

М. А. ДОЛГОПОЛЬСКАЯ

Севастопольская биологическая станция АН СССР

БИОЛОГИЯ МОРСКИХ ОБРАСТАНИЙ

Проблема обрастания настолько обширна и многогранна, что в самом коротком выступлении я смогу затронуть только отдельные фрагменты этого большого комплекса вопросов.

Обрастание подводных предметов обусловлено тем, что в море, наряду с прикрепленными растениями, существуют и неподвижно прикрепленные животные, явление совершенно чуждое наземной природе. Эти животные — в основном обитатели скал — и служат постоянным резервом организмов, обрастающих подводные предметы. Они имеют свободно плавающих в толще воды личинок, служащих им для расселения на новых территориях, и благодаря этому всякий новый предмет, появляющийся в море, немедленно оккупируется бесчисленной армией личинок, покрывается сидячими формами — «обрастает».

Морские обрастания имеют большое хозяйственное значение. Покрывая днища судов, обрастания увеличивают их поверхность трения и тем самым замедляют их ход.

Британское адмиралтейство допускает в расчетах ежедневное увеличение трения после докования на $\frac{1}{4}\%$ в умеренных водах и на $0,5\%$ — в тропиках.

Однако вредность обрастания выражается не только в снижении скорости движения кораблей, но и в ряде других случаев, например, в увеличении веса и уменьшении грузоподъемности судов, в погружении мин ниже заданного уровня и т. п.

Обрастание поплавков гидросамолетов затрудняет отрыв их от водной поверхности при взлете; обрастание может тормозить работу запальных механизмов мин, снижает эффективность гидроакустических установок¹.

Серьезные затруднения создаются зарастанием трубопроводов как на кораблях, так и на береговых предприятиях, использующих морскую воду для промышленных и медицинских целей. Наконец, обрастание может вызывать нежелательный эффект, разрушая покрытия, защищающие металлы от коррозии, и может увеличивать коррозию там, где металл не защищен.

¹ «Marine fouling and its prevention», USA, Annapolis, Maryland, 1952.

Поэтому в последнее время во всех странах, имеющих морской флот, ведутся работы по изучению биологии обрастаний и изысканию мер защиты от них.

Но проблема обрастания по существу является частью проблемы продуктивности. Обрастания, и, иными словами, сидячий бентос, содержат в себе значительную часть биогенного материала водоема. Вместе с тем, обрастатели являются как потребителями планктона, служащего им пищей, так и производителями его за счет своих пелагических личинок, что связывает их с динамикой веществ других частей населения водоема.

Таким образом, обрастания составляют весьма существенную часть той совокупности органогенного материала, динамика которого составляет сущность общей биологической продуктивности водоема.

Поэтому изменения интенсивности обрастаний, являясь отражением общей динамики веществ водоема, могут служить показателями колебаний продуктивности и в этом отношении не уступают другим методам изучения продуктивности, таким, как учет фитопланктона, зоопланктона, бентоса, обычно используемых гидробиологами для этих целей.

Изучение сидячего бентоса может идти двумя путями:

1. Исследование естественных биоценозов.
2. Экспериментальное изучение путем применения опытных пластинок, которые могут быть помещены в море в любые интересующие нас условия и извлечены в тот или иной необходимый момент, исследованы и снова помещены в те же условия, чего нельзя сделать с естественным биоценозом.

Применяемый нами метод пластинок, по сравнению с другими методами учета биологической продуктивности, по нашему мнению, может дать более полное представление, так как здесь недостаточность количества наблюдений всегда корректируется тем, что пластинка не представляет собой разовый сбор, отражающий состояние процесса в данный момент, а непрерывно собирает материал в течение целого месяца или другого нужного срока, представляя собой как бы своего рода самописец, регистрирующий динамику процесса.

Проблема обрастания, понятно, не нова. Необходимость борьбы с обрастаниями возникла с того времени, когда появилось первое судно.

По свидетельству историков, корабли Архимеда еще за 200 лет до нашей эры были обиты свинцом на медных гвоздях.

