

ПРОВ 2010

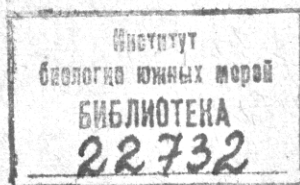
АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ
им. А. О. КОВАЛЕВСКОГО

ПРОВ 98

БИОЛОГИЯ МОРЯ

Вып. 18

БИОЛОГИЯ ОБРАСТАНИИ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКОВА ДУМКА»
КИЕВ — 1970

Долгопольская М.А. О методике биоконтроля эффективности противообрастающих покрытий. - В кн.: Тр. Севаст. биол. ст., 12, 1959.

Долгопольская М.А., Гуревич Е.С. и Шапиро А.З. Влияние бактериальной пленки на процесс выщелачивания ядов из противообрастающего красочного слоя. - В кн.: Тр. Севаст. биол. ст., 13, 1960.

Долгопольская М.А., Шапиро А.З., Горбенко Ю.А. Разрушение пленкообразующей основы неообрастающих красок морскими микроорганизмами. - В кн.: Тр. Севаст. биол. ст., 14, 1961

Калиненко В.О. и Мефедова Н.А. Бактериальное обрастание подводных частей корабля. - Микробиология, 25, 2, 1956.

Морское обрастание и борьба с ним. Воениздат, М., 1957.

Рагг М. Защита судов от обрастания и коррозии. Судпромгиз, Л., 1960.

Тредвелл Ф.П., Голл В.Т. Качественный анализ. Госхимиздат, М., 1946.

Hoffman A. Kieler Meeresforschungen, II, 1, 1950.

Starkey R. Susceptibility of matrix constituents of antifouling paints to microbial attack in sea water. - Canad. Microbiol., 3, 2, 1957.

ВЗАИМООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ ПОВЕРХНОСТЬЮ ПРОТИВООБРАСТАЕМОЙ КРАСКИ I, МОРСКОЙ ВОДОЙ И ОРГАНИЗМАМИ ОБРАСТАНИЯ

М.А. Долгопольская

Проблема обрастания как у нас, так и за рубежом до последнего времени не занимала сколько-нибудь значительного места в числе вопросов, подлежащих всестороннему и глубокому изучению, несмотря на ее большой научный и практический интерес. Это привело к тому, что наука в этой области оказалась неподготовленной к решению тех задач, которые поставили перед ней новые темпы и высокий уровень развития народного хозяйства.

Без глубокого изучения всех тончайших жизненных процессов

организмов обрастания, их связи и взаимодействия с окружающей средой, реакций на те или иные воздействия — самые, казалось бы, совершенные методы и способы защиты от обрастания оказываются неудовлетворительными.

Видовой состав, численность и биомасса образующих обрастание организмов, — все это продолжает служить той научной базой, на которую опираются химики лакокрасочной промышленности, разрабатывающие современные противообрастаемые краски. Однако изучение организмов и уже возникшего обрастания, т.е. по сути дела конечного звена процесса, — явно недостаточно для понимания механизма действия противообрастаемых средств, что является основным условием для разработки эффективных способов защиты от обрастания.

В этой связи особое значение приобретает тщательное изучение тех интимных взаимоотношений, которые возникают между морской водой, организмами обрастания и обрастаемой поверхностью, начиная с формирования первичной бактериальной пленки и кончая сложным ценозом обрастания. При этом задача усложняется и расширяется посторонним вмешательством в эти взаимоотношения в результате замены естественного нейтрального морского субстрата различным искусственно создаваемым, содержащим в разных комбинациях те или иные токсические вещества. Осуществление этих работ связано с использованием не только обычных биологических методов, но и методов спектрального и фотометрического определения малых количеств ядов в растворе, методов учета количества морских микроорганизмов, их биохимической деятельности, процессов метаболизма, а также механизмов прикрепления, детоксикации и сопротивления макрообрастателей при оседании и развитии на ядовитых поверхностях.

