

М. А. ДОЛГОПОЛЬСКАЯ

**О МЕТОДИКЕ БИОКОНТРОЛЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ПРОТИВООБРАСТАЮЩИХ ПОКРЫТИЙ**

Среди разнообразных методов защиты от обрастаний кораблей и разных гидротехнических сооружений и приборов наиболее широкое распространение получило применение специальных ядовитых противообрастающих лакокрасочных покрытий. Основное требование, предъявляемое к лакокрасочному, антиобрастающему покрытию, состоит в том, что введенные в его состав яды должны непрерывно освобождаться (выщелачиваться) и поступать в окружающую воду, причем в количествах летальных или хотя бы раздражающих, или отпугивающих личинок обрастателей, ищущих субстрата для оседания. С другой стороны, отдача ядов должна идти в таких количествах, которые обеспечивали бы процесс в течение возможно более длительного срока.

В различных противообрастающих красках токсических веществ содержится от 12 до 80%. Обычная необрастающая краска наносится в количестве 250—300 г на кв. метр поверхности. Отсюда ясно, как ничтожно количество вещества, переходящего в раствор. Активность краски определяется количеством ионов, отдаваемых ею в единицу времени на единицу поверхности. Краски, содержащие медь, считаются эффективными, если отдача составит 0,1 г на 1 кв. м поверхности в течение 24 часов (Barnes, 1948).

Технология изготовления лакокрасочных покрытий может быть такова, что освобождение токсинов наступает только после какого-то более или менее длительного периода набухания в воде (старения), обусловленного тем, что у свежих красок частицы ядов покрыты слоем пленкообразующего вещества и в зависимости от состава этого вещества требуется некоторое время, пока краска приобретет активность.

Некоторые токсические вещества, хорошо растворимые в воде, вызывают так называемый «токсический удар», то есть освобождаются сразу после погружения окрашенной поверхности в морскую воду, при этом отдача может происходить постепенно, с равномерной скоростью, может иметь место первоначальный скачок, а затем постепенное падение эффективности или первоначально возросшая отдача токсинов сохраняется на том же уровне до самого конца действия покрытия. Введение в состав покрытия смеси ядов с разной скоростью отдачи ионов в воду может обеспечить антиобрастающий эффект на более длительный срок.

В тех случаях, когда яд испытывается в чистом виде и к нему предъявляется только одно требование (разовое) — убить вредные для человека организмы, тогда методика определения эффективности действия дан-

ного вещества относительно проста. Когда же поступление яда зависит и ограничивается физическими, химическими и прочими свойствами покрытия, в состав которого он входит, тогда и определение эффективности действия значительно усложняется.

Как в процессе разработки противообрастающих красок, так и при дальнейшем испытании их в природных условиях большую роль играет биологический контроль, дающий наиболее объективную и исчерпывающую оценку эффективности действия данного покрытия.

Периодически проводимый биологический анализ окрашенного предмета, погруженного в море с целью эксперимента или даже в условиях эксплуатации, может дать очень четкое представление о качестве и активности покрытия, характере и времени отдачи ионов яда и в случае прекращения токсического действия установить с большей или меньшей степенью точности момент истощения запаса яда и начало обрастания. В последнем случае следует ориентироваться на сравнительные материалы по биологии естественных обрастаний в данном районе и в тот же период наблюдений. В частности, необходимо учитывать сроки оседания, скорость роста обрастателей и другие материалы, характеризующие взаимоотношения обрастающих организмов как между собой, так и с окружающей их живой и неживой средой.

Испытания необрастающих красок производятся с различными целями: исследователь пользуется ими для руководства при составлении и улучшении своих рецептур; потребитель нуждается в них, когда необходимо определить практическую ценность той или иной краски. В зависимости от того, какая из этих целей ставится, применяются различные программы испытаний как в лабораторных, так и в природных условиях.

Но раньше, чем перенести испытания разрабатываемых лакокрасочных покрытий в природные условия, необходим предварительный лабораторный контроль разрабатываемых составов, которые должны одновременно обеспечивать токсическое качество и ряд технических требований.

Лабораторные испытания токсического действия отдельно взятых ядов или растворов яда, выделенного из лакокрасочного покрытия, состоят обычно в фиксировании времени, необходимого для того, чтобы тот или иной раствор яда вызвал летальный эффект у опытных организмов.

