

Голубые ракушки



П.П.Стрелков, В.М.Хайтов, М.В.Католикова

Голубая ракушка, устрица для бедняков. Это героиня нашего рассказа мидия. Едва ли найдется человек, бывавший на берегах наших южных, северных или дальневосточных морей, который не видел мидий или хотя бы их черно-синих створок. Многие, вероятно, пробовали на вкус. Этим ценных моллюсков выращивают в марикультуре почти везде, где есть море и мидии, зарабатывая неплохие деньги. В самом деле, только европейская марикультура дает примерно миллион тонн, а тонна мидий на мировом рынке стоит около 1 тыс. долл. [1]. Россия в этом бизнесе, увы, позади планеты всей, хотя богата и мидиями, и наработками в их разведении. Поэтому мало кто у нас знает, какие страсти кипят в науке о голубых ракушках.

Как это часто бывает, под названием «мидия» скрывается сразу несколько разных животных. Дело в том, что голубые мидии (род *Mytilus*) представлены тремя видами: мидиями средиземноморской (*M.galloprovincialis*), тихоокеанской (*M.trossulus*) и атлантической, или съедобной (*M.edulis*). Внешне они очень похожи, различить их по силу только специалистам. Средиземноморская мидия, хотя столь же вкусна и полезна, что и съедобная, в Европе стоит дешевле. Возможно, это потому, что труд выращивающих фермеров из небогатых южноевропейских стран стоит меньше, чем труд британцев или датчан, культивирующих мидию съедоб-



Петр Петрович Стрелков, кандидат биологических наук, доцент кафедры ихтиологии и гидробиологии Санкт-Петербургского государственного университета. Область научных интересов — эволюционная история популяций гидробионтов северных морей.



Вадим Михайлович Хайтов, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Кандалакшского государственного природного заповедника, заведующий лабораторией экологии морского бентоса (гидробиологии) Санкт-Петербургского дворца творчества юных. Занимается изучением структуры и динамики морских донных сообществ.



Марина Викторовна Католикова, научный сотрудник той же кафедры. Научные интересы — естественная гибридизация у морских беспозвоночных животных.

ную. К вопросу о существенных для производителей и потребителей особенностях третьего вида, мидии тихоокеанской, которую до последнего времени на европейские рынки не поставляли, мы еще вернемся.

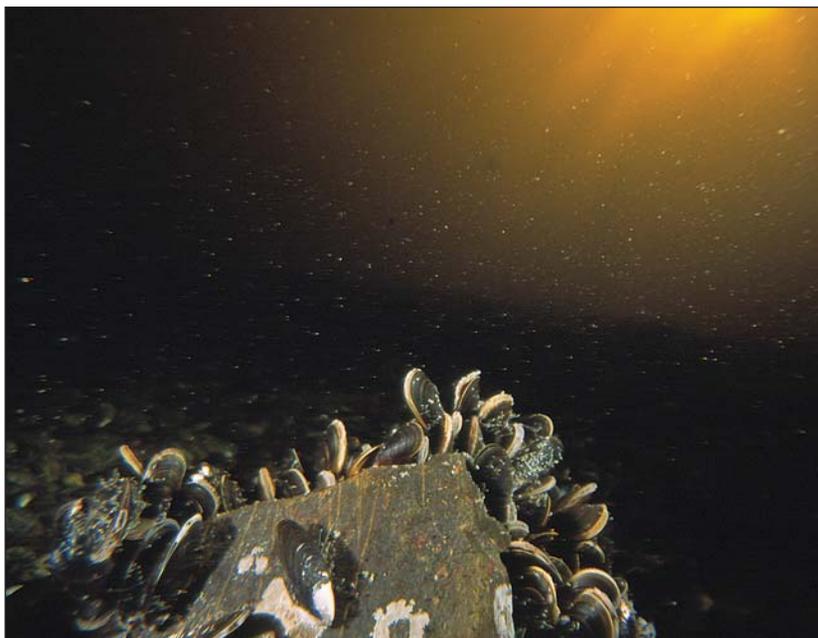
А сейчас рассказ пойдет о распространении, происхождении, привычках и непривычках очень похожих видов ракушек — настолько похожих, что не все согласятся с необходимостью их вообще различать.

