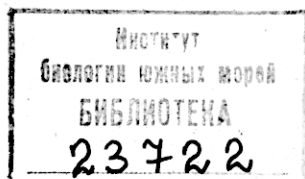


ПРОВ 98.

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР

Институт биологии южных морей
им. А.О. Ковалевского

ВОПРОСЫ ПРОДУКЦИОННОЙ, САНИТАРНОЙ
И ТЕХНИЧЕСКОЙ ГИДРОБИОЛОГИИ ЮЖНЫХ
МОРЕЙ



Издательство "Наукова думка"
Киев - 1971

М. А. ДОЛГОПОЛЬСКАЯ

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БОРЬБЫ С ОБРАСТАНИЕМ СУДОВ И ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Продолжающийся быстрый технический прогресс выдвигает все новые требования в области защиты от обрастания и биологического повреждения материалов и создания совершенно новых необрастающих покрытий, отличающихся по длительности действия и эксплуатационным качествам. Специфичность требований и условий эксплуатаций в каждом отдельном случае нуждается в разработке специальных средств защиты. Это может быть достигнуто только при получении новых знаний о животных и растениях, создающих обрастание, также как и знаний окружающих условий, в которых живут эти организмы и их отношений как к этим условиям, так и к искусственно создаваемым, в целях борьбы с обрастанием.

Работа отдела биологии обрастаний включает широкий комплекс исследований, охватывающих многообразие вопросов, связанных с изучением проблемы обрастания, объединенных в одну тему: "Биологические основы борьбы с обрастанием судов и гидротехнических сооружений". Проблемой предусматривалось на фоне детального изучения отдельных видов, выявить их роль в становлении и развитии обрастаний, определить физиолого-биохимические характеристики микробов, фито- и зообрастателей в норме и при взаимодействии с химическими и физическими ингибиторами, выяснить взаимоотношения обрастаний и поверхности необрастаемых покрытий, раскрыть механизмы действия последних, способствуя таким образом разработке, селективному отбору и усовершенствованию различных методов и средств защиты.

Наряду с перечисленными задачами отдел обрастания проводил также большие исследования, направленные на решение практически важных вопросов, связанных с изыс-

канием средств защиты от обрастания, выполняемых в порядке содружества, хозяйственных и спецзаданий.

Комплексность изучаемой проблемы обусловила большое разнообразие как направлений исследования, так и применяемых методик. Отчет по теме содержит 518 страниц машинописного текста. Составлен М.А.Долгопольской (руководитель темы), В.Д.Брайко, Ю.А.Горбенко, С.А.Горомосовой, З.С.Кучеровой, Р.А.Полищук, А.З.Шапиро.

По разделу биология массовых видов изучен систематический состав, биология и экология мшанок. Установлено наличие в Черном море 16 видов, три из которых впервые указаны для фауны этого бассейна [1].

Описаны способы размножения массовых видов мшанок, морфология личинок и продолжительность их пелагической жизни, характер формирования анцеструлы. Личинки большинства мшанок описаны впервые в науке в работах [2,3].

Результаты, полученные при изучении биологии размножения черноморских мшанок, позволили высказать гипотезу об эволюции способов размножения отдельных групп мшанок. Экспериментальными и полевыми исследованиями установлено наличие у некоторых видов мшанок избирательной способности при выборе субстрата, чем обусловлена приуроченность их к определенному биотопу и отсутствие ряда видов в обрастании [4, 5].

Изучен видовой состав и сезонная динамика диатомовых обрастаний в зависимости от разных экологических факторов и действия химических и физических ингибиторов [6-8]. Исследованы взаимоотношения диатомовых водорослей и бактерий первичной пленки обрастания, а также диатомовых и макрофитов [9,10].

На основании проведенных исследований установлено, что на оседание эпифитных диатомовых на макрофитах, находящихся в равных экологических условиях, влияет не столько тип водоросли, сколько выделяемые ими метаболиты.