Обрастание погруженного в море предмета определяется, с одной стороны, наличием и количеством готовых к оседанию личинок, ищущих субстрат для прикрепления и приходящих в соприкосновение с экспонируемой поверхностью, с другой стороны — теми факторами, которые ограничивают способность личинок прикрепляться и расти. К числу последних относятся главным образом токсичность поверхности или особенность физических условий, создаваемых в прилегающем ламинарном слое воды при быстром движении или уже возникшее обрастание, организмы которого могут быть препятствием для последующего оседания подплывающих личи-

нок, используя их в качестве пищи, а также ряд общих причин, таких как география места, сезон года, гидрохимические условия (t^0 , S ‰, pH), наличие органических соединений, близость или отдаленность от берега, глубина погружения, освещенность, ориентированность к странам света, течениям, зависимость от дня или ночи, наличия естественных обрастаний, свойств самой поверхности, в смысле гладкости или размеров шероховатости, цвета, плотности, смачиваемости и многих других более или менее серьезных причин.

После некоторого, различного для разных видов, периода свободной жизни в планктоне личинки обрастателей начинают поиски субстрата для прикрепления и последующего метаморфоза. Ни для одного из видов не изучены всевозможные факторы, влияющие на прикрепление, и разные виды по-разному относятся к одному и тому же фактору. Взаимоотношения, создающиеся между любым субстратом, а тем более поверхностью противообрастаемого покрытия и личинкой в момент ее поисковых миграций и после прикрепления, очень сложны. Выбор места для прикрепления является очень важным и ответственным моментом в жизни личинки, и в этом случае роль обрастаемой поверхности очень велика.

После того как прикрепление осуществится и завершится полное оседание, а в некоторых случаях и метаморфоз, роль субстрата, если поверхность не токсична, постепенно снижается и начинается процесс воздействия организма на занятую им поверхность. В этом случае воздействие может быть механическим — как это бывает на примере баянусов, врезающихся жесткими стенками раковины в подлежащий слой любого покрытия или краски, физическим — путем создания условий для электрохимической коррозии при оседании на металлическую поверхность, химическим — за счет тех метаболитов, которые влияют либо непосредственно на поверхность, занятую обрастающими организмами, либо через состав и свойства прилегающего слоя воды.

Обрастание обычно связано с образованием первичной слизистого пленки, в состав которой входят в первую очередь бактерии, диатомовые одноклеточные водоросли и детрит.

Микробы привлекаются к любым инертным поверхностям тем органическим веществом, которое адсорбируется из морской воды, а также чисто физическими силами адсорбции на границах раздела фаз: вода — твердая поверхность. Они оседают сразу же после погру-

жения поверхности в море, прочно прикрепляются и уже через 1-2 час начинают размножаться. Диатомовые водоросли хотя и оседают одновременно с бактериями, первоначальная численность их во много раз меньше, чем бактерий, поскольку и абсолютная численность их в планктоне меньше.

Между бактериями и диатомовыми существует несколько видов взаимоотношений. Диатомовые выделяют в воду разнообразные продукты жизнедеятельности, а сами водоросли представляют субстрат для прикрепления бактерий. Отмершие клетки диатомовых разрушаются бактериями. Отмершие и живые клетки диатомовых наряду с растворенным в воде органическим веществом служат одним из основных источников питательных веществ для бактерий в водоеме. Разлагая мертвые клетки водорослей, бактерии в свою очередь выделяют в воду CO_2 , аммиак, нитриты, нитраты, фосфаты и другие вещества, необходимые для жизнедеятельности диатомовых. Вместе с тем в некоторых случаях при массовом развитии фитопланктона численность бактерий не возрастает. Объясняется это, видимо, наличием антибиотических веществ, выделяемых водорослями, и конкуренцией между этими группами организмов за растворенные питательные вещества.

Оседание диатомовых водорослей происходит как на чистой поверхности, погруженной в море, так и на предварительно наращенной бактериальной пленке, однако в последнем случае интенсивность оседания значительно выше, причем количество осевших диатомовых на живой бактериальной пленке заметно больше, чем на предварительно убитых микроорганизмах пленки. Очевидно, в первом случае играют роль прижизненные продукты выделения бактерий (Кучерова и Горбенко, 1963).

Оседание бактерий и формирование первичной слизистой пленки на нейтральной поверхности погруженных в море предметов широко исследовалось для разных целей.