Альберти — итальянский художник и архитектор-строитель XV века, рассказывает, что судно римского императора «Траяна», извлеченное из озера Рикчия, где оно потонуло 1300 лет тому назад (т. е. во II веке), было покрыто свинцом.

Борьба с обрастаниями оставалась проблемой, сотни лет волновавшей умы изобретателей. Тот факт, что она и сейчас не потеряла своей остроты, указывает, с одной стороны, на неослабевающее ее значение, а с другой, на значительную трудность ее разрешения.

Проблема обрастания включает три основных раздела: 1) биологический; 2) эксплуатационный и 3) защитный. Каждый из этих разделов требует специального подхода и соответствующей квалификации, поэтому работа по данной проблеме распределяется между различными организациями, пользующимися совершенно различными методами.

Лежащую в основе всей проблемы биологическую сторону вопроса изучает лаборатория «Биологии обрастаний» Севастопольской биологической станции. Сюда входит биология как отдельных обрастающих организмов, так называемых обрастателей, так и взаимосвязь их между

собой и окружающей живой и мертвой средой и биология обрастания в целом, которая, понятно, не равна арифметической сумме жизненных процессов отдельных обрастателей.

Изысканием средств защиты подводных сооружений от обрастаний занимаются в первую очередь химики-технологи, разрабатывающие составы лаков, красок и других покрытий с учетом технических требований, предъявляемых к покрытию корабля и подводных сооружений.

Таким образом, проблема изыскания средств борьбы с обрастаниями, в основном проблема химико-технологическая, а не биологическая, так как вопрос заключается не столько даже в изыскании каких-то специальных ядов, сколько в методе включения их в состав покрытия, с тем, чтобы они возможно более длительно отдавались покрытием в воду и притом все время в количестве, смертельном или хотя бы отпугивающем личинок обрастающих организмов.

Чтобы сблизить столь разнохарактерные науки, как биология морских организмов и технология лаков и красок, а также для более непосредственного контакта с учреждениями, занимающимися разработкой противобрастающих покрытий, мы расширили нашу тематику, включив в нее также некоторые исследования токсикологического характера, на которых я здесь останавливаться не буду.

Процесс изыскания эффективных мер защиты от обрастаний и испытание разрабатываемых различными организациями покрытий требуют биологического контроля, основанного на знании биологии обрастающих организмов: сроков размножения, периодов личиночного развития, процесса оседания, роста, продолжительности жизни, взаимозависимости как между отдельными компонентами, так и между обрастанием в целом и окружающей его живой и мертвой средой.

Победа облегчается знанием сил противника. В данном случае эти силы определяются биологией этих организмов и ее закономерностями. Для разрешения этих вопросов исследовались стеклянные пластинки, вывешиваемые ежемесячно сроком на 1 месяц, на которых определялся качественный состав, количество осевших организмов, их темп роста и общий вес за каждый отдельный месяц года.

Кроме того, экспонировались пластинки и на более длительные сроки для выяснения роста обрастателей и развития обрастания в целом в течение того или иного периода, а также и на более короткие сроки, для детального изучения процесса оседания, превращения, морфологии развития и влияния тех или иных факторов на оседание обрастателей и формирование биоценоза обрастания.

Для полноценного биологического контроля, а также для установления рациональных сроков докования и окраски судов решающее значение имеет календарная схема периодов оседания личинок обрастающих организмов. Поэтому вопрос о сезонных и годовых изменениях в оседании личинок организмов, образующих обрастания, как один из практически важных вопросов в общем комплексе исследований процесса обрастания, занимает одно из первых мест в нашей работе.

Результаты некоторых наших наблюдений (за 5 лет) представлены на прилагаемых рисунках, на которых изображены кривые изменения количества ежемесячно оседающих баянусов (рис. 1) и мидий (рис. 2) и общего веса обрастаний за каждый месяц года с 1949 по 1954 г.¹

Анализ этих рисунков приводит нас к следующему выводу: так как

¹ Графики составлены по материалам лаборатории «Биология обрастаний» Севастопольской биологической станции. Подсчет организмов и определение веса произведены О. Я. Славинной, кривые вычерчены младшим научным сотрудником В. Д. Третьяковой.