Установлено, что диатомовые водоросли обладают высокой чувствительностью как к действию метаболитов макрофитов, так и к действию отдельных ядов. Медь и цинк вызывают в клетках изменения морфофизиологического характера, проявляющиеся в нарушении структуры колоний, спо-

способности прикрепляться к субстрату, в изменении формы и цвета хроматофора и темпа деления клеток [11]. Состав диатомовых и интенсивность обрастания определяются степенью токсичности субстрата.

В связи с вопросом о редком в природе явлении полной или частичной необрастаемости некоторых макрофитов исследовалась зависимость между антибиотической активностью макрофита и степенью его обрастаемости. Последняя изменяется от возраста, физиологического состояния, сезона, местообитания. Максимум продуцирования антибиотических веществ наблюдается осенью. Обрастание происходит в основном в летний период, когда водоросли не активны [12-14].

Детально изучено развитие первичной или слизистой бактериально-диатомово-детритной пленки обрастания [15-17]. Большой комплекс наблюдений с использованием метода корреляционного анализа дал возможность обнаружить связи как внутри изучаемого сообщества перифитонных микроорганизмов, так и вне его с организмами планктона и морской взвеси, гидрохимическими факторами, растворенным органическим веществом и компонентами загрязнения морской воды. Перифитонные микроорганизмы при развитии на твердом субстрате в море, взаимодействуя с биогенными и абиогенными факторами среды, осаждают карбонаты в основном в виде CaCO_3 [18, 19].

Одним из главнейших вопросов, в исследованиях отдела, является вопрос о механизме действия средств защиты. Для направленного изыскания средств защиты большое значение имеет исследование влияния вводимых в краску ядов на основные метаболические процессы обрастателей. Однако эти процессы у организмов обрастания изучены слабо. Литературные данные весьма противоречивы, что связано, с одной стороны, с низким уровнем энергетического обмена в связи с прикрепленным образом жизни, а с другой, — значительными вариациями энергетического обмена, зависящими от вида исследуемого животного, его физиологического состояния и экологических условий. В связи с этим изучению влияния яда на тот или иной процесс предшествовало изучение биохимических реакций, протекающих в организме в нормальных условиях.

Известно, что среди организмов обрастания наиболее устойчивыми к действию различных токсинов являются мидии и балишусы. Для выяснения причин их резистентности к действию ядов были изучены следующие физиолого-биохимические характеристики этих организмов в норме и при воздействии токсинов: 1) выживаемость в растворах с различной концентрацией солей тяжелых металлов; 2) содержание и интенсивность утилизации гликогена - основного субстрата анаэробного обмена и активность ферментов его расщепляющих - амилазы и фосфорилазы; 3) интенсивность гликолитического процесса; 4) циклы трикарболовых кислот (ЦТК) и терминальной цепи окисления.

Было показано, что при действии ионов меди мидии переходят на анаэробное дыхание [20]. Биохимические процессы в тканях мидий характеризуются низкой активностью ферментов ЦТК и терминальной цепи окисления, относительно высокой активностью ферментов гликолитической цепи и специфическим соотношением этих ферментов. Содержание углеводов и все исследованные показатели энергетического обмена в тканях мидий претерпевают сезонные колебания, при этом изменяется не только общая интенсивность процесса, но и соотношение скоростей отдельных реакций. Все эти изменения связаны, в первую очередь, с годовыми циклами репродукционного процесса: размножением и подготовкой к нему.

Исследованиями влияния токсинов на изучаемые показатели установлено, что при гипоксии и в растворах токсических концентраций меди наблюдается усиление использования гликогена в тканях мидий, что свидетельствует о переходе их на анаэробный обмен [21]. При этом наблюдалось, что гипоксия и низкие концентрации раствора CuSO_4 (0,6 - 1,2 мг/л) стимулируют активность ферментов, катализирующих распад гликогена - α -амилазы и фосфорилазы [22, 23]. Высокие концентрации меди (6,4 - 10 мг/л) несколько угнетают активность этих ферментов [24-26]. Интенсивность гликолитического процесса под влиянием меди в обычно используемых концентрациях не меняется, тогда как терминальная цепь окисления в значительной степени подавляется (до 50% от нормы) [27, 28].