Литературные данные в одних случаях (Crisp a, Riland, 1960; Scheer, 1945, и др.) свидетельствуют о том, что покрытая слизистой пленкой поверхность более благоприятна для оседания, чем свежепогруженная, что личинки морских обрастателей быстрее прикрепляются к шероховатой поверхности, чем к гладкой. Вместе с тем существует противоположная точка зрения, которая утверждает, что личинки многих сидящих организмов прикреплялись на свежепогруженной поверхности до появления на ней заметной плен-

ки (Clark, 1947; Miller, Rapen a. Whedon, 1948; Фелпс, сб. Морское обрастание и борьба с ним, 1957).

По мнению Криспа и Ройландса (1960), все вышеуказанные обобщения не обоснованы. Личинки многих организмов предпочитают гладкую поверхность, тогда как другие индифферентны к ее структуре. Многие личинки предпочитают покрытую пленкой поверхность, а такой вид, как мшанка *Bugula flabellata*, садится более охотнее на чистую, не покрытую пленкой поверхность. Интересно отметить, что хотя эти личинки стремятся избежать обросшую пленкой поверхность, однако если ее предварительно обработать экстрактом водоросли *Fucus serratus*, она приобретает большую привлекательность для личинок (Crisp a. Williams, 1960).

Выяснение значения первичной пленки для дальнейшего развития макрообрастания, особенно на нетоксической поверхности, служило предметом многочисленных исследований, и если до сих пор их нельзя считать завершенными, то только исключительно в силу, с одной стороны, специфичности отношения к субстрату оседающих личинок разных видов обрастателей, а с другой, — по-видимому, допускаемой исследователями экстраполяции поведения личинок отдельных видов на все явления обрастания в целом. Таким образом, мы считаем, что можно говорить не столько о влиянии характера и структуры поверхности, сколько о разнообразии поведения и реагировании разных личинок. Механизмы, с помощью которых личинки распознают, устанавливают привлекательную для них пленку, — пока мало исследованы.

Нами проведена работа по уточнению зависимости оседания зоообрастателей от наличия предварительно наращенной бактериальной и бактериально-диатомовой пленок. Результаты работ показали, что оседание и прикрепление зоообрастателей имеют место и на чистой, свежепогруженной поверхности, не имеющей сплошной бактериальной пленки, но в отдельных случаях могут происходить несколько интенсивнее на поверхности с предварительно наращенной пленкой, создающей более шероховатую, а следовательно, и значительно большую по площади поверхность, на которой больше задерживается и умещается личинок, ищущих места для прикрепления.

Известно, что многие личинки морских организмов, близкие к моменту оседания, предварительно исследуют поверхность, с

с которой они контактируют, и прикрепляются только тогда, если она окажется настолько привлекательной, чтобы стимулировать прикрепление. Показано, что циприсы баянусов мало или не чувствительны к ионам меди в течение периода, когда они разыскивают поверхность для оседания.

Краска может создавать в прилегающем слое воды такую концентрацию меди, которая недостаточна для непосредственного отравления, но она может быть достаточной, чтобы создать препятствие или повлиять на поведение личинок перед оседанием. Иногда имеющаяся концентрация ионов меди может не оказывать прямого действия на первичное оседание, а противообрастающий эффект может быть обусловлен главным образом токсичностью, создаваемой после оседания в результате постепенной аккумуляции ядовитых ионов в теле осевших организмов, что подтверждается нашими опытами.

Наличие в краске закиси меди не удерживает циприсов от попытки к оседанию. Эффективность ее действия на циприсов и молодых баянусов сказывается большей частью после первичного прикрепления. Выделяющаяся из краски медь препятствует цементированию раковины у молодых баянусов. Подошвы таких баянусов искривлены, выпуклы по направлению к окрашенной поверхности и часто прикреплены только с помощью антеннальных присосок. Свежеметаморфизировавшие на краске баянусы по сравнению с подобной осыпью баянусов, растущей на инертной поверхности, не обнаруживают настоящего прикрепления к пленке противообрастаемой краски и легко опадают.

