

П. Мэттсон

**Регенерация - настоящее и
будущее**

В мире науки и техники

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 57
ББК 28
П11

П11 **П. Мэттсон**
Регенерация - настоящее и будущее: В мире науки и техники / П. Мэттсон –
М.: Книга по Требованию, 2013. – 174 с.

ISBN 978-5-458-50522-2

Эта книга рассказывает о восстановлении утраченных органов (регенерации), о медико-биологическом аспекте этой проблемы. Материал, представленный в книге, свидетельствует о том, что восстановительные процессы у человека имеют глубокую связь с приведенными примерами регенерации у низших животных. Книга американского биолога в популярной форме излагает современные данные о механизмах восстановления утраченных органов и тканей у растений, животных и человека. Книга предназначена для биологов, врачей и широкого круга читателей, интересующихся проблемой регенерации.

ISBN 978-5-458-50522-2

© Издание на русском языке, оформление

«YOYO Media», 2013

© Издание на русском языке, оцифровка,

«Книга по Требованию», 2013

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, кляксы, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

ОТ АВТОРА

Работа над книгой о регенерации доставляла мне удовольствие на всех этапах, несмотря на трудности, которые неизбежны как при сборе и обработке информации, так и при ее обобщении. Я глубоко признательна многим людям, прямо или косвенно способствовавшим, чтобы этот труд был завершен, независимо от того, насколько мне удалось воспользоваться их помощью. Существенную роль при моем знакомстве с основами регенерации и биологии развития сыграло руководство таких ученых, как д-р Джон Форет с зоологического факультета Нью-Гэмпширского университета в Дареме, д-р Маркус Сингер и д-р Дуглас Кастан с кафедры анатомии Медицинской школы при Кливлендском университете, штат Огайо. Глубокую благодарность я приношу также моим коллегам, любезно просмотревшим те части рукописи, где излагались вопросы, в которых они являются ведущими специалистами. Им я обязана не только за конструктивную критику по поводу написанного, но и за ценные предложения о включении важных дополнительных материалов. Услуги такого рода мне были оказаны д-рами Маргарет Эгар, Нагуредди Кришнан, Чарлзом Мейером и Рут Нордлендер — сотрудниками кафедры анатомии Медицинской школы при Кливлендском университете; д-ром Джеймсом Тернером с кафедры анатомии Медицинской школы имени Боумен-Грея в Уинстон-Сейлеме, штат Северная Каролина, и д-ром Расселом Россом с кафедры патологии Медицинской школы при Вашингтонском университете в Сиэтле. Не менее благодарна я также тем, кто помогал мне при сборе ил-

люстраций, крайне необходимых для книги подобного рода; миссис Наде Дейгэн, сделавшей рисунки и схемы, всем друзьям, ободрявшим меня в этом моем начинании. Наконец, я не могу не выразить самой искренней благодарности д-ру Эдварду Кормонди с кафедры биологии Эвергринского колледжа в Олимпии, штат Вашингтон, проявившему столько компетентности и такта, когда, будучи редактором книги, помогал мне преодолевать неизбежные трудности, возникающие при подготовке рукописи к печати.

Присцилла Мэттсон
Кливленд, Огайо

ВВЕДЕНИЕ

Большинство людей, в том числе и научных работников, устроено так, что круг их интересов невольно замыкается на относительно небольшом числе проблем, составляющих предмет их занятий. Люди, непосредственно не занятые данной проблемой, обычно с меньшим энтузиазмом слушают или читают что-либо посвященное ее детальному изложению. Но это общее правило, на мой взгляд, совсем не относится к регенерации. Я заметила, что даже те, кто не имеет никакого отношения к биологии, всегда проявляли неизменный интерес к проблемам регенерации. Об этом свидетельствуют их многочисленные вопросы ко мне. Конечно, их интерес мог бы быть удовлетворен чтением научной литературы, ведь проблеме регенерации посвящены многочисленные публикации, в том числе ряд очень хороших книг. Но большинство этих книг и статей рассчитаны на читателя, уже имеющего существенный опыт как в биологических науках вообще, так и в исследовании механизмов регенерации у растений и животных. Вот почему эта книга адресована читателям, которым необходимо *введение* в проблему регенерации, включающее как историю вопроса, так и обзор наиболее важных для настоящего времени исследований.