Трудность подобных лабораторных испытаний заключается в том, что они должны проводиться в любое время, на массовом материале и в условиях, большей частью весьма отдаленных от моря. Поэтому в первую очередь возникает вопрос о выборе живых объектов, которые могли бы служить показателями активности красок.

Само собой разумеется, что для проведения подобных испытаний следует пользоваться теми организмами, на которые непосредственно будет направлена токсическая атака, то есть самими обрастателями, причем не взрослыми формами, а их личинками, против которых в первую очередь направлено действие защитных средств.

Таковыми опытными организмами должны быть наиболее устойчивые к действию ядов личинки баянусов, затем личинки моллюсков, мшанок и т. п., составляющих наиболее часто встречающуюся и важнейшую часть обрастаний в большинстве мировых портов и прибрежных вод.

Вполне понятно, что эти организмы можно иметь только в непосредственной близости моря и притом не круглый год, так как размножение и выход личинок не идут равномерно в течение года, а имеют для каждого вида и всей суммы обрастателей свои максимумы и минимумы, ког-

да количество их в планктоне настолько мало, что не обеспечивает постановку опыта. Наконец, наблюдаются даже периоды полного отсутствия личиночных стадий обрастателей в планктоне.

Делалось много попыток найти подходящий объект для лабораторных испытаний противообрастающих красок, которым можно было бы заменить личинок настоящих обрастателей. При этом исследователи стремились подобрать для опытов организмы, доступные в течение круглого года и притом не только в море, но и в пресных водах. Необходимым условием была также эвригалинность взятых для опыта организмов, разрешающая проводить испытания не в пресной воде, а в смеси с морской водой, поскольку в обычных необрастающих красках переход ядов из краски в морскую воду основан на взаимодействии окислов меди, ртути и прочих с ионами хлора. В пресной воде такого взаимодействия не происходит и токсический эффект значительно снижен.

При выборе опытных организмов для лабораторных испытаний следует учитывать целый ряд обстоятельств, в частности, необходимо считаться с «избирательной токсичностью» различных ядов.

Известна, например, высокая токсичность дихлор-дифенил-трихлорэтана (ДДТ) для борьбы с насекомыми и ракообразными и полная инертность его по отношению к другим организмам, не имеющим хитинового покрова. Одна и та же порция белладоны может быть смертельной для быка и совершенно безвредной для кролика. Избирательное действие некоторых веществ (например, бутилового эфира 2,4—Д) указывает А. А. Егорова (1955), отмечая при этом «ясно выраженное стимулирующее влияние этого гербисида на неспороносные формы и угнетающее действие на спороносные бактерии».

Токсическое действие меди на разные обрастающие организмы было описано многими авторами. Вместе с тем еще в 1934 г. Прайзерч (Prytherch, 1934) указывал на стимулирующий эффект малых количеств меди на оседание и метаморфоз устриц, что вполне подтвердилось и нашими наблюдениями за оседанием и ростом устриц при периодическом добавлении слабого раствора медного купороса.

Олигодинамическое действие меди на асцидий наблюдали Граве и Никол (Grave, C. and Nicoll, P., 1939). Работами Пайфинч и Мотт (Pyefinch, K. and Mott, J., 1948) показано, что очень низкие концентрации меди оказывают тормозящее действие на оседание личинок баянусов, тогда как ртуть даже в более высоких концентрациях может вызвать иногда стимулирующий эффект.

Нельзя не обратить внимания также на то, что один и тот же яд может действовать различно на организмы не только разных систематических единиц, но даже на отдельные стадии развития одного и того же организма.

В проблеме обрастания это обстоятельство имеет особенно большое значение, так как процесс обрастания по существу есть переход из свободноплавающего личиночного состояния (циприс, велигер, цифонаутес) к прикрепленному или сидячему (баянус, мидии, мшанки), характеризующемуся своими особенностями обмена веществ и взаимоотношений с окружающей средой. Естественно, что и отношение к ядам при этом будет различно.

В связи с этим мы провели специальные исследования для выяснения резистентности различных стадий развития черноморских баянусов — *Balanus improvisus* Darw. и *Balanus cernuus* Gould к действию одних

и тех же концентраций ядов (соли меди, ртути и др.). Проведенные опыты показали, что на ранних стадиях устойчивость личинок наименьшая. По мере развития и перехода в следующую стадию возрастает и устойчивость к действию ядов и, наконец, в стадии циприс она становится наибольшей.