© Стрелков П.П., Хайтов В.М., Католикова М.В., 2012



Мидиевая банка в районе пос.Умба в губе Падан — одна из многих в Кандалакшском заливе. Умбаляне с ностальгией вспоминают советские времена, когда местный рыбзавод принимал мидий по 5 коп. за 1 кг. За один отлив бригада из двух человек (как правило, взрослый с подростком-помощником) полностью загрузила мидиями карбас, в который вмещалось больше центнера моллюсков.

Здесь и далее фото М.Л.Федюка



Глубоководная банка мидии съедобной в устье Умбы. В 2007 г., когда была сделана фотография, на банке доминировали средневозрастные мидии, а молодки почти не было. На примере именно этой банки В.В.Луканин и соавторы иллюстрировали явление циклической динамики беломорских мидиевых банок [9]. Если верна их модель, сегодня здесь должны быть безжизненный сероводородный ил и мертвые створки. Однако со временем ил вымывается течениями, на чистый грунт оседают личинки и банка возрождается, как феникс из пепла.

Ракушки-путешественники

В течение сотен тысяч лет разные мидии обитали и эволюционировали в разных частях света: *M.trossulus* — в Тихом океане, *M.edulis* — в Северной Атлантике, *M.galloprouvincialis* — в Средиземном море. Это, однако, не значит, что сегодня каждый вид встречается только в своем районе. Области, заселенные разными видами, перемежаются, а кое-где разные виды живут вперемешку. Например, в Северной Атлантике, вдоль западного (американского) берега на севере обитает мидия тихоокеанская, а на юге — съедобная, причем области их распространения перекрываются на протяжении нескольких тысяч километров. Вдоль противоположного, европейского, берега на севере живет уже съедобная, а на юге — средиземноморская, но во Франции и на Британских островах они встречаются вместе. В Балтийском море, как еще недавно считалось, одна как перст во всей Европе, живет мидия тихоокеанская.

За таким распространением стоит, во-первых, непростая история климата Земли в течение последних трех с лишним миллионов лет, во-вторых, деятельность человека, наконец, «талант» самих мидий — они заядлые путешественники. Взрослые моллюски странствуют, приклеившись специальными нитями к разным плавающим предметам, например к днищам кораблей. Микроскопические же личинки неделями живут в толще воды и перемещаются течениями, но могут путешествовать и в балластных водах кораблей.

Великие переселения ракушек. Прародитель всех мидий жил в Тихом океане. В Атлантику они проникли примерно 3.5 млн лет назад, в ходе великой трансарктической миграции морской биоты [2—4]. Это переселение было спровоцировано образованием Берингова пролива. Много позже, в начале плейстоцена (2.5 млн лет назад), наступило похолодание Арктики и связи