Главы I и II, включающие материал о регенерации у беспозвоночных и позвоночных животных, содержат общие представления о том, как животные восстанавливают утраченные части тела, а также ряд вопросов, возникающих по ходу ознакомления с деталями этого процесса. В каждой главе на примере типичного животного указанных групп детально

илюстрируются как прошлые, так и настоящие исследования, приводятся наиболее вероятные направления будущей работы. В более мелких разделах рассматриваются примеры регенерации у других групп низших и высших животных. Материал по регенерации безгранично широк, и не всегда легко было отобрать наиболее достойный описания пример. В конце концов я остановилась на таком принципе отбора материала, который поможет читателю понять, сколь велико *разнообразие* регенерационных процессов у животных.

В главе III приводятся основные параметры трех исследовательских подходов, разработанных или усовершенствованных на протяжении последних пятнадцати лет и широко применявшимися в опытах по регенерации. Прогресс, достигаемый с применением всего арсенала этих методов и каждого из них в отдельности, показывает, в какой степени успех фундаментальных научных исследований зависит от развития «технологии». Новые подходы к решению тех или иных проблем важны ничуть не менее усовершенствования исследовательских методов. Это положение иллюстрируется в главе IV, где рассказано о четырех ученых, внесших разными путями значительный вклад в наши представления о регенерации. Число биологов, вовлеченных в исследования по регенерации, велико и непрерывно возрастает. Поэтому в этой главе упоминаются имена многих из них, опять же с целью показать читателю многообразие вариаций — на сей раз в подходах к изучению проблемы. Имена исследователей приводятся и в других разделах книги, но с целью облегчить восприятие материала в весьма ограниченном числе. Если читатель захочет больше узнать об отдельных исследователях и их вкладе в проблему, ему будет нетрудно сделать это, обратившись к помещенной в конце книги подборке рекомендаций для дальнейшего чтения.

Глава V, названная «Советские исследования в области регенерации», отражает тот вклад, который был внесен и вносится учеными СССР в изучение регенерации, а также мой собственный интерес к стране, которую я посетила несколько лет назад и надеюсь еще посетить в скором будущем. Блестящей

попыткой ликвидации «информационного провала» между нашими странами явились обмены в области космических исследований, и можно надеяться, что не менее успешным будет и обмен знаниями в области регенерации.

Хотя эта книга посвящена в основном регенерации у *животных*, некоторые весьма ценные и необычные данные о судьбе клеток при восстановительных процессах были получены в исследованиях на организмах, относящихся к миру растений. Наиболее типичные примеры таких исследований составили материал главы VI. Эти работы описаны детально, хотя и не исчерпывают всего материала по регенерации у растений. Автор чувствует себя недостаточно подготовленным для изложения проблемы в таком масштабе.

Начиная с самых ранних из описанных экспериментов и по настоящее время наиболее интригующим феноменом является способность саламандр к полному восстановлению утраченных конечностей. Ученым, занимающимся этой проблемой, обычно задают два вопроса. Ответ на первый из них — могут ли достижения в этой области способствовать разрешению проблемы восстановления конечностей у человека? — составляет предмет изложения последней главы книги. Мне хотелось представить максимум имеющейся информации, чтобы читатель мог сам ответить на этот вопрос. В отличие от первого ответ на второй вопрос — могут ли исследования в данной области быть вообще полезными в применении к человеку? — безусловно положителен. По мере исследования регенерации у животных и растений непрерывно возникают возможности приложения полученных результатов к тем или иным проблемам медицины. Некоторые из этих возможностей обсуждаются в заключительной части книги.

РЕГЕНЕРАЦИЯ У НИЗШИХ ЖИВОТНЫХ

Какие из беспозвоночных животных послужили основными объектами в исследованиях по регенерации? В первую очередь плоские черви, известные биологам под названием планарий. Действительно, многие работы были проделаны на разнообразных видах планарий, часто встречающихся в проточных прудах или ручьях, где эти животные прикрепляются к водным растениям или нижним поверхностям подводных камней. Обычно длина червей чуть больше сантиметра; их легко узнать по треугольной форме головы и покрытому точками заднему концу тела. Планарии имеют четко выраженную пару глаз на верхней спинной поверхности головного конца и трубчатую глотку, которая начинается от ротового отверстия, расположенного в середине нижней брюшной поверхности (рис. 1). Внешне планарии ничем не примечательны, но они обладают удивительной регенерационной способностью.