размах колебаний при оседании чрезвычайно велик и максимумы могут значительно перемещаться в ту и другую сторону, то, очевидно, биологический контроль следует обосновывать не только какими-то отвлеченными средними за ряд лет, а конкретными данными о процессе обростания, начиная с момента появления личинок и кончая общим ве-

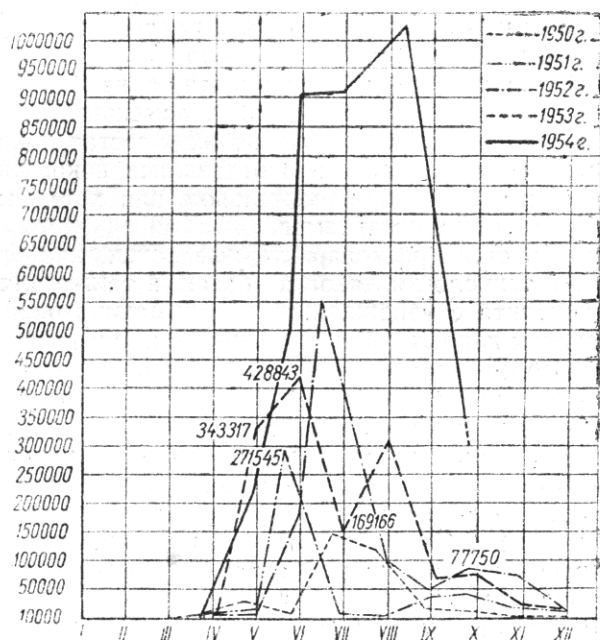


Рис. 1. Ежемесячное оседание белянусов в 1950—1954 гг.

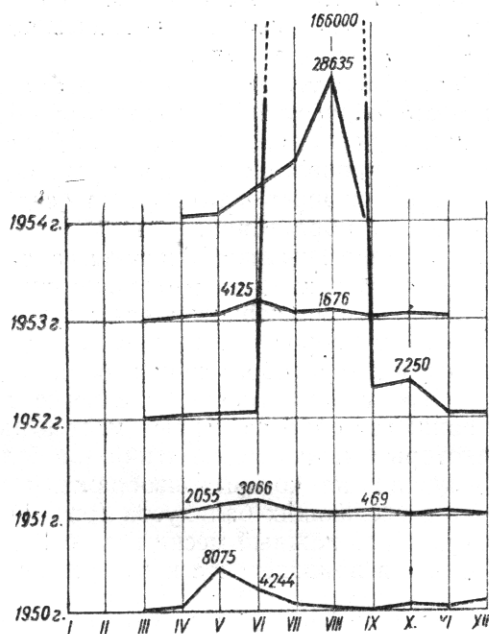


Рис. 2. Ежемесячное оседание мидий в 1950—1954 гг.

сом обрастания за тот период, во время которого непосредственно проводились испытания. Это приводит нас к убеждению в целесообразности постоянных наблюдений за ходом процесса обрастания.

Вес обрастаний на одномесечных пластинках
(в граммах на 1 м²)

Таблица 1

Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1950	1,0	1,0	1,9	72,5	98,0	161,4	326,0	155,0	567,0	145,0	8,0	16,2
1951	36,0	25,0	56,1	53,3	37,0	27,3	43,0	41,0	192,3	119,1	51,0	47,0
1952	26,0	89,3	48,0	192,8	49,0	—	109,0	44,6	798,3	472,0	146,4	19,6
1953	53,0	101,2	—	58,0	165,2	44,0	53,5	60,4	700,0	225,0	150,0	—
1954	—	—	—	91,3	47,4	248,0	—	1991,7	486,1			

Многолетние постоянные наблюдения, проводимые с такой же регулярностью, как метеорологические наблюдения, дадут материал для выявления закономерностей развития продуктивности моря. Биосфера должна быть охвачена наблюдениями так же, как это сделано для атмосферы.