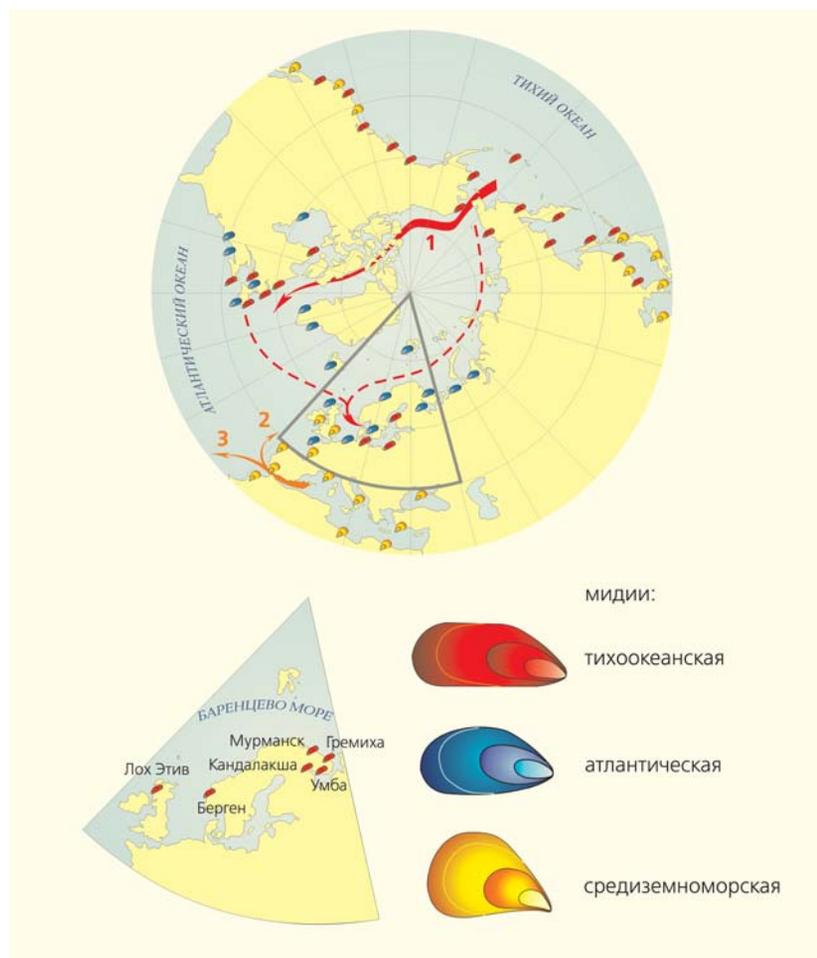
между тихоокеанскими и атлантическими популяциями надолго прервались. Так возникли предпосылки для эволюционной дивергенции предков *M.trossulus* в Тихом океане, с одной стороны, и общего предка *M.gallopvinctialis* и *M.edulis* в Атлантическом — с другой. Следствием плейстоценового холодного климата стало также понижение уровня океана. Обмелел Гибралтарский пролив, и это способствовало изоляции средиземноморских популяций мидии. В результате в Средиземном море возникла *M.gallopvinctialis*, а в Атлантике — *M.edulis*.

Примерно 1 млн лет назад из-за временного повышения уровня океана *M.gallopvinctialis* вырвалась из Средиземноморья в Атлантику и заселила прилегающие к Гибралтару прибрежные воды Европы, где встретилась с *M.edulis*. Вероятно, тогда же средиземноморская мидия совершила грандиозный бросок на юг, в умеренные воды Южного полушария.

В конце плейстоцена, примерно 11 тыс. лет назад, потепление климата Арктики ознаменовалось новой трансарктической миграцией биоты. Этим путем *M.trossulus* проникла в Западную Атлантику и обосновалась в водах северного побережья Америки, где уже обитала мидия съедобная.

В историческое время *M.gallopvinctialis* была непредумышленно, с кораблями, и (или) специально для нужд марикультуры завезена в восточную Азию, Калифорнию и Южное полушарие.

Козни Маленькой злюки. Марикультура съедобной мидии в морском заливе со странным названием Лох Этив (с кельтского — залив Маленькой злюки) в лучшие годы давала до 50% всего урожая этих моллюсков в Шотландии. Но в прошлом десятилетии на плантации обрушилась странная напасть: у мидий (не у всех) стали формироваться тонкие, хрупкие раковины. Мяса в таких хрупких ракушках было меньше, чем в нор-



Карта распространения голубых мидий в Северном полушарии (по Коehn R.K., 1991, с изменениями) и вероятные направления их доисторических переселений. 1 — трансарктические миграции из Тихого океана в Атлантический; 2, 3 — пути средиземноморской мидии в прибрежные воды Европы (2) и в Южное полушарие (3). Штриховыми стрелками указаны направления, по которым *M.trossulus* могла проникнуть в Балтийское море, а на увеличенном участке карты — новые находки тихоокеанской мидии в Европе.

мальных, и оно имело неаппетитный сероватый цвет. Только из-за того что раковины мидий стали часто ломаться при сборе и обработке, снимаемый с плантаций урожай упал на 25%!

Пришедшие на помощь фермерам ученые под руководством Э.Бюмона из Университета Бангора поставили диагноз: это никакая не болезнь, на плантации вселилась тихоокеанская мидия [5]. Именно у нее, в условиях Лох Этив, хрупкие створки и сероватое мясо. Так со странной «болезни» мидий в этом заливе начался новый этап исследований голубых ракушек — стали изу-

чать небалтийские популяции *M.trossulus* в Европе. То ли раньше их не замечали, то ли они появились совсем недавно, неясно.