Последовательность появления организмов в обрастании зависит от времени года, так как различные организмы размножаются в разные сезоны, а прикрепление происходит только тогда, когда в воде есть их личинки. В море могут быть такие периоды, когда личинки обрастателей отсутствуют, и тогда процесс обрастания не происходит. Трудно представить себе воду в море, не содержащую микробов, хотя количество их также колеблется в зависимости от наличия органических веществ, температуры, степени загрязненности воды. Поэтому, естественно, что каждый погруженный в море предмет всегда может покрыться бактериями. Очень много, хотя и значительно меньше, чем бактерий, в морской воде имеется и микроскопических водорослей, оседание которых в первые дни идет относительно слабо и как бы сдерживается бактериями, и только спустя 2-3 дня количество их заметно возрастает и даже превышает число бактерий.

Что касается истинных обрастателей, то в одних случаях отсутствие первичной слизисто-бактериальной пленки препятствует, тормозит оседание личинок, в других - облегчает, способствует их оседанию, а для третьей группы - не является существенным условием, т.е. личинки, готовые к оседанию, прикрепляются независимо от наличия или отсутствия пленки.

Несколько слабее был освещен вопрос об образовании первичной пленки на поверхности необрастаемых красок, где подсчет микробов на темной непрозрачной поверхности красок очень затруднен. Использование люминесцентного микроскопа и специальных флюорохромов позволило проследить все этапы оседания, роста, развития и количественных соотношений между компонентами первичного ценоза обрастания.

Как показали результаты прямого счета, оседание бактерий в первые сутки идет примерно одинаково на окрашенные и чистые пластинки. При этом оказывается, что яды, входящие в состав большинства наших противообрастаемых красок, бактерицидными свойствами не обладают. Через 3 суток число бактерий на окрашенной поверхности увеличивается в десятки раз, на чистых стеклах - значительно меньше, что, видимо, обусловлено поступлением и использованием в процессе жизнедеятельности питательных веществ, заключенных в лакокрасочной основе пленки. Интенсивность процесса зависит от использования субстрата как источника питательных веществ. Сплошная бактериальная пленка образуется на поверхности противообрастающих красок в среднем на 5-е сутки (Горбенко, 1963).

Разные красочные поверхности обладают неодинаковой способностью к образованию слизистой пленки, что может быть обусловлено рядом причин, в частности наличием некоторых бактерицидных составляющих краски, например ртути, составом и количественным содержанием органических компонентов основы, ее стойкостью, способностью слизисто-бактериальной пленки к накоплению и последующей отдаче выщелачиваемых из краски ядов и т.д.

Интересно отметить, что развитие бактерий на красках НИВК идет менее интенсивно, чем на красках ХВ-53 и ХС-79, очевидно, в связи с наличием ртути в красках НИВК, которая отрицательно влияет на жизнедеятельность бактерий.

Исследования, проведенные нами на красках ХВ-53 и ХС-79, разработанных ГИМП'ом и обладающих хорошими защитными качествами,

показали, что после годичной экспозиции в море на всех образцах имела^{сь} бактериально-диатомовая пленка, однако обрастатели на ней не поселялись. Анализ содержания меди в пленке, произведенный диэтилтиокарбонатным методом на фотоэлектрокалориметре ФЭК-М (Шапиро), показал, что количество ее колеблется от 0,1 до 0,37 г на 100 г сухого вещества, что само по себе, по-видимому, безусловно недостаточно для непосредственного отравления личинок обрастателей. Установлено также, что содержащая медь первичная пленка обрастания, помещенная в чистую морскую воду, в течение месяца отдает 33% накопленной ею меди. В клетках диатомовых, взятых с обрастаний естественных, нетоксических поверхностей, также содержится приблизительно 0,059 г меди на 100 г сухого вещества. Способность диатомовых накапливать медь из окружающего раствора была проверена лабораторно.

О роли слизистой пленки в процессе действия противообрастающей краски также имеются совершенно противоположные точки зрения.