С постоянной службой наблюдений за ходом процесса оседания обрастателей в море логически связывается учет изменения количества свободно плавающих личиночных стадий обрастающих организмов.

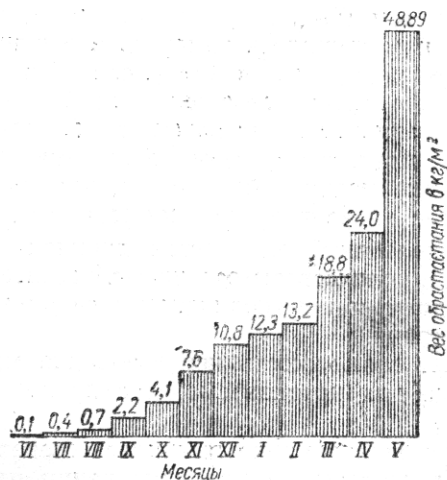


Рис. 3. Изменение веса обрастания по месяцам в течение года (1950).

Осуществлению этих работ способствовали полученные нами материалы по изучению метаморфоза основных обрастателей.

Вместе с тем, изучение метаморфоза и момента оседания на субстрат личинок обрастающих организмов имеет первостепенное значение при разработке средств защиты, так как именно на эту фазу жизни обрастателей направляются меры по защите.

В связи с этим существенное место в наших исследованиях заняло изучение свободно плавающей стадии основных обрастателей — мидий, устриц, баянусов, мшанок, гидроидов.

Известно, что стадия свободно плавающей личинки является приспособлением к рассеиванию и завоеванию пространства.

До недавнего времени распространение личинок в толще воды и последующее их оседание, как это бывает вообще с явлениями, зависящими от сложного комплекса факторов, приписывались просто случайности.

По мнению Кальмана (1933, стр. 372), «оседание полностью является делом случая». Однако, «случайность всегда оказывается подчиненной внутренним скрытым законам» — писал Энгельс. Ограничиться в объяснении явлений случайностью — это значит отказаться от преодоления трудности понимания и установления причин и закономерностей. Расшифровку этих «случайностей», мне кажется, нужно искать прежде всего по линии изучения взаимоотношения между оседающей личинкой и окружающими условиями.

Неслучайно поэтому в последнее время данному вопросу посвящается такая большая литература.

Имеется много работ, указывающих на влияние тех или иных факторов на оседание личинок, в частности, работы Гаррингтона, 1921, Вудбридж, 1924, Ней, 1933, Корринга, 1940, Помрат и Вейса, 1946, Торсона, 1950, Найт-Джонс, 1953, Барнса, 1953, Криспа и Барнса, 1954 и многих других.

Наши наблюдения также дали некоторый материал, указывающий на зависимость оседания личинок от материала субстрата, ориентированности в пространстве, освещенности, глубины и пр. К сожалению, я не имею возможности остановиться подробнее на этих материалах.

Отмечу лишь такой интересный факт. Хотя по литературным данным, а также отчасти и по нашим наблюдениям, выбор субстрата и существует, но, как нам пришлось заметить в нынешнем, исключительном по интенсивности размножения баянусов, году, в период наиболее высокого напряжения оседания личинок и наиболее острой борьбы за площадь подселения влияние качества субстрата, по-видимому, настолько отходит на второй план, что оседающие личинки осаждают любую поверхность, в т. ч. даже медную, безусловно, для них ядовитую, хотя в дальнейшем, не успев завершить метаморфоза, они отмирают.

Сопоставление колебаний количества личинок обрастающих организмов в планктоне с количеством осевших обрастателей делает очевидной прямую корреляцию между количеством личинок в планктоне и интенсивностью обрастания.

Отсюда вытекает возможность использования материалов по учету личинок в планктоне для кратковременного прогнозирования хода обрастания в море.

Этими работами одновременно выявилась степень участия сидячего бентоса, в т. ч. обрастателей, в продуцировании планктона. Несмотря на сравнительно малое разнообразие видового состава обрастающих организмов по сравнению с видовым составом всего зоопланктона бухты, количество личинок обрастателей в отдельные сезоны может составить 72,7% численности зоопланктона, играя, таким образом, весьма существенную роль в продуцировании планктона.