Известно, что гликолиз, как филогенетически рано сложившийся процесс, устойчив к различным повреждающим воздействиям: изменению pH среды, солености, температуры. Устойчивость гликолитического процесса к ионам меди, очевидно, является частным проявлением высокой устойчивости гликолитической системы к повреждающим воздействиям. В этом можно найти частичное объяснение механизма устойчивости мидий к воздействию токсинов [28-31].

При исследовании активности мышечной фосфорилазы у разных представителей моллюсков и ракообразных оказалось, что она тесно связана со степенью подвижности вида и не зависит от его систематической принадлежности [32].

Существенную часть обрастаний, особенно в условиях освещения, составляют растительные организмы — водоросли-макрофиты.

В связи с выяснением механизма и степени повреждающего действия ядов исследованы процессы фотосинтеза, дыхания, водорослей, биосинтез пигментов, репродуктивные процессы, АТФ-азная активность тканей, фермента, ответственного за мембранный транспорт ионов в норме и под действием меди и других солей тяжелых металлов [33,34].

Показано, что уже в первые часы воздействия меди в концентрации $3 \cdot 10^{-5}$ М интенсивность фотосинтеза снижалась на 25-50%, потребление кислорода в процессе дыхания возрастает в 1,5-2 раза. Поражается протоплазматическая мембрана, нарушается и плохо регулируется ее поглотительная и выделительная функции, в связи с чем содержание свободных аминокислот и калия снижается в несколько раз. Нарушаются репродуктивные процессы водорослей, прекращается выделение спор, уменьшается их подвижность и способность к прикреплению. Ранее осевшие споры теряют связь с субстратом и смываются водой [35].

Наблюдаемое снижение содержания хлорофиллов, каротиноидов и фикоэритрина под влиянием меди и цинка на 25-50% через 12-24 час после начала действия ядов, является следствием деструкции пигментного комплекса. При этом происходит выцветание хлорофиллов и непосред-

ственное взаимодействие фикоэритрина с медью в полости клетки или вне ее [36, 37].

Установлено, что железо и трилон Б снижали альгичность *Zn, Cu, Hg* как в период действия, так и восстановления водорослей. В связи с этим применение в необрастаемых красках некоторых железосодержащих наполнителей, пигментов (сурика, черной окиси железа и т.п.) должно быть ограничено [38].

Общепринято представление, что эффективность красок зависит от скорости и интенсивности отдачи ими ядовитых для обрастателей ионов, в основном, ионов меди.

Отравление организмов может происходить либо в результате создания в диффузионном слое летальной концентрации, либо прямой диффузией меди в тело оседающей или уже осевшей личинки. Установлено [39], что организмы обрастания способны накапливать в своем теле медь, поступающую из лакокрасочного покрытия, на котором они поселились. После достижения определенного избыточного уровня концентрации яда в теле обрастателя нарушается обмен веществ и организм погибает. Отсюда становится понятным, почему краски с умеренной скоростью отдачи яда могут оказаться почти или совсем необрастаемыми. Движение окрашенного объекта, волнения, течения, усиливают скорость поступления в воду ионов меди и истощение ее запасов [40]. Срок необрастемости одних и тех же красок отличается в зависимости от солености, температуры, pH воды и ряда других факторов. Принимая во внимание неограниченные районы плавания судов с охватом всех сезонов года, а также различную резистентность организмов обрастателей, в период Кубинской экспедиции и тематического рейса в Средиземное море получен материал, характеризующий режим обрастания, степень выщелачивания ядов и эффективность различных средств защиты в этих районах по сравнению с Черным морем [8, 41, 42]. Этими исследованиями показана высокая эффективность отечественных необрастаемых красок.

Особый интерес представляет вопрос о развитии обрастаний на поверхности противообрастаемых покрытий и их взаимоотношениях, которые возникают между организмами,

пленкообразующей основой краски и входящими в нее ядами [43].