Портовые ракушки. Многолетняя суета вокруг мидий тихоокеанской, съедобной и средиземноморской счастливо обходила стороной сообщество отечественных ученых, работавших на Белом и Баренцевом морях и избравших мидию одним из объектов исследований. Наши малакологи (те, кто изучают моллюсков) точно знали, что в этих краях испокон веков обитает только один вид мидий, старая добрая *M.edulis*.

...Непроглядной апрельской ночью 2009 г., ориентируясь на звук гремящих жестью сараев и шараясь от стай бродячих собак, один из авторов этой статьи (В.М.Хайтов) пробирался вдоль морского берега в Кандалакше. Что поделаешь, если отлив случился ночью, а берега наших северных приморских городов обустроены иначе, чем, скажем, набережная Копакабана в Рио-де-Жанейро. Пуще ледяного ветра, дующего с Белого моря, душу гидробиолога Кандалакшского заповедника жгла мысль, что на подведомственную территорию пробрался вид-вселенец, тихоокеанская мидия.

Дело в том, что незадолго до описываемых событий нами были добыты мидии с акватории Мурманского порта, расположенного на противоположном от Кандалакши баренцевоморском берегу Кольского п-ова. Внешний вид этих моллюсков показался необычным. Пришла мысль, что, возможно, это не съедобная мидия, а другая, скорее всего тихоокеанская, поскольку средиземноморскую никогда еще не встречали в северных морях. Проверить гипотезу удалось, заручившись помощью Р.Вайнолы из Хельсинкского университета. Финский эксперт некогда нашел тихоокеанскую мидию в Балтике. Оказалось, действительно, в Мурманске и в окрестных акваториях живет эта мидия. Потом ее нашли западнее, в районе норвежского Бергена, а восточнее Мурманска — в Гремихе, расположенной на границе Баренцева и Белого морей, и, наконец, — в беломорском порту Умба, от которого до Кандалакши всего 60 км [6]. Сама Кандалакша оставалась последним необследованным крупным портом Кольского п-ова. Этот пробел и пытался заполнить Хайтов.

Собранные им на ощупь в ледяной воде кандалакшские мидии были завернуты в мокрую тряпку и помещены в походную сумку-холодильник. Утренним поездом их отправили в Питер,

в лабораторию, для генетического анализа. Результат подтвердил худшие подозрения — то была *Mytilus trossulus*.

Ракушки по ленд-лизу. В Белом и Баренцевом морях мы встретили тихоокеанскую мидию только в окрестностях крупных портов. Как, откуда и когда моллюски туда попали? Точно мы этого не знаем, но рискнем предложить версию, которую считаем наиболее правдоподобной. Для ответа на вопрос «как» вспомним про способности мидий путешествовать без билетов водным транспортом и предположим, что *M.trossulus* прибыла в порты с кораблями. Но откуда? Чтобы узнать это, мы провели молекулярно-генетическое сравнение вновь обнаруженных популяций и соплеменных мидий из других районов Европы, из Тихого океана и Западной Атлантики. В результате выяснилось, что наши популяции тихоокеанской мидии ближе всего к западноатлантическим. Значит, они родом из Канады и (или) США. Ответ на вопрос «когда» требует вспомнить историю освоения севера. До постройки Мурманска в 1916 г. океанических портов у нас на севере не было (Архангельский порт не в счет, он расположен не на море, а в низовьях Северной Двины, где морские ракушки жить не могут). Порт Умбы разорился и был закрыт в конце 1980-х годов, значит, после этого корабли туда никого завезти не могли. Когда в советское время было самое активное сообщение со странами Западной Атлантики? Помнится, в подростковом возрасте мы зачитывались романом В.Пикуля «Реквием каравану PQ-17», где описана драматическая история арктических конвоев с грузами для сражающейся России. Конвои снаряжали во время Великой Отечественной войны союзники — англичане, американцы, канадцы. Детям своего времени, нам хочется думать, что *M.trossulus* прибыли в Мурманск с героическими со-

юзными конвоями, а потом с каботажным флотом распространились по соседним портам Кольского п-ова. Жаль только, что эта гипотеза не может объяснить появление тихоокеанской мидии в других районах Европы.