Обобщая данные за ряд лет, можно сказать:

1. Оседание личинок животных, образующих обрастания, идет неравномерно в течение года и имеет свой помесечный ход для каждого вида обрастателей.

2. Процесс оседания имеет свой максимум, совпадающий с летне-осенним сезоном, и минимум (январь, февраль, март, иногда также и апрель), когда оседание бывает настолько незначительным, по сравнению с теплым периодом, что им практически почти можно пренебречь, тем не менее мы не имеем ни одного месяца, который совершенно гарантировал бы от обрастаний.

Численность оседающих организмов из года в год не остается постоянной. Совершенно особенным оказался 1954 г. в отношении баянусов, количество которых на 1 м^2 в июле — августе превышало 1 000 000 экз., что, возможно, стоит в связи с исключительно низкими температурами зимой 1953-54 г., обусловившими нечто аналогичное яровизации, и последующим благоприятным влиянием летних температур, приведших к исключительно быстрому росту баянусов, достигавших высоты свыше 3 см в течение 3—4 летних месяцев, в то время как обычно размер баянусов за такое время равен примерно 1—2 см. Аналогичное влияние переохлаждения отмечает и И. И. Пузанов для Одесского залива в 1953-54 г.

Количеством осевших личинок определяется величина обрастания, но иногда интенсивное оседание может не способствовать увеличению общего веса обрастания за тот или иной месяц, так как в результате чрезмерной плотности населения увеличивается смертность. Мур (1935), Барнес и Повл (1950) пишут, что чрезмерная густота имеет своим результатом вымирание большей части осевших особей.

Если учесть, как писал Алпатов (1935), что плотность населения является экологическим фактором, то она, как всякий фактор, должна иметь свои кардинальные точки:

1. Минимум, который у баянусов определяется возможностью перекрестного оплодотворения этих неподвижных животных, у которых яйца не выпускаются из полости раковины.

2. Оптимум.

3. Максимум, приводящий к уродованию формы, увеличению смертности, иными словами, — увеличение густоты оседания до известного предела стимулирует жизнедеятельность, а после достижения оптимальной величины — подавляет ее.

Присущий организму диапазон плотности населения с соответствующими кардинальными точками, надо полагать, является таким же видовым признаком, как и любой морфологический признак, и изменение его должно подлежать тем же закономерностям, определяемым, с одной стороны, противоречиями организма и среды, а с другой стороны — внутренними противоречиями наследственности и изменчивости.

В то же время организм изменением плотности своей популяции отвечает на изменения окружающей его внешней среды, и эта реакция также является видовым признаком и также подлежит изменениям. Таким образом, с одной стороны, плотность населения является экологическим фактором, воздействующим на организм, а с другой стороны, представляет собой определенную реакцию организма на изменения внешней среды, в т. ч. плотности.

Эти взаимоотношения представляют собой весьма яркое выражение диалектического единства организма и окружающей его среды.

Для определения влияния плотности оседания на развитие численности изучалась судьба осевших обрастателей за 1, 2 и 3 месяца прикрепленной жизни.

В период массового оседания на трех одновременно вывешенных пластинках количество баянусов было значительно больше на пластинке, снятой через один месяц, чем на висевшей 2 месяца, и во много

раз больше, чем на трехмесячной, несмотря на то, что весь этот период процесс оседания шел с одинаковой активностью и, следовательно, можно было бы ожидать увеличения численности.

Если принять число осевших организмов на одномесечной пластинке равным 100%, то на пластинке, висевшей одновременно еще один месяц, оно равнялось 14,7%, а на трехмесячной их осталось всего 3,1%.

Таким образом, мы видим, что при учете обрастаний за несколько месяцев нельзя суммировать обрастания за каждый отдельный месяц, так как организмы не могут быть только объектами счета. Грубо это можно сравнить с векторными величинами, сумма которых не равна их арифметической сумме.