Если, например, определенная концентрация окиси ртути вызывает гибель I стадии баянуса в течение 2—4 минут, то V стадия в той же концентрации выживает 14—15, иногда 18—19 минут, а циприс—до 2-х часов.

Необходимо отметить, что резистентность баянусов в течение метаморфоза значительно выше, чем в первое время после оседания. Превращение циприса в баянуса может происходить даже при концентрации яда значительно выше той, при которой погибает взрослый баянус, однако при этом тормозится обызвествление наружного скелета и дальнейшее существование такого баянуса становится невозможным.

Низкой чувствительностью циприсов в момент метаморфоза можно, вероятно, объяснить много раз наблюдавшуюся нами на необрастающих покрытиях мелкую осыпь иногда живых, иногда уже пустых раковин баянусов, которые ошибочно могли быть приняты как показатель наступившего истощения запасов токсинов в краске. Однако дальнейшие наблюдения показали, что эта осыпь затем исчезает (опадает) и краска еще долгое время сохраняет свою активность.

Таким образом, при испытании разрабатываемых или внедряемых средств защиты от обрастания нужно исходить из чувствительности к этим веществам наиболее устойчивой стадии развития баянусов — стадии циприс, осуществляющей процесс оседания.

Естественно встал вопрос о том, какими организмами можно было бы заменить личинок обрастателей в тех случаях, когда работа проводится вдали от моря или в такой период, когда личинки отсутствуют в планктоне.

В связи с тем, что чем меньше животное, тем вообще легче и быстрее сказывается действие ядов, некоторые авторы считают, что различия в чувствительности к ядам планктонных животных не столь велики.

Исходя из того, что баянусы прикрепляются с помощью присосок на кончиках антенн, некоторые исследователи рекомендовали заменить при биологических испытаниях свободноплавающих планктонных личинок обрастателей другими животными организмами, обладающими присосками, например, мелкими пресноводными пиявками, имеющими на головном конце присоску. Однако следует иметь в виду, что пиявки значительно крупнее личинок обрастателей, следовательно, соотношение поверхности тела к объему у них значительно больше отличается, и значит адсорбция ядов может идти в больших количествах, не причиняя при этом особого вреда. Кроме того, биологически неверно сопоставлять присоски пиявок, непосредственно связанные с кишечным трактом, с присосками циприсов, являющимися чисто внешними, покровными хитиновыми образованиями, имеющими только механическое прикрепительное значение и никак не связанными с питанием или дыханием.

В качестве объекта для биоконтроля токсичности противообрастающих красок пытались использовать не только животные, но и растительные формы, но так как отношение животных и растительных организмов к одним и тем же ядам, как известно, различно, этот метод не получил широкого распространения.

Наконец, в качестве объекта для испытания токсичности необрастающих красок были предложены бактерии. Этот метод довольно широко используется у нас в Союзе. Наиболее распространенная методика определения токсичности красок с помощью бактерий состоит в следующем: в центре чашки Петри с плотной агаровой средой помещается стеклянное колечко диаметром и высотой в 1 см, окрашенное снаружи испытуемой противообрастающей краской. Поверхность агара либо засевают обычно принятым в микробиологии методом посева петлей, либо покрывают тонким слоем воды со взвесью микробов и помещают в условия, необходимые для роста бактерий, сроком на 2—3 суток. Тест-объектом для биологического испытания эффективности действия краски обычно применяют культуру сенной палочки (*Bacillus subtilis*). В зависимости от токсичности и степени диффузии ядовитых ионов покрытия в агар-агар вокруг кольца образуется стерильная зона или круг. Диаметр круга и принимают количественным выражением эффективности токсического действия красок.

Этот метод получил признание в связи с удобствами получения культуры сенной палочки почти в любом месте и в любое время и поскольку он дает какое-то числовое выражение эффективности действия краски (диаметр круга). Однако он может быть применен с целым рядом оговорок лишь в тех случаях, когда требуется установить, имеет ли место и в какой степени истощение токсинов одной и той же краски. При установлении сравнительной эффективности красок, различных по составу входящих в них ядов или при разовом определении токсичности покрытий, внедряемых в промышленность, этот метод не только не удовлетворяет, но иногда может дать порочные результаты.

