1997 г.) и 202 сут (с 13 августа 1998 г. по 28 февраля 1999 г.). Продолжительность экспозиции на МКС составила 109 сут (с 21 декабря 2005 г. по 9 апреля 2006 г.), 127 сут (с 24 апреля по 29 сентября 2006 г.) и 163 сут (с 15 мая по 24 октября 2008 г.). В процессе полета осуществлялся ежедневный телеметрический контроль параметров микроклимата в зоне размещения НА. Температурный режим колебался в пределах 14–22 °С, относительная влажность – 45–65 %, содержание кислорода в воздухе – 20 %, углекислого газа не превышало 0,3 %, атмосферное давление – 0,7–1,2 атм. После завершения полета в окрестностях г. Костаная (Казахстан) НА извлекали из спускаемого аппарата и спустя 8–10 ч самолетом доставляли в Москву.

### Результаты исследования

Среди собранных улиток у некоторых из них раковина была сильно повреждена и через ее разломы проступала покрывающая их тело мантия. Были и такие, у которых поврежденные участки раковины были закрыты новообразованиями матового цвета, и в таком виде они могли находиться без заметных изменений в течение нескольких лет наблюдения. Такие повреждения могли возникнуть вследствие падения с высоты, нападения хищников, антропогенного или иного воздействия (рис. 3).

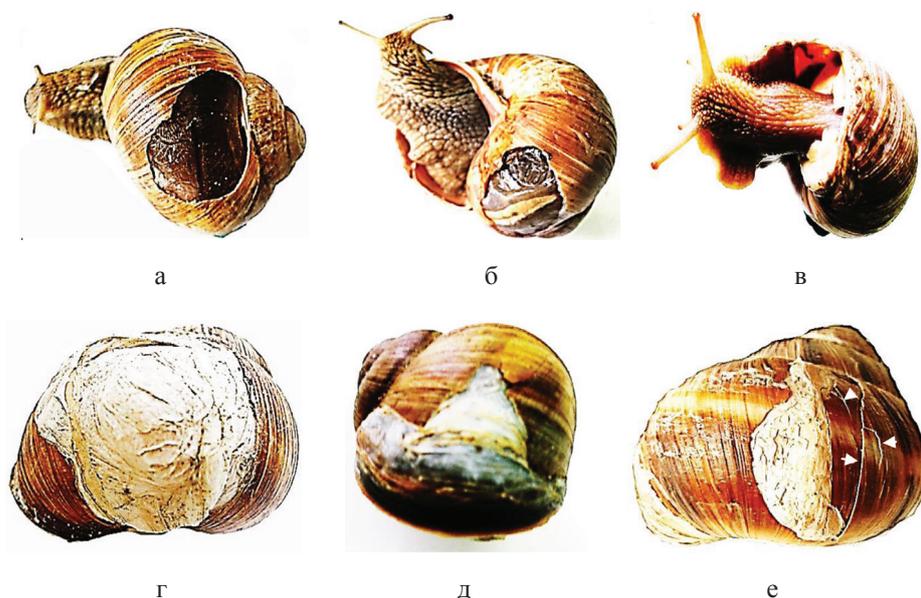


Рис. 3. *H. pomatia* (а, б, в, г, д) и *H. lucorum* (е), найденные в природной среде: а, б, в – с большими повреждениями раковины; г, д, е – с регенерировавшими раковинами

На рисунке представлены улитки с регенератами раковины спустя 4,3 года после их обнаружения. У всех регенератов отсутствует конхиолиновый слой раковины. Рядом с регенератом, закрывающим большой дефект раковины, видны регенераты в виде тонких светлых тяжей, заполняющие трещины в сломанной раковине (отмечены стрелками).