Если бы вам предложили составить список литературы по регенерации у планарий, вы бы быстро обнаружили, как нелегка эта задача. Каждому из

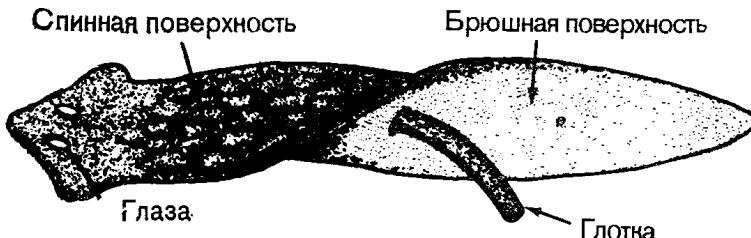


Рис. 1. Планария (винтообразно изогнута, чтобы показать брюшную поверхность).

аспектов темы посвящены сотни научных статей, которые стали появляться примерно двести лет назад. Как же высока изобретательность ученых, которым удалось поставить столь большое число разнообразных экспериментов на столь низко организованном животном и получить так много ценной информации о природе механизмов, контролирующих регенерационный процесс! За этот длительный период существенным образом менялись как подходы, так и степень сложности проводившихся экспериментов. Часть исследований, особенно ранних, вошла в фонд учебных работ вводного курса биологии; другие осуществляются на самом современном уровне с использованием широкого набора молекулярно-биологических методов.

РЕГЕНЕРАЦИЯ У ПЛАНАРИЙ

Историю изучения регенерации у планарий можно рассказать по-разному, но мне представляется, что наиболее верным был бы краткий исторический обзор. Из него вы увидите, почему именно восстановительный рост у плоских червей оказался столь интересным для ученых, какие проблемы возникали и каким образом они разрешались, какие вопросы стали предметом пристального внимания в последние годы.

Ранние опыты

План большинства первых опытов по регенерации у планарий был крайне несложным. Плоских червей систематически рассекали на части, после чего каждую из них помещали в небольшие контейнеры с прудовой водой и наблюдали за восстановительным ростом. Несмотря на кажущуюся простоту, удалось получить поразительные результаты. Так, английский исследователь Дж. Р. Джонсон в 1825 году сообщил Лондонскому королевскому обществу следующее:

Недавно я провел ряд экспериментов и получил весьма неожиданные результаты, позволяющие добавить несколько интересных штрихов к истории этих необычных животных. Я имею в виду формирование у плоских червей при особом спо-