Развиваясь на поверхности противообрастаемых красок, перифитонные микроорганизмы, используя и разрушая органическую пленкообразующую основу краски, могут способствовать более интенсивному выходу ядовитых ионов в окружающую среду, тем самым усиливая противообрастаемый эффект [44-46]. Установлены биологические и физико-химические факторы, влияющие на эффективность красок [47]. Показана роль морских бактерий в процессе поступления ядов из необрастаемых покрытий. Определена роль связующих веществ, составляющих основу необрастаемых красок [48].

Слизистая бактериально-детритно-диатомово-илистая пленка на противообрастаемой краске способна накапливать и медленно отдавать поступающие из нее ионы меди [49-51], влияя на скорость диффузии и эффективность покрытия.

При использовании в составе красок сравнительно легко растворимых ядов скорость выщелачивания может быть излишне большой (и достигать 250 мг/см^2 сутки). В этом случае роль связующего очень велика, в частности связующего, нерастворимого в воде, но биологически разрушаемого.

При наличии в необрастаемых красках биологически разрушаемой пленкообразующей основы и при отсутствии в них бактерицидных веществ, бактериальная пленка способствует отдаче в морскую воду ядов. При биологически неповреждаемой пленкообразующей основе и бактерицидных ядах эффективность краски зависит в основном только от физико-химических факторов: природы и объемной концентрации ядов, температуры, солености, pH морской воды и т.п. [52].

Таким образом, при правильном подборе растворимости связующего со степенью биологического разрушения можно добиться равномерного, длительного и нормированного расхода яда и основы, т.е. длительной защиты от обрастания. Совершенно бесспорны значительные успехи в области разработки химических средств защиты - необрас-

таемых лакокрасочных покрытий. Однако немалое значение имеют также разработки физических методов защиты.

Широкое использование ультразвука во многих областях науки, техники, медицины, промышленности не могло остаться вне внимания исследователей, связанных с проблемой обрастания. Творческое содружество с лабораторией ультразвука Одесского института инженеров морского флота обеспечило многочисленные лабораторные и стендовые эксперименты. Наряду с чисто физико-техническими поисками и разработками велись тщательные исследования, выясняющие биологическое действие ультразвуковых волн на организмы обрастания и развитие ценоза обрастания в море [53]. Эти работы привели к созданию ультразвукового способа защиты судов. В многочисленных литературных источниках указано, что постоянное магнитное поле (ПМП) в зависимости от напряженности, длительности воздействия и объекта исследования вызывает различный биологический эффект [54-56]. Проведенные нами поисковые исследования показали, что ПМП подобно действию других раздражителей может найти применение в разработке ряда вопросов, связанных с проблемой обрастания.

Результаты работ отдела биологии обрастания используются прикладными институтами и ведомствами и служат биологическим обоснованием для проведения натурных испытаний и дальнейшего внедрения в практику, осуществляемых учреждениями химической, судостроительной промышленности, морского флота.

К числу завершенных и частично внедренных результатов исследования относится разработка ультразвукового способа защиты судов. Законченными и полностью внедренными в промышленность являются новые лакокрасочные покрытия, разработанные Ленинградским филиалом ГИПИ ЛКП в результате совместных исследований с ИнБЮМом. Таковыми являются краски: ХВ-53, ХС-79, ХС-71, КФ-751 и др. Экономический эффект от внедрения новых красок ХВ-53 или ХС-79, по данным ЦНИИ ММФ в условиях 1970 г., составит 8000000 рублей в год. По данным ТЭП (лаборатория технико-экономических исследований) применение только 1 тснны краски КФ-751 за счет удлинения срока

службы покрытия дает экономию в сумме 34955 рублей. Получено 2 авторских свидетельства: № 224738 на "Новый способ изготовления необрастаемых красок" и № 218066 на "Способ защиты металлических поверхностей от обрастания" (М.А.Долгопольская и др.).