Брей (Bray, 1919), впервые изъясчавший роль слизистой, или бактериально-диатомовой-детритной, пленки в связи с проблемой обрастания, считает, что на красках с большим количеством бактериальной слизи в конечном итоге развивается наиболее сильное обрастание. По мнению Зобелла (Zobell, 1935), слизь образует благоприятный субстрат для прикрепления личинок. Адамсон (Adamson, сб. Морское обрастание и борьба с ним, 1957) указывал, что на разных красках образуются различные типы слизи, и утверждал, что студенистые слизи противодействуют, а илистые и зернистые-способствуют обрастанию.

Дальнейшие работы Ваксмана, Кетчума, Девидсона, Фелпса (сб. Морское обрастание и борьба с ним, 1957) показали, что в большинстве случаев пленка либо не влияет, либо повышает возможность прикрепления.

Вейс и Кетчум (Weiss a. Ketchum, 1942), Ферри и Девидсон (Ferry a. Davidson, 1942), основываясь на установленной ими способности пленки накапливать поступающую из краски медь, считают, что первичная пленка ослабляет токсическое действие противообрастаемых красок. Такого же мнения придерживаются В.О.Калиненко и Н.А.Мефедова (1956), указывая, что бактериальная пленка на необрастаемом покрытии блокирует токсическую поверхность краски, тем самым снижая ее эффективность.

Иегон-Видон (Jegon-Whedon, цит. по Partington, 1964) отмечает, что для большинства изученных им необрастаемых составов удаление слизи сопровождалось увеличением скорости выщелачивания.

Наряду с этим Хенди (Hendy, 1947), исходя из способности пленки накапливать медь, рассматривает ее как потенциальный резервуар, способный защитить поверхность от обрастания.

Отдельные составные части противообрастаемых красок, например канифоль, резинат меди, парафин, эфиры целлюлозы и др., разлагаются морскими бактериями, что способствует освобождению зерен ядов из красочного слоя. При этом в результате жизнедеятельности бактерий происходит насыщение бактериальной слизи углекислотой, вследствие чего понижается pH, что в свою очередь повышает растворимость меди и увеличивает эффективность краски. Установлено также, что процесс выщелачивания меди из медьсодержащих красок, в состав которых входит канифоль или парафин, идет в 2-4 раза интенсивнее в морской воде, обогащенной бактериями, чем в стерильной морской воде (Долгопольская, Гуревич, Шапиро, 1960).

Поставленный вопрос представляет не только теоретический интерес, но и является весьма важным при разработке требований, предъявляемых к противообрастающим покрытиям, поскольку, исходя из своих представлений о значении слизистой пленки, некоторые авторы рекомендуют разрабатывать такие краски, которые препятствовали бы образованию пленки.

В связи с изучением механизма действия противообрастаемых красок ряд авторов исследовал влияние морских бактерий на эти краски. При этом использование бактериями органических компонентов краски определялось по разнице в количестве бактерий, развивающихся на краске и в контроле, а в отдельных случаях — по количеству кислорода, используемому бактериями.

Наши подверглись испытанию некоторые пленкообразующие вещества (лаки), составляющие основу противообрастаемых красок, а именно: сополимер винил-хлорид-винилацетат (омыленный и неомыленный), глифталевая смола, перхлорвиниловая смола и др. В результате исследования оказалось, что развитие морских микробов в воде при наличии тонких пленок этих веществ идет значительно интенсивнее, чем в контроле. Таким образом, бактерии морской воды как-то используют даже полимерные соединения, составляющие

основу краски, тем самым ускоряя ее разрушение и освобождение содержащихся в ней ядов (Долгопольская, Шапиро, Горбенко, 1961).

Экспериментально было установлено, что разрушение лакокрасочного покрытия *н а ч и н а е т с я* в разное время, причем большей частью не сразу, а после некоторого нахождения его в воде, следовательно либо после соответствующего набухания, либо после использования всех тех питательных веществ, которые находились в самой морской воде (в опыте), либо в результате обычных внутриценотических изменений состава бактерий, среди которых могут развиваться формы, способные непосредственно использовать органические вещества лаков.

Имеющиеся в иностранной литературе указания на значительную стойкость некоторых испытанных нами пленкообразующих веществ разрушающему действию микроорганизмов морской воды являются следствием кратковременности проведенных там испытаний и нашими исследованиями не подтверждаются.