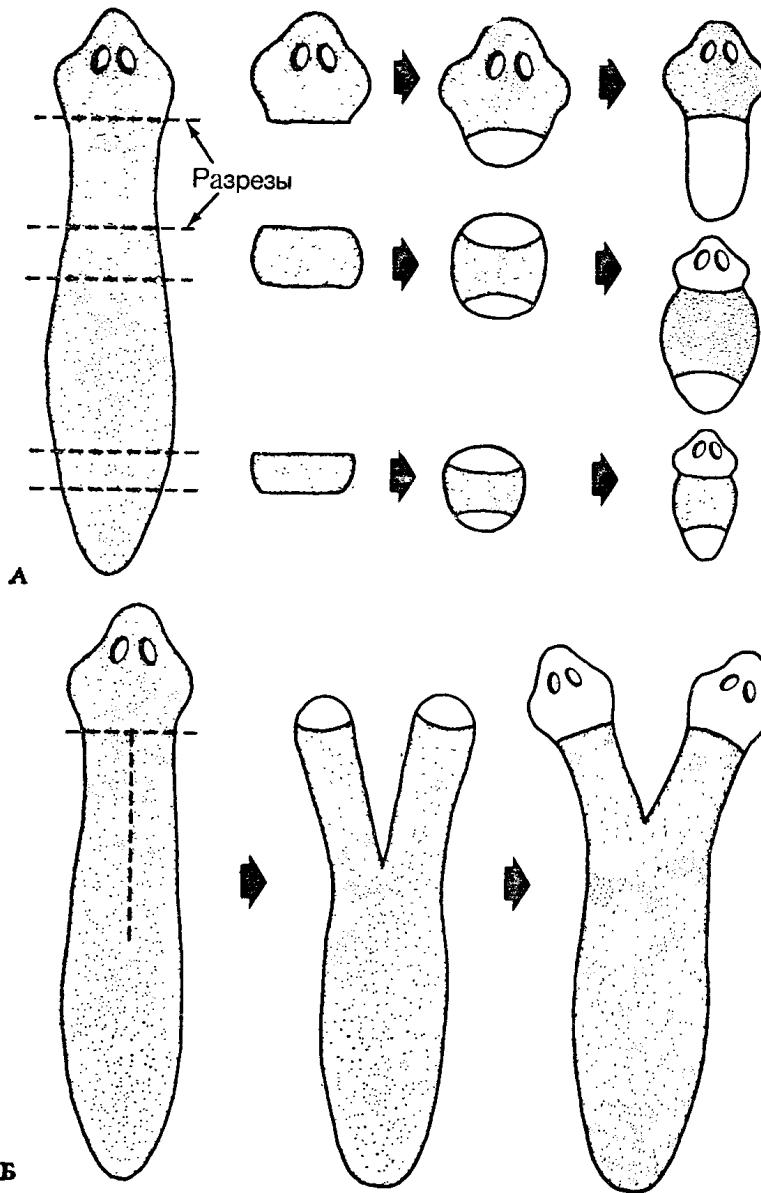


Рис. 2. Разнообразие процессов регенерации у планарий. А — животное рассечено на несколько фрагментов; Б — удалена голова животного и через верхнюю часть тела сделан продольный разрез. (В кн. Spratt N. T. *Deselopmental Biology*, Wadsworth Publishing Co., Belmont, Calif., 1971, 95.)

собе рассечения второй, дополнительной головы: получались *двухголовые планарии*.

Наблюдения, подобные этому, показали необычную степень регенерационной силы планарий и стимулировали дальнейшее изучение столь примечательной способности.

Многие из этих ранних опытов сравнительно легко повторить, стоит только рассечь планарию пополам — либо вдоль, либо поперек, — и из каждой половинки вскоре регенерирует новое животное (рис. 2). Восстанавливающиеся фрагменты имеют четкую поляризацию, то есть голова формируется из переднего конца отрезка, тогда как хвост из заднего. Двухголовую планарию, подобную той, которая была представлена Лондонскому королевскому обществу, можно получить путем отсечения головы животного с дополнительным продольным рассечением переднего участка тела до глоточного отверстия, после чего планарии представляется возможность регенерировать (рис. 2, Б). Двуххвостые планарии образуются вследствие такой же операции, но проделанной на задней части тела червя. В этих случаях необходимо повторять прием продольного надсечения тела на протяжении нескольких дней, иначе части срастаются и дают нормальный организм. Вариантов подобного опыта немало; для их проведения необходимо иметь лишь бритвенное лезвие, достаточное количество червей и, конечно, совершенно обязательное качество, которым в избытке обладали ранние исследователи регенерации, — терпение. Нужно учитывать, что планарии находятся в непрерывном движении, которое осуществляется путем последовательного сокращения и расправления тела; эти движения обычно не прекращаются и «под ножом».

Бластема и ее происхождение

Исследования по регенерации у планарий, как и многие другие научные исследования, с течением времени стали набирать темп. Ученые стремились понять этапы, через которые проходит эффективный регенерационный процесс. Наибольшее внимание при этом уделялось раневым поверхностям червя, остаю-

щимся после отсечения тех или иных частей. Оказалось, что по мере заживления раны в месте разреза начинает вырастать образование, по форме напоминающее купол. Это образование, названное первыми исследователями *бластемой*, или регенерационной почкой (последнее название употребляется чаще), появляется в течение нескольких дней после повреждения тела червя. Затем оно начинает расти и формирует, после соответствующих клеточных преобразований, те части тела, которые требуют восстановления. На ранней же стадии бластема представляет собой скопление совершенно одинаковых на вид клеток, у которых отсутствуют какие-либо отличительные признаки.

Естественно возникает вопрос, который задавали себе и первые исследователи: откуда берутся формирующие бластему клетки? На этот счет существовало две противоположных гипотезы. Одна из них предполагала, что в нормальных условиях в различных участках тела планарии находится определенное количество неспециализированных клеток, называемых «необластами». После нанесенного животному повреждения этот клеточный резерв высвобождается и мигрирует к раневой поверхности, где после ряда клеточных делений дает начало бластеме. Сторонники иной точки зрения предложили следующую гипотезу. После повреждения тела дождевого червя некоторые специализированные клетки утрачивают свои структурные и функциональные характеристики и вновь приобретают свойства, характерные для неспециализированных, зачаточных клеток. Претерпевшие подобную «дедифференцировку» клетки могут быть использованы организмом для формирования бластемы. Если эта теория верна, следует признать, что свойства зрелых клеток, обуславливающие выполнение ими определенных функций, не неизменны, а значит, положение «почечная клетка — всегда почечная клетка» (или мышечная, или железистая) не всегда справедливо.

Борьба вокруг этих гипотез продолжалась достаточно долго, поскольку решение данного вопроса чрезвычайно важно для биологии. Хотя необластическая теория регенерации у планарий впервые была