В день возвращения НА «Улитка» на Землю при вскрытии ИК все улитки были живы, они потеряли от 25 до 45 % своей исходной массы. Улитки СГ примерно столько же, что и полетные. У виварийных улиток, напротив, масса тела увеличилась на 1,3–2,4 г. Многие улитки ПГ и СГ находились в спячке, о чем свидетельствовало закрытое эпифрагмой устье раковины. Дефекты раковины полетных улиток и улиток наземного контроля были полностью закрыты регенератами. У них отсутствовал верхний роговой конхиолиновый слой с характерным для этих улиток окрасом и скульптурой. Регенераты вместо трех слоев состояли из двух: фарфоровидного и перламутрового. Снаружи выступал фарфоровидный слой, который своим матовым цветом контрастировал с остальной частью раковины, покрытой периостракумом. Внутренняя поверхность регенератов, прилегающая непосредственно к мантии, имела вид натека неправильной формы с характерным радужным блеском, который занимал несколько большую площадь по сравнению с размерами самого дефекта, особенно у улиток ПГ. Толщина регенератов улиток ПГ составила 185–210 мкм, улиток СГ 190–215 мкм. У улиток ВГ толщина регенератов оказалась заметно больше – 264–287 мкм. Толщина вырезанных перед полетом участков раковины равнялась 300–340 мкм. У 4 улиток ПГ и 3 улиток СГ, у которых перед полетом механическим способом была разрушена большая часть раковины, обширные дефекты раковины были полностью закрыты регенератами (рис. 4–6).

*Элементный состав.* На внешней и внутренней поверхности раковины улитки *H. pomatia* выявлены не менее 12 химических элементов. Из минеральных веществ максимальное присутствие приходилось на кальций (рис. 6).

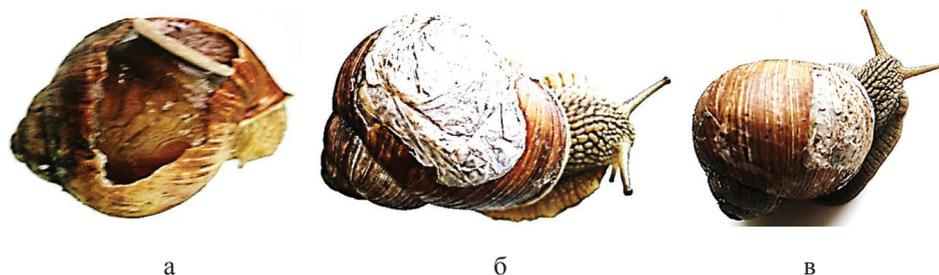


Рис. 4. Улитка *H. pomatia* после 102-суточного КЭ на ОС «Мир»:

*а* – улитки перед полетом большая часть раковины разрушена механическим способом;  
*б* – у полетной улитки разрушенная часть раковины полностью закрыта регенератом после ОП;  
*в* – у улитки наземного контроля СГ разрушенная часть раковины также полностью закрыта регенератом

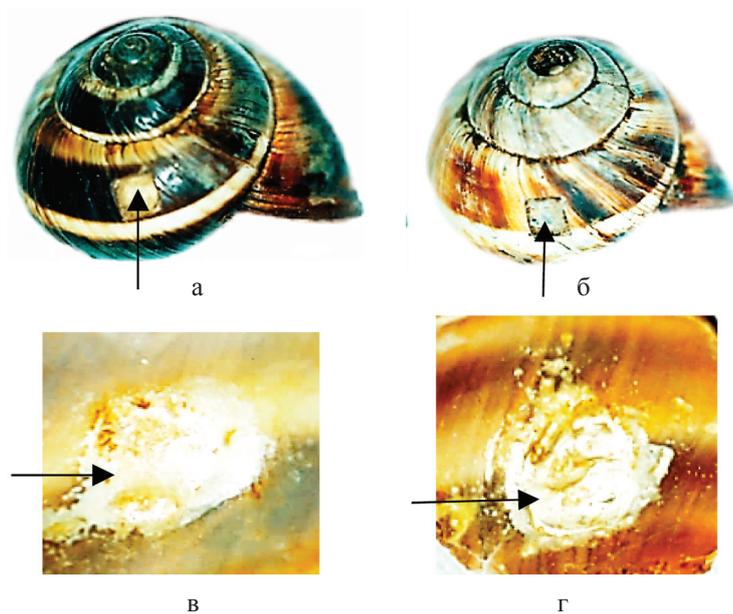


Рис. 5. Улитка *H. lucorum* после 127-суточного КЭ на МКС:

*a, в* – улитка ПГ; *б, г* – улитка СГ. Стрелками отмечены регенераты на месте вырезанных участков раковины: *a, б* – снаружи; *в, г* – изнутри

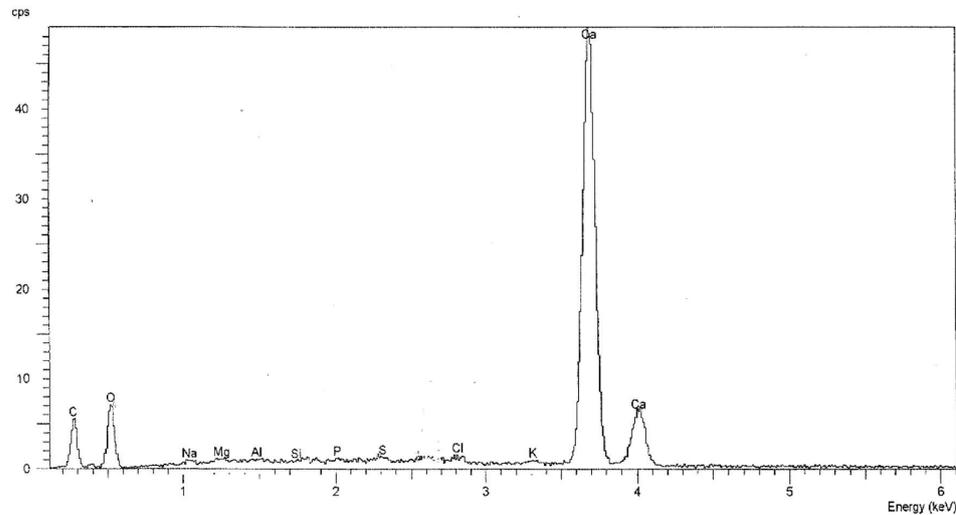


Рис. 6. Спектрограмма элементного состава раковины *H. lucorum*

В регенератах отсутствовал верхний роговой конхиолиновый слой, снаружи выступал фарфоровидный слой, под которым располагался внутренний перламутровый слой. По показателям спектрофотометрии в вырезанных перед полетом участках раковины для улиток ПГ, СГ и ВГ содержание кальция

оказалось близким между собой. Различие составило не более 2–3 %. В появившихся на их месте регенератах в ОП, как и в регенератах улиток наземного контроля, содержание кальция составило 1/3 от содержания кальция в вырезанных участках раковины в 102-суточном и 109-суточном КЭ. В 163-суточном и 202-суточном КЭ в регенератах содержание кальция существенно возросло, вплотную приблизившись к содержанию кальция в вырезанных участках раковины у тех же улиток (табл.; рис. 7, 8).

**Содержание кальция в вырезанных участках раковины и в регенератах у улиток *H. lucorum* после полетов разной продолжительности на ОС «Мир»\* и МКС\*\***

Длительность КЭ, сут	Содержание кальция в группах улиток (норма / полет), %		
	полетная	синхронная	виварийная
102*	41,42 / <b>32,53</b>	41,04 / <b>30,93</b>	42,31 / <b>30,21</b>
109**	41,43/33,0	42,51 / <b>31,10</b>	39,0 / <b>30,42</b>
163**	40,85 / <b>39,0</b>	39,29 / <b>37,98</b>	37,55 / <b>36,50</b>
202*	40,75 / <b>38,89</b>	39,56 / <b>37,90</b>	38,89 / <b>36,38</b>

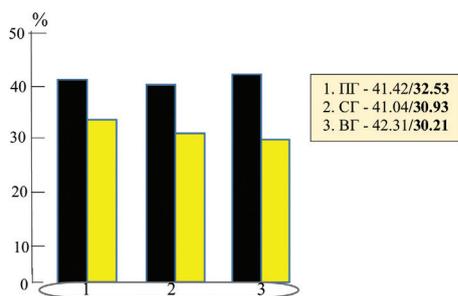


Рис. 7. Содержание кальция в вырезанных участках раковины *H. lucorum* (темные столбики) и в регенератах (желтые столбики) в 102-суточном КЭ