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. БРАЙКО В.Д. Определитель фауны Черного и Азовского морей, т.1. Киев, "Наукова думка", 1968.
2. БРАЙКО В.Д.-Зоол. журн., т.16, в.7, 1967.
3. БРАЙКО В.Д.-В сб.: Биология моря, в.18. Киев, "Наукова думка", 1970.
4. БРАЙКО В.Д.-В сб.: Вопр.биоокеанографии. Киев, "Наукова думка", 1967.
5. БРАЙКО В.Д.-В сб.: Биология моря, в.18. Киев, "Наукова думка", 1970.
6. КУЧЕРОВА З.С. - Труды Севастоп. биол. ст., т.9, 1957.
7. КУЧЕРОВА З.С. - Труды Севастоп. биол. ст., т.14, 1961.
8. КУЧЕРОВА З.С.-В сб.: Исслед.Центр.-Америк.морей, в.1. Киев, "Наукова думка", 1966.
9. КУЧЕРОВА З.С., ГОРБЕНКО Ю.А.- Труды Севастоп. биол. ст., т. 16, 1963.
10. ГОРБЕНКО Ю.А., КУЧЕРОВА З.С.- Труды Севастоп. биол. ст., т. 15, 1964.
11. КУЧЕРОВА З.С. - Труды Севастоп. биол. ст., т. 17, 1964.
12. КУЧЕРОВА З.С.-В сб.: Исслед.Центр.-Америк.морей, в.2. Киев, "Наукова думка", 1968.
13. КУЧЕРОВА З.С.-В сб.: Экспед.исслед. в Средиземн. море в 1967. Киев, "Наукова думка", 1969.
14. КУЧЕРОВА З.С.- В сб.: Биология моря, в.18. Киев, "Наукова думка", 1970.
15. ГОРБЕНКО Ю.А. Автореферат диссертации. Севастополь, 1964.
16. ГОРБЕНКО Ю.А.-В сб.: Исслед.Центр.-Америк.морей, т.2. Киев, "Наукова думка", 1968.
17. ГОРБЕНКО Ю.А."Микробиология", 35, 5, 1966.
18. ГОРБЕНКО Ю.А., ШИЛЕНКОВА Л.В.,КОРОВКИНА Е.В. Вопросы рыбохоз. освоения сан.биол.режима внутр.водоемов Украины, ч.1. Киев, "Наукова думка", 1970

19. ГОРБЕНКО Ю.А. "Океанология", т.9, в. 2, 1969.
20. ШАПИРО А.З. - Труды Севастоп. биол. ст., т.17, 1964.
21. ГОРОМОСОВА С.А.-В сб.: Биологич.науки, 2. М., "Наука", 1969.
22. ШАПИРО А.З.-В сб.: Биологич.исслед.Черного моря и его промыслов.ресурсов. М., "Наука", 1968.
23. ГОРОМОСОВА С.А.-В сб.: Биология моря, в.18. Киев, "Наукова думка", 1970.
24. ГОРОМОСОВА С.А. У Всесоюзн.конф. по эволюц.физиол. Л. "Наука", 1968.
25. ГОРОМОСОВА С.А. "Эволюц.биохим. и физиол." (в печати).
26. ГОРОМОСОВА С.А., ШАПИРО А.З.-В сб.: Биология моря, в.18. Киев, "Наукова думка", 1970.
27. ШАПИРО А.З.-"Эволюц. биохим. и физиол.", т.3, №1, 1967.
28. ШАПИРО А.З., ВЕРЖБИНСКАЯ Н.А.-В сб.: "Физиол. и биохим. беспозвоноч.". Л., "Наука", 1968.
29. ШАПИРО А.З.-В сб.: Ферменты в эволюц.животных", Л., "Наука", 1969.
30. ШАПИРО А.З.-В сб.: Биология моря, в.18. Киев, "Наукова думка", 1970.
31. ШАПИРО А.З., БОБКОВА А.Н.-В сб.: Вопр.рыбохоз. освоения и сан.-биол. режима водоемов Украины, ч.1. Киев, "Наукова думка", 1970.
32. ГОРОМОСОВА С.А. Эволюц.биохим. и физиол. (в печати), 1971.
33. ПОЛИЩУК Р.А.-В сб.: Экспед.исслед. в Средиземн.море в 1967. Киев, "Наукова думка", 1969.
34. ПОЛИЩУК Р.А. П Всесоюзн. биохим.съезд, (тезисы) ФАН. Ташкент, 1969.
35. ПОЛИЩУК Р.А.-В сб.: Биология моря, в.18. Киев, "Наукова думка", 1970.
36. ПОЛИЩУК Р.А., СТЕПАНЧЕНКО В.И.-В сб.: Вопросы рыбохоз. и сан.-биол. режима водоемов Украины, ч.П. Киев, "Наукова думка", 1970.
37. ПОЛИЩУК Р.А.-В сб.: Физиол.роль микроэлементов в растениях. Л., "Наука", 1970.