Вместе с тем, проведенные наблюдения показывают, что в различные периоды жизненного цикла организмы предъявляют различные требования к среде. Плотность населения, как фактор среды, допускаемая для только что осевших баянусов, делается совершенно неприемлемой для более взрослых, и здесь мы имеем то же самое явление, которое экологи-ботаники, изучающие развитие леса, называют самоизреживанием.

Начало формирования биоценоза обрастания определяется наличием личинок обрастателей в планктоне, однако вопрос о последовательности прикрепления различных категорий обрастателей до сих пор является спорным.

Некоторые исследователи считают, что неперенным условием прикрепления личинок обрастающих организмов является наличие слизистой пленки, состоящей из бактерий, диатомовых и др. микроорганизмов, вместе с прилипшими к ним органическими и неорганическими частицами. Другие, однако, полагают, что личинки обрастающих организмов могут прикрепляться к только что погруженной поверхности, прежде чем на ней образуется какая-либо видимая пленка и, следовательно, последняя не является безусловно необходимой для первого поселения личинок прикрепленных форм.

Третья категория исследователей предполагает, что слизистая пленка может облегчать прикрепление обрастателей, особенно в тех случаях, когда поверхность токсична.

Наши наблюдения над оседанием на нейтральную стеклянную поверхность показали, что личинки прикрепляются на совершенно чистой поверхности, лишенной каких бы то ни было признаков диатомовых.

Возможно, что представление о необходимости бактериальной пленки возникло по аналогии с необходимостью предварительного образования почвенной подстилки для формирования группировки организмов в наземных условиях.

Заселение опытной пластинки с первого момента начинается не диатомовыми и простейшими, а тем сообществом организмов, личинки которых в данный момент имеются в планктоне.

За первыми поселенцами следуют другие, таким образом создается первая группировка, характеризующаяся тем многообразием видов, личинки которых имеются в планктоне, что расходится с мнением некоторых исследователей черноморских обрастаний, что «вначале обрастание развивается качественно однообразно и что опущенная в море в мае — июне пластинка через несколько дней в большинстве случаев заселяется преимущественно какой-либо одной формой».

Мы неоднократно в период большого разнообразия личинок обрастающих организмов наблюдали на маленьких однодневных пластинках одновременное оседание баянусов, мшанок, мидий, бортиллиусов. Мы

не видим причин, ограничивающих видовой состав первых поселенцев на пластинке.

В дальнейшем, с ростом отдельных колоний, идет вытеснение и обрастание одного вида другим. Особенно быстро распространяются мшанки и ботриллюсы. Однако период угнетения ими других компонентов биоценоза длится недолго, и они образуют субстрат для последующих поселенцев, в частности, мидий. Иногда в течение периода менее полугодя наблюдается чередование нескольких слоев мшанок с другими обрастателями, особенно баянусами, что, видимо, стоит в связи с колебаниями интенсивности размножения и роста этих форм.

В результате этой борьбы доминирующей формой оказываются мидии, образующие густые плотные щетки, захватывающие весь субстрат и тем самым, по-видимому, препятствующие дальнейшему оседанию на него других обрастателей. Этим, по-видимому, объясняется тот факт, что в бухте все стационарные подводные сооружения покрыты почти исключительно мидиями, большей частью чистыми от других обрастаний. То же наблюдается в Калифорнии (Шеер, 1943).

Таким образом, в основе изменений, определяющих последовательность в развитии обрастаний, лежат по преимуществу сроки появления личинок и относительная скорость роста различных организмов.

В развитии обрастаний мы различаем два типа изменений:

1. Сезонный, являющийся, главным образом, результатом сезонных изменений в размножении обрастающих организмов, а правильнее, в оседании на субстрат их личиночных стадий, после некоторого периода свободной жизни в планктоне.

2. Сукцессивный — как результат экологических отношений компонентов обрастаний к изменениям физических и биоценологических факторов.

Таким образом, наблюдения над обрастанием дают материал для познания развития биоценоза от момента оседания первого организма до установления более устойчивой группировки, которую наземные экологи называют климаксом, процесс изменения которой идет более медленным темпом.