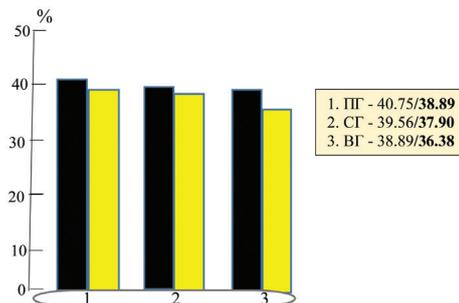


Рис. 8. Содержание кальция в вырезанных участках раковины *H. lucorum* (темные столбики) и в регенератах (желтые столбики) в 202-суточном КЭ

## Заключение

При повреждениях раковины брюхоногие моллюски сохранили способность к регенерации. Очевидно, у них запускается череда процессов, в результате которых поврежденные участки заполняются регенератом, и целостность раковины восстанавливается. Основным строительным материалом для регенерата – это кальций, которого много запасено в теле улитки [5]. В настоящем КЭ продемонстрировано восстановление раковины, на двух наземных

легочных улитках – *H. lucorum* и *H. pomatia* в условиях ОП. Эти животные, подвергнутые перед полетом оперативному удалению (вырезанию) небольших участков раковины, либо механическому разрушению ее значительной части, после многосуточной экспозиции на ОС «Мир» и МКС вернулись на Землю с регенератами, полностью закрывающими дефекты раковины. Примерно такая же картина отмечалась у улиток наземного контроля как синхронного, так и виварийного. Особо следует подчеркнуть, что появление регенератов не явилось следствием реставрации, то есть «восстановления до первоначального вида». Регенерация как процесс – это своего рода ремонт, «починка», замена на новое образование. В отличие от первоначальной трехслойной раковины, регенераты оказались двуслойными образованиями. У них отсутствовал наружный конхиолиновый слой, придающий раковине этих улиток присущий им окрас и скульптуру. В результате снаружи у регенератов оказался фарфоровый слой, который своим матовым цветом явно контрастировал с интактными участками раковины. Очевидно, по этой причине регенераты были тоньше по сравнению с удаленной частью раковины. Примерно такая же картина отмечалась у улиток наземного контроля как синхронного сопровождения, так и виварийного, с той разницей, что у свободно живущих и кормящихся улиток регенераты были потолще. Таким образом, регенерация раковины происходила исключительно за счет внутренних ресурсов улиток. Раковина регенерировала в ОП в состоянии потери веса улиток в контейнере, который максимально ограничивал их двигательную активность при световой депривации, отсутствии корма и воды, а также в состоянии спячки, как и у улиток наземного синхронного сопровождения при 1 g. В 102-суточном и 109-суточном КЭ содержание кальция в регенератах как у полетных улиток, так и улиток обеих контрольных групп, составило 1/3 содержания кальция в вырезанных участках раковины. В 163-суточном и 202-суточном КЭ содержание кальция в регенератах приблизилось к норме.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что потеря веса в ОП не препятствует реализации механизмов регенерации раковины. Раковина, которая по своему назначению является не столько опорным, сколько защитно-механическим известковым скелетом, не есть гравитационно-зависимое образование. Такой вывод перекликается с известным фактом отсутствия убыли содержания кальция в костях неопорного скелета (череп, ребра, кости рук) у космонавтов и астронавтов на пилотируемых ОС «Мир» и МКС, тогда как потеря кальция в костях опорного скелета (поясничные позвонки, кости таза и бедренная кость) становилась причиной развития остеопороза [1].

## Выводы

1. Наземные гастроподы восстанавливают целостность поврежденного экзоскелета вне зависимости от среды обитания: на Земле при 1 g и в невесомости во время ОП, при полном отсутствии освещенности, пищи и воды, при максимальном ограничении двигательной активности и в состоянии спячки.