Исследованиями Ю.А.Горбенко (1964) показано, что для осуществления процессов жизнедеятельности некоторые виды морских перифитонных бактерий в качестве единственного источника углерода используют сополимер А-15 или СКН-26, СПС-Б, при этом подкисляя среду. Это обстоятельство играет весьма существенную роль, так как снижение pH способствует переходу в ионное состояние металлов, применяемых в качестве ядов в составе противообрастаемых красок, усиливая тем самым активность краски.

Известно, что противообрастаемые краски по характеру их действия разделяются на: 1) диффузионные - в этом случае медь переходит в раствор благодаря набуханию лакокрасочной основы, 2) контактного действия, когда содержание меди очень высокое, до 80% по сравнению с основой и 3) краски с растворимой в воде пленкообразующей основой, обнажающей зерна яда. Медь, поступающая из лакокрасочного покрытия в морскую воду, образует хлористую соль, которая затем переходит в основную углемедную. Растворимость ее в морской воде не может обеспечить летальную концентрацию для оседающих личинок.

Раскрывая вопросы механизма действия противообрастающих красок, М.А.Долгопольская, Е.С.Гуревич и др. (1957) считают, что роль первичной пленки определяется ее способностью влиять на концентрацию ядов в прилегающем к краске слое морской воды, так как именно эта концентрация к конечному итоге обеспечивает эффективность краски.

Накопление связанной меди в пленке исследовалось различными авторами. По мнению Харвея (1948), оно происходит в результате адсорбции, Хенди (Hendy, 1947) допускает непосредственное накопление меди в теле микроорганизмов, Барнс и Пайфинч (Barnes and P-refinch, 1947) считают, что медь соединяется с органическим веществом слизи.

Создание необходимой концентрации ядов определяется возможностью прохождения яда через слизистую пленку. Таким образом, совершенно очевидно, что важен не только процесс накопления яда в самой пленке, но и процесс выделения его из пленки в прилегающий слой воды.

Исследования, проведенные А.З.Шапиро (1963), впервые показали, что в первичной пленке обрастания, возникающей на поверхности мед.содержащей краски, медь находится не только в связанном состоянии, но и в свободном, т.е. в виде раствора, находящегося в пленке между бактериями, частицами детрита, диатомовыми. Было установлено, что накопление связанной меди в слизистой пленке является быстрым и активным процессом, тогда как отдача меди в воду идет слабо и медленно. Последнее, вероятно, обусловлено тем, что, соединяясь с органическим веществом слизи, медь образует слабо растворимые в морской воде вещества. Накопление в пленке свободной меди может способствовать повышению эффективности краски. Этим, вероятно, можно объяснить защитные свойства некоторых противообрастаемых покрытий, с явно недостаточной скоростью выщелачивания ядов.

Одним из важнейших вопросов проблемы обрастания является вопрос о механизме действия противообрастаемых красок. Общепринято представление, что эффективность краски зависит от интенсивности отдачи ею ядовитых ионов, в основном ионов меди, регулируемой свойствами пленкообразующей основы. Для равномерной отдачи ядов должно происходить постоянное разрушение основы краски, обусловленное разными факторами: растворимостью, проницаемостью, механическим разрушением, бактериальным воздействием.

Основным условием для эффективного действия красок является длительный, строго нормированный переход соединений тяжелых металлов (меди, ртути, цинка, мышьяка) в ионное состояние при взаимодействии с морской водой. Между токсичностью покрытия и скоростью выщелачивания ядов должно соблюдаться некоторое равновесие, причем кинетика выщелачивания идет в зависимости от температуры, солености, pH.

Отравление морских обрастателей может происходить даже при оседании на покрытие с недостаточным для непосредственного отравления поступлением ядовитых ионов и зависит от степени отдачи яда покрытием, способности яда проникать через живые оболочки, проницаемости живых клеток организмов, способности обрастателей накапливать в своем теле яды, от степени нарушения физиолого-биохимических функций организма, вызываемых теми или иными ядами. Отравление, очевидно, может происходить либо в результате создания в тонком ламинарном слое достаточной концентрации ядовитых ионов, либо путем прямой диффузии.