38. ПОЛИЩУК Р.А.-В сб.: Экспед. исслед. в Средиземн. море в 1970 г. Киев, "Наукова думка", 1971 (в печати).
39. ДОЛГОПОЛЬСКАЯ М.А. - Труды Севастоп. биол. ст., т. 11, 1959.
40. ДОЛГОПОЛЬСКАЯ М.А., ДЕГТЯРЕВ П.Ф.-В сб.: Биолог. исслед. Черного моря и его промысл.ресурс. М., "Наука", 1968.
41. ДОЛГОПОЛЬСКАЯ М.А., ГУРЕВИЧ Е.С., ДЕГТЯРЕВ П.Ф. В сб.: Биология моря, в.18. Киев, "Наукова думка", 1970.
42. ГУРЕВИЧ Е.С., ДОЛГОПОЛЬСКАЯ М.А., КОВТУН Л.Б.- В сб.: Экспед. исслед. в Средиземном море в 1967. Киев, "Наукова думка", 1969.
43. ДОЛГОПОЛЬСКАЯ М.А.-В сб.: Биология моря, в.18. Киев, "Наукова думка", 1970.
44. ГОРБЕНКО Ю.А. - Труды Севастоп. биол. ст., т.16, 1963.
45. ГОРБЕНКО Ю.А.-В сб.: Биологич.исслед. Черного моря и его промысл.ресурсов. М., "Наука", 1968.
46. ГОРБЕНКО Ю.А.-В сб.: Биология моря, в.18. Киев, "Наукова думка", 1970.
47. *DOŁGOPOLSKAJA M.A. and E.S. Gurevich-Proceedings of the 1-st Internat. Biodeterior. Sympos. Southampton, 1968.*
48. ДОЛГОПОЛЬСКАЯ М.А., ГУРЕВИЧ Е.С., ГОРБЕНКО Ю.А.- В сб.: Пробл. биол. поврежд. и обраст. матер. издел. сооружений, 2,
49. ДОЛГОПОЛЬСКАЯ М.А., ГУРЕВИЧ Е.С., ШАПИРО А.З.- Труды Севастоп. биол. ст., в. 13, 1960.
50. ДОЛГОПОЛЬСКАЯ М.А., ШАПИРО А.З., ГОРБЕНКО Ю.А.- Труды Севастоп. биол. ст., т.14, 1961.
51. ШАПИРО А.З. - Труды Севастоп. биол. ст., т.16, 1963.
52. ДОЛГОПОЛЬСКАЯ М.А.-В сб.: Биология моря, в. 18. Киев, "Наукова думка", 1970.
53. ДОЛГОПОЛЬСКАЯ М.А., Аксельбанд А.М. - Труды Севастоп. биол. ст., т. 17, 1964.
54. ДОЛГОПОЛЬСКАЯ М.А., МЕНДЕЛЕЕВ И.С., ВЛАДИМИРОВ Л.В. - Биофизика, т.12, 6, 1967.
55. ДОЛГОПОЛЬСКАЯ М.А., ВЛАДИМИРОВ Л.В., ТАНЕЕВА А.И., МЕНДЕЛЕЕВ И.С. Матер. П Всесоюз. Сове-

шания по изуч. влияния магнит.полей на биологич.объек-
ты. М., МЗО СССР, 1969.

66. ДОЛГОПОЛЬСКАЯ М.А., ТАНЕЕВА А.И., ВЛАДИМИ-
РОВ Л.В. - Вопр. рыбохоз. освоен. и сан.-биол. режима
водоемов Украины, ч. 1. Киев., "Наукова думка", 1970.