Непредсказуемые ракушки. Образ жизни мидий, их способность закупориваться в раковинах и подолгу так оставаться, придает этим животным некоторую таинственность. Не совсем понятно, что от них можно ждать. Как могли попасть в наши воды тихоокеанские мидии, мы обсудили. Следующий вопрос: как они там уживаются с местными сородичами, т.е. с *Medulis*? Они ведь похожи и непохожи одновременно. Похожи тем, что сидят на одинаковых камнях и сваях (а иногда на одних и тех же), фильтруют через свои сифоны ту же воду, выцеживая из нее всякую съедобную мелочь, наконец, ведут, оказавшись по соседству, странную половую жизнь.

Когда летом вода в море прогревается до 10°C, самцы и самки мидий начинают одновременно выметывать половые продукты. Мужские и женские гаметы находят друг друга в толще воды, где и происходят оплодотворение, эмбриональное и личиночное развитие. Не может ли при таком безответственном поведении сложиться неумышленный брачный союз между *M.edulis* и *M.trossulus*?

За ответом на этот вопрос разумно обратиться к научным публикациям иностранных авторов, которыми наши *M.edulis* и *M.trossulus*, сосуществующие в Западной Атлантике, Балтике и Шотландии, изучены вдоль и поперек. Выясняется, что, например, в Канаде между этими видами случается гибридизация, но редко. Зато в южной Балтике гибридов так много, что «чистых» мидию съедобную и тихоокеанскую не вдруг и сыщешь. В Балтике *M.trossulus* предпочитает селиться в местах с низкой соленостью, а *M.edulis* — с высо-

кой. В Канаде дело обстоит ровно наоборот [7]. Поэтому мы и говорим: ракушки непредсказуемы. Одной экстраполяцией знаний о канадских и балтийских мидиях не обойтись в попытке объяснить, как в беломорских водах протекает совместная жизнь *M.edulis* и *M.trossulus* и скрещиваются ли они.

Оказалось, что в наших северных морях мидии скрещиваются, но происходит это скорее как в Канаде (т.е. редко), а солонотные предпочтения у них такие же, как у видов, обитающих в Балтийском море. В наших водах *M.edulis* любят жить на грунтах, а *M.trossulus* — на водорослях, чего ни в каких других районах не отмечено.

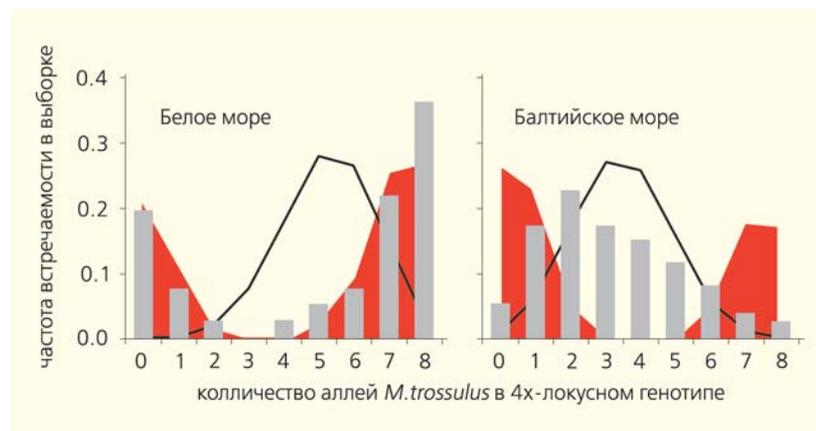
Подчеркнем: вне областей совместного обитания мидии съедобная и тихоокеанская живут где угодно — и на водорослях, и на камнях, в водах как пониженной, так и нормальной солёности.