Механизм действия необрастаемых медьсодержащих красок, по нашему представлению (Долгопольская, Гуревич, Сеткина и Акочкова, 1959), связан в основном со способностью личинок морских обрастающих организмов накапливать в своем теле медь, поступающую в окружающую воду из лакокрасочного покрытия, на котором они поселились.

Выщелачиваемые из красок яды могут обладать репеллентным действием, что бывает крайне редко. Чаще всего они вызывают смерть пытающихся осесть личинок до их оседания либо в процессе прикрепления, метаморфоза или вскоре после оседания, когда уровень накопления яда в организме достигнет летальной дозы.

Бернард и Ланэ (Bernard a. Lane 1961), изучавшие локализацию меди на доракковинных стадиях *Balanus amphitrite niveus*, показали, что абсорбция меди совпадает с абсорбцией других ионов, особенно кальция, который достигает значительной концентрации в этот период развития.

Отсюда можно допустить, что усиленный процесс кальцификации у свежееосевших особей должен сопровождаться усиленным поступлением меди, что создает впечатление особенно низкой резистентности баянусов в период метаморфоза и на ранних стадиях развития уже осевших особей.

ВЫВОДЫ

Обрастание в море, обусловленное наличием свободноплавающих, готовых к оседанию и прикреплению личинок обрастающих организмов, может происходить как на нетоксической свежепогруженной поверхности до развития на ней сплошной первичной слизистой пленки, так и после ее образования и зависит исключительно от готовности к оседанию, специфичности поведения и отношения к субстрату личинок различных видов обрастателей.

Допускаемая экстраполяция поведения личинок отдельных видов на все явления обрастания в целом, очевидно, и служит причиной того, что в вопросе о роли первичной пленки в процессе оседания и развития ценоза обрастания до сих пор нет установившегося мнения.

Особое значение имеет первичная бактериальная пленка, развивающаяся на поверхности лакокрасочного противообрастаемого покрытия. В этом случае роль микроорганизмов, в частности бактерий, может быть весьма значительна. Бактерии первичной слизистой пленки резистентны к обычно применяемым медным ядам. Способность пленки содержать свободную медь, а также не только связывать и накапливать поступающую из краски медь, но и отдавать ее в прилегающий слой морской воды, усиливает защитные свойства краски.

В зависимости от состава пленкообразующей основы краски и входящих в нее ядов первичная бактериальная пленка может оказывать как положительное, так и отрицательное влияние на эффективность краски.

Большинство веществ, составляющих лакокрасочную основу противообрастаемых покрытий, в том числе нерастворимые в воде полимеры, служат дополнительным источником питательных веществ для бактерий. Использование бактериями компонентов краски способствует выходу ядов и повышает, таким образом, ее защитные свойства.

При наличии в противообрастаемой краске бактерицидных ядов и неиспользуемой бактериями пленкообразующей основы эффективность краски в основном регулируется и зависит от физико-химических факторов — природы и объемной концентрации ядов, температуры, солености, pH морской воды и т.п.

Л И Т Е Р А Т У Р А

Г о р б е н к о Б.А. Роль морских перифитонных бактерий в формировании обрастаний на предметах, погруженных в морскую воду. Автореф. канд. дисс. М., 1964.

Д о л г о п о л ь с к а я М.А., Г у р е в и ч Е.С.,
С е т к и н а О.Н., А к о р о ч к о в а А.Ф. К вопросу о механизме действия необрастающих красок. — В кн.: Тр. Севаст. биол. ст., 11, 1959.

Долгопольская М.А., Гуревич Е.С.,
Шапиро А.З. Влияние бактериальной пленки на процесс вы-
щелачивания ядов из противообрастающего красочного слоя. - В кн.:
Тр. Севаст. биол. ст., 13, 1960.

Долгопольская М.А., Шапиро А.З., Гор-
бенко Ю.А. Разрушение пленкообразующей основы необрастающих
красок морскими микроорганизмами. - В кн.: Тр. Севаст. биол. ст.,
14, 1961.