Дело в том, что бактерии, в частности, применяемая для биоконтроля сенная палочка, может вести себя совершенно иначе, чем более высокоорганизованные животные организмы, участвующие в обрастании, и даже иначе, чем микробы морских обрастаний.

Ряд веществ, не только замедляющих развитие бактерий, но даже обладающих сильными бактерицидными свойствами, могут не оказывать никакого действия на настоящих обрастателей и, наоборот, ядовитые для других организмов вещества могут быть безвредны для микробов.

Принимая во внимание специфичность и избирательность действия различных ядов и отношение к ним тех или иных организмов, мы провели специальные исследования* сравнительной устойчивости сенной палочки и микробов обрастаний к действию различных растворов ядов (закись меди, углекислая медь, окись цинка, окись ртути, мышьяк, П-оксид и другие), применяемых в качестве основных токсинов необрастающих красок, а также к действию ядов, выщелачиваемых из противообрастающих лакокрасочных покрытий.

В одних опытах в пробирки с 5 мл рыбо-пептонного бульона добавлялся 1 мл раствора яда определенной концентрации и 2 капли бульонной культуры испытуемых микробов. В других — посев производился на плотную питательную среду — рыбо-пептонный агар, содержащий также 1 мл раствора яда той же концентрации. Для испытания эффективности необрастающих красок применялся упомянутый выше метод окрашенных колец. В первом случае рост микробов определялся по степени помутне-

*) Микробиологические работы были выполнены научным сотрудником Севастопольской биологической станции АН СССР Е. М. Маркианович, которой пользуюсь случаем выразить большую благодарность.

ния бульона, во втором — путем подсчета колоний и в третьем — по величине стерильного круга, образующегося на агаре вокруг окрашенного колечка.

Результаты работ показали, что микробы обрастаний отличаются значительно большей резистентностью к действию ядов, чем сенная палочка.

Оценка эффективности 15 необрастающих красок, проведенная по методу окрашенных колец (на основании чувствительности к выщелачиваемым из этих красок ядам сенной палочки и микробов обрастаний, посеянных на плотную питательную среду), показала, что в большинстве случаев там, где сенная палочка показывает большую стерильную зону вокруг окрашенного кольца, стерильный круг для микробов обрастаний значительно (в 2—3 раза) меньше или даже вообще не проявляется (см. фото).

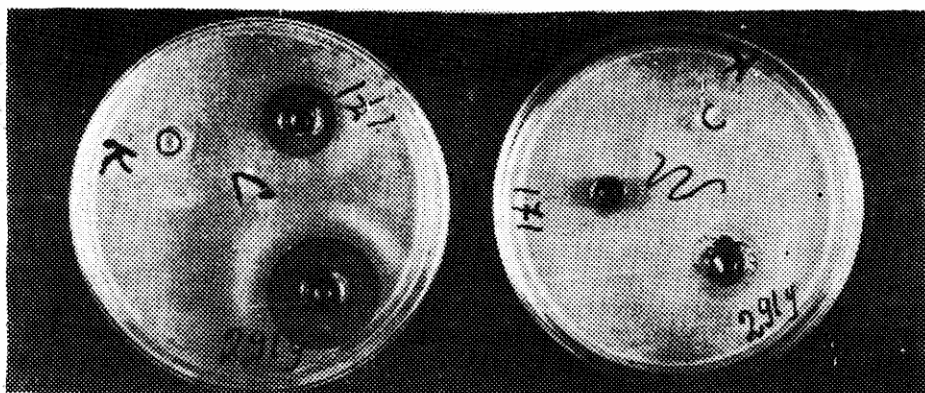


Рис. 1. Бактериальный метод определения токсичности противообрастающих красок № 291-у и № 171. С — сенная палочка, М — микробы морских обрастаний, К — контроль.

Таким образом, определение эффективности противообрастающих покрытий с помощью сенной палочки может дать совершенно дезориентирующие результаты, значительно завышая положительную оценку испытываемых составов и тем самым вводя в заблуждение промышленность, занимающуюся их изготовлением, и потребителей, их использующих.

Применяя микробов как индикаторов о степени токсичности краски, казалось бы, следует судить, по крайней мере, по отношению к ней наиболее устойчивых или наименее чувствительных морских микробов обрастаний, культурами которых, также, как и культурами сенной палочки, можно пользоваться вдали от моря.