О гибридах у ракушек. Рискнем утомить читателя и объяснить, как мы выявляли межвидовую гибридизацию у ракушек и ее масштаб. Когда мы собираем в море мидий, их видовая принадлежность нам доподлинно не известна, надежная идентификация возможна лишь по тонким морфологическим и молекулярно-генетическим признакам (поэтому Хайтову и пришлось томиться неведением, пока собранные им мидии анализировались в лаборатории). Традиционно мидию тихоокеанскую и съедобную различают по аллозимным (ферментным) генам. У одного вида по этим признакам присутствуют или преобладают одни аллели, у другого — другие (для простоты мы называем их аллелями *trossulus* и аллелями *edulis*). Частотами аллелей тех четырех генов, по которым проводился анализ, популяции *M.trossulus* и *M.edulis* различаются на 80%. Частоты аллелей некоторых из изученных нами выборок мидий были промежуточными между показателями этих видов. Логично

предположить поэтому, что выборки состояли из смеси особей двух видов и (или) гибридов. Мы проверили эту гипотезу на двух таких «промежуточных» выборках — из Белого моря и из Балтийского. У каждой изученной мидии подсчитали число аллелей *trossulus* и *edulis* и получили девять генотипических групп, которым присвоили порядковые номера — от 0 до 8. В последней группе были генотипы с восемью аллелями *trossulus*, а аллели *edulis* отсутствовали (8 + 0), в седьмой — семь аллелей *trossulus* и одна *edulis* (7 + 1) и т.д. В нулевой группе имелись восемь аллелей *edulis* и ни одной *trossulus* (0 + 8). Затем, подсчитав количество особей в каждой группе, по результатам построили эмпирические распределения. В беломорской выборке оказалось много особей, у которых восемь и семь аллелей *trossulus* (т.е. «чистых» *M.trossulus*), меньше мидий, принадлежащих к группам 0 и 1

(«чистых» *M.edulis*), и мало с числом аллелей *trossulus* от двух до шести (потенциальных гибридов). Это распределение близко к ожидаемому для смеси особей двух видов; тем не менее небольшой избыток мидий в группах 2—6 указывает на ограниченную гибридизацию. А вот в выборке из Балтики картина иная: доминируют особи с промежуточным числом аллелей двух видов (группы 2—6). Отсюда вывод об ограниченной гибридизации в Белом море и обширной — в Балтийском.

Ракушки раздора. От своих коллег мы нередко слышим, что биологические различия между *M.edulis* и *M.trossulus* не могут быть значительными, потому что они скрещиваются. Если кто-то между собой скрещивается, значит, это представители одного вида. А существенные различия могут быть только у разных видов. Это мнение обычно подкрепляется ссылкой на авторитет Э.Майра.



Анализ распределения генотипических групп в выборках мидий из Белого и Балтийского морей. Судя по эмпирическим распределениям, представленным в виде гистограмм, в беломорской выборке преобладают «чистые» виды (группы 0 и 1, 7 и 8), а в балтийской много гибридов (группы 2—6). Для наглядности кроме эмпирического распределения показаны два теоретических распределения. Они рассчитаны на основании знаний о частотах аллелей в выборке и в «чистых» популяциях мидий съедобной и тихоокеанской. Одно построено для выборки, будто бы состоящей из смеси нескрещивающихся особей обоих видов (зеленая фигура), а другое — для выборки, якобы взятой из «равновесной» популяции, в которой нет самостоятельных *M.trossulus* и *M.edulis*, наблюдается случайное скрещивание и отсутствует отбор против гибридов (синяя кривая). Эти теоретические распределения помогают визуально оценить масштаб гибридизации, а также проиллюстрировать ожидаемые результаты двух эволюционных сценариев — экологического расхождения и изоляции, гибридизации и слияния.

Значительно ли различаются *M.edulis* и *M.trossulus*? Это вопрос скорее к шотландским фермерам: сочтут ли они существенными потери доходов из-за вселения тихоокеанской мидии на плантации Лох Эттив? Разные виды скрещиваются или не скрещиваются? Для нас вид это то, что нельзя, согласно научной и утилитарной логике, не отличать от других видов, и то, что можно непротиворечиво описать в терминах генетики и морфологии. Глухарь и тетерев, волк и собака, лев и тигр — это ведь разные виды животных, хотя они и скрещиваются в природе или в неволе. Вот и *M.edulis* и *M.trossulus* мы видим как разные биологические виды.