Калиненко В.О. и Мефедова Л.А. Бактери-
альное обрастание подводной части корабля. - Микробиология, 25,
2, 1956.

Кучерова З.С. и Горбенко Ю.А. Влияние бак-
териальной пленки на оседание диатомовых водорослей. - В кн.:
Тр. Севаст. биол. ст., 26, 1963.

Морское обрастание и борьба с ним. Воениздат, М., 1957.

Харвей Х.В. Современные успехи химии и биологии мо-
ря. М., 1948.

Шапиро А.З. К вопросу о роли первичной пленки в меха-
низме действия необрастающей краски. - В кн.: Тр. Севаст. биол.
ст., 26, 1963.

Adamson N.E. Цит. по сб. Морское обрастание и борьба
с ним. Воениздат, М., 1957.

Barnes H.A. Pye Finch K.A. Cooper in diatoms.-
Nature, 160, 4055, 1947.

Bernard F.J. a Lane C.E. Absorption and excre-
tion of cooper in during settlement and metamorphosis of the
barnacle Balanus amphitrite niveus.-Biol.Bull.,121, 3, 1961.

Braу A.W.L. Report of the Toxis Action of Certain
Chemical Compounds on Marine Organisms. Washington, Mo. 27, No-
vember. 8, 1919.

Clarke G.L. Poisoning and recovery in barnacles and
mussels.-Biol.Bull.,32, I, 1947.

Crisp D.J. a Ryland J.S. Influence of Filming
and of Surface Texture on the Settlement of Marine Organisms.-
Nature, 185, 4706, 1960.

Crisp D.J. a Williams G.B. Effect of Extracts
from Fucoids in promoting Settlement of Epiphytic Polyzoa.- Na-
ture, 188, 4757, 1960.

Ferry J.D. a Davidson K.S.M. The Chemical Com-
bination of Copper with Alginis Acid and with the Organic Mate-

rial of the Slime Film. Paper 12, Fourth Report from Woods Hole Oceanogr. Instit to the Bureau of Ships, March 27, 1942.

H e n d y N. Copper in diatoms.-Nature, 159, 4045, 1947.

J e g o n - W h e d o n W.F. Цит. по P a r t i n g t o n A. Paint Technology, 28, 3, 1964.

M i l l e r M.A., R a p e a n J.C. a. W h e d o n W.F. The role of slime film in attachment of fouling organisms.-Biol. Bull., 94, 2, 1948.

S c h e e r B.T. The development of Marine Fouling Communities.-Biol. Bull., 89, 1, 1947.

W e i s s C.M. a. K e t c h u m B.H. The Accumulation of Copper by Slime Films Formed on Non-Toxic Surfaces. Paper 6, - Fourth Report from Woods Hole Oceanogr. Instit. to the Bureau of Ships, March 27, 1942.

Z o B e l l C.E. The significance of Marine Bacteria in the Fouling of submerged surfaces.-J. of Bacteriol., 29, 3, 1935.

ИСПЫТАНИЕ НЕОБРАСТАЕМЫХ КРАСОК В УСЛОВИЯХ ТРОПИКОВ*

М.А. Долгопольская, Е.С. Гуревич, П.Ф. Дегтярев

Морские суда Советского Союза бороздят моря и океаны в различных районах нашей планеты, в связи с чем эксплуатация лакокрасочных покрытий, включая необрастаемые краски для подводной части судов, имеет место в самых разнообразных условиях - от северных до тропических. Обрастание в тропических водах протекает весьма интенсивно, поэтому эффективность защитных средств должна быть выше, чем для условий умеренных или высоких широт.

При разработке практических методов и средств защиты от обрастания исследователю необходимо учитывать не только географические особенности того или другого района, экологию обрастающих организмов, чувствительность их личинок к различным ядам, но и ряд физико-химических и биологических факторов, влияющих на выщелачивание ядов из необрастаемых красок (t^0 , $S\%$, pH).

Защитные свойства новых необрастаемых красок в отечественных морях исследованы достаточно полно, в то же время об эффективности большого ассортимента новых необрастаемых красок в условиях тропиков имеются лишь отдельные разрозненные сведения. Со-

*/Рисунки к статье даны в Приложении в конце сборника.