2. Содержание кальция в раковинных регенератах не подвержено влиянию невесомости.

*Автор выражает благодарность космонавтам С. Авдееву, С. Волкову, О. Кононенко, Г. Падалке, сотрудникам отдела-куратора по проведению медико-биологических экспериментов ПАО «РКК “Энергия” им. С.П. Королёва» и отдела координации подготовки по научным экспериментам и исследованиям ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» за содействие в проведении настоящей работы. Спектрофотометрия кальция в раковине улитки была проведена сотрудниками географического факультета МГУ Т. Суховой, Е. Шахпендерян и Н. Зубковой, элементный состав раковины – сотрудниками ЭКЦ МВД РФ Н. Соколовым и И. Афанасьевым.*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Оганов, В.С. Костная система, невесомость и остеопороз. – Воронеж: Научная книга, 2014. – 291 с.
2. Догель, В.А. Зоология беспозвоночных. Под ред. Ю.И. Полянского. – Москва: Ленанд, 2017. – 620 с.
3. Вестхайде, В. Зоология беспозвоночных. Т. 1: от простейших до моллюсков и артропод. Пер. с нем. / В. Вестхайде, Р. Ригер. – Москва: Т-во научных изданий КМК, 2008. – 434 с.
4. Рупперт, Э.Э. Зоология беспозвоночных. Т. 2. Низшие целомические животные. Пер. с англ. / Э.Э. Рупперт, Р.С. Фокс, Р.Д. Барнс. – Москва: Академия, 2008. – 448 с.
5. Короткова, Г.П. Регенерация животных. – С.-Петербург: СПбГУ, 1997. – 479 с.
6. Джавелидзе, Г. Определитель наземных моллюсков Грузии. – Тбилиси: Изд-во Тбилисского Гос. ун-та, 1972.
7. Лихарев, И.М. Наземные моллюски фауны СССР / И.М. Лихарев, Е.С. Раммельмейер. – Москва, Ленинград: Изд-во АН СССР, 1952. – 512 с.
8. Аппаратура для проведения биологических экспериментов с улитками на пилотируемых орбитальных станциях / Г.И. Горгиладзе, Е.В. Короткова, Е.Е. Кузнецова, Л.Н. Мухамедиева [и др.] // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2010. – Т. 44, № 3. – С. 61–64.

#### REFERENCES

1. Oganov, V.S. The Bone System, Weightlessness and Osteoporosis. – Voronezh: Scientific Book, 2014. – P. 291.
2. Dogel, V.A. Zoology of Invertebrates. Ed. by Polyansky, Yu.I. – Moscow: Lenand, 2017. – P. 620.
3. Westheide, V. Zoology of Invertebrates. – Vol. 1: From Protozoa to Mollusks and Arthropods. Translated from German / V. Westheide, R. Rieger. – Moscow: KMK Scientific Press Ltd., 2008 – P. 434.
4. Ruppert, E.E. Zoology of Invertebrates. Vol. 2. Lower Coelomic Animals. Translated from English / E.E. Ruppert, R.S. Fox, R.D. Barnes. – Moscow: Academy, 2008. – P. 448.

5. Korotkova, G.P. Regeneration of Animals. – St. Petersburg: St. Petersburg State University, 1997. – P. 479.
6. Javelidze, G. Determinant of Terrestrial Mollusks of Georgia. – Tbilisi: Publishing House of Tbilisi State University, 1972.
7. Likharev, I.M. Terrestrial Mollusks of the Fauna of the USSR / I.M. Likharev, E.S. Rammelmeyer. – Moscow: Publishing House of the Academy of Sciences, 1952. – P. 512.
8. Equipment for Conducting Biological Experiments With Snails on Manned Orbital Stations / G.I. Gorgiladze, E.V. Korotkova, E.E. Kuznetsova, L.N. Mukhamedieva [et al.] // Aerospace and Environmental Medicine. – 2010. – Vol. 44, No 3. – P. 61–64.