Что по этому поводу писал Майр? Знаменитый эволюционист действительно считал, что представители разных видов в гибридизацию вступать не могут. Он также отстаивал гипотезу так называемого аллопатрического видообразования. В основе гипотезы лежат две идеи:

— новые виды образуются на базе географически изолированных популяций;

— неспособность скрещиваться с особями извне возникает в таких популяциях как побочный продукт эволюции в изоляции [8].

Далеко не все ученые полностью согласны с Майром. Одна-

ко мало кто сомневается, что новые виды действительно могут зарождаться в условиях изоляции, и тогда с течением времени потеряют способность скрещиваться друг с другом.

Суперракушки. Несколько миллионов лет *M.edulis* и *M.trossulus* (вернее, их предки) жили в разных океанах, потихоньку эволюционируя, приобретая собственные генетические и морфологические особенности. По ним мы сегодня и опознаем эти виды. Могли ли они сформировать резко отличающиеся экологические потребности и полную неспособность скрещиваться с заокеанскими родственниками? Насчет первого не уверены: чем так уж радикально отличаются природные условия в северных областях Тихого и Атлантического океанов? По поводу скрещивания ответ такой: оба вида, похоже, немножко не досидели в изоляции и сохранили способность к гибридизации. А потом судьба свела их вместе.

Сегодня, встречаясь друг с другом в разных углах Мирового океана, наши виды всякий раз оказываются перед «выбором». То ли броситься друг другу в объятия, чтобы слиться в один новый, синтетический вид. То ли изменить образ жизни таким образом, чтобы межвидовые контакты стали мини-

мальными и тем ограничить себя в скрещиваниях, поделить местообитания и зажить как разные, «майровские», виды. Это тоже эволюционные пути, только реализуются они не в условиях изоляции и, надо думать, гораздо быстрее, чем за миллионы лет. Создается впечатление, что мидии съедобная и тихоокеанская в разных морях «выбрали» разные пути: в Балтике, скорее, первый (т.е. гибридизацию и слияние), а в Западной Атлантике и в наших северных морях — второй (экологическое расхождение и изоляция). Что подтолкнуло их к такому «выбору», почему местообитания в разных случаях были поделены по-разному (не монетку же моллюски подкидывали: тебе выпало жить в эстуарии, мне — в соленом море)? На это нам пока сказать нечего.

Кстати, Майр наравне с другими классиками науки рассматривал эти ракушечьи эволюционные варианты как реалистичные. Еще он предлагал называть такие биологические формы, как *M.edulis*, *M.trossulus* и *M.galloprouvincialis*, не видами, а полувидами, группы же родственных полувидов — супервидом [8]. Если в таком таксономическом ранжировании (подвид, полувид, вид) есть какая-то суть, то голубые ракушки — супервид! ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проекты 04-04-57808-АФ-а и 08-04-01315-а.

Литература

1. <http://www.fao.org/>
2. Koebn R.K. The genetics and taxonomy of species in the genus *Mytilus* // Aquaculture. 1991. V.94. P.125—145.
3. Hilbish T.J., Mullinax A., Dolven S.I. et al. Origin of the antitropical distribution pattern in marine mussels (*Mytilus* spp.): routes and timing of transequatorial migration // Marine Biology. 2000. V.136. P.69—77.
4. Rawson P., Harper F. Colonization of the northwest Atlantic by the blue mussel *Mytilus trossulus* postdates the last glacial maximum // Marine Biology. 2009. V.156. P.1857—1868.
5. Beaumont A.R., Hawkins M.P., Doig F.L. et al. Three species of *Mytilus* and their hybrids identified in a Scottish Loch: natives, relicts and invaders? // Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 2008. V.367. P.100—110.
6. Vainola R., Strelkov P. *Mytilus trossulus* in Northern Europe // Marine Biology. 2011. V.158. P. 817—833.
7. Riginos C., Cunningham C.W. Local adaptation and species segregation in two mussel (*Mytilus edulis* x *Mytilus trossulus*) hybrid zones // Molecular Ecology. 2005. V.14. P.381—400.
8. Mayr E. Animal species and evolution. Cambridge, 1963.
9. Луканин В.В., Наумов А.Д., Федяков В.В. Поселения мидий: постоянное непостоянство // Природа. 1990. №11. С.56—62.