Определяя токсическое действие тех или иных веществ, исходя из чувствительности к ним микроорганизмов, даже выделенных непосредственно из пленки обрастания, нужно иметь в виду, что бактерии, как, пожалуй, ни один другой организм в природе, легко адаптируются и вырабатывают иногда огромную стойкость к некоторым бактерицидным веществам или ядам. Приобретенная адаптивность относительно быстро наследственно закрепляется благодаря очень высокому, почти несравнимому с другими организмами, темпу размножения при очень непродолжительном периоде индивидуальной жизни.

Чувствительность микробов к изменениям внешней среды, непосредственно вытекающая из присущей им способности питаться и дышать всей поверхностью тела, приводит, особенно при длительном воздействии новых условий, к глубоким изменениям всей их организации и возникновению новых свойств. Известно, что ряд микроорганизмов, культивируемых в лабораторных условиях, с течением времени изменяет не только морфологию, темп размножения, но и характер использования питательных веществ, резистентность к ядам, антибиотикам и прочее.

Так, например, если выращивать стафилококков в присутствии все возрастающих количеств пенициллина в течение многих поколений, то все бактерии погибают за исключением представителей естественных вариаций, не чувствительных к пенициллину и остающихся в живых в результате отбора (Альберт, 1953). Некоторые из этих вариаций по сравнению с нормальными бактериями выдерживают в 600.000 раз более высокие дозы пенициллина. Для некоторых штаммов микробов медь в концентрации 0,006 мг/л смертельна, другие выживают даже при концентрации 6,3 мг/л. Ваксман, Джонсон и Карей (цит. по Marine Fouling...) выделили бактерий, которые способны выживать в среде, содержащей до 100 мг/л $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

Приняв микробов обрастаний в качестве индикаторов токсичности необрастающих красок, необходимо иметь в виду, что микробные обрастания состоят из смешанных популяций многих видов, между которыми в естественных условиях складываются сложные экологические взаимоотношения. Среди микробного ценоза обрастаний могут быть виды более или менее чувствительные или даже вообще нечувствительные к тем или иным ядам. Известно, что когда несколько видов микробов совместно выращиваются в одной и той же культуральной среде, то через некоторое время часть из них исчезает из популяции (Ваксман, 1947). Явление антагонизма и угнетения одного вида другим широко распространено среди микробов вообще. В смешанной культуре морских микробов также может проявиться установленный Дельбрюком (Delbrück, 1950) для фагов «эффект взаимного исключения». Много раз наблюдавшееся нами первоначально отсутствие роста микробов в среде с примесью некоторых ядовитых веществ могло быть результатом не только токсического воздействия, но и тех взаимоотношений, которые создаются между микробами в культуре.

С этой точки зрения интересны опыты, проведенные В. О. Калиненко и Н. А. Мефедовой (1956). Авторы пишут: «В центре чашки Петри мы намазывали кружок изучаемой краски и после его подсыхания заливали чашку Петри рыбо-пептонным агаром. Предварительно в остуженный до 42° агар мы вносили смешанные культуры разнообразных морских бактерий. Через сутки чашки заросли бактериями. Стерильной оставалась только зона вокруг пятна краски. Но через два—три дня простым глазом было видно, что отдельные колонии бактерий начинают развиваться и в зоне просветления. Они наползают на пятно краски. Следовательно, среди морских бактерий существуют виды, нечувствительные к ядовитым краскам».

Почему же эти нечувствительные к краскам виды микробов не дали роста в первые дни? В этом случае трудно допустить вспышку новых адаптивных свойств, а тем более уже наследственно закрепленную адаптацию. Кажется вероятным предположение, что в результате угнетения и торможения роста основной массы видов, не стойких к действию ядов, но

подавляющих своим присутствием развитие одного или нескольких других видов с более длительным периодом развития или резистентных к данному яду, у этих последних возникает возможность беспрепятственного размножения, которое первоначально могло тормозиться антагонистическим действием остальной массы микроорганизмов.

В чистых культурах микробы свободны от ассоциативных или конкурентных влияний других микроорганизмов. В связи с этим мы провели серию параллельных опытов с сенной палочкой и с тремя чистыми, морфологически разными культурами бактерий, выделенных из пленки обрастаний. Все три чистые культуры морских бактерий показали полную резистентность к испытываемым ядам и отсутствие стерильной зоны вокруг окрашенного кольца, тогда как в этих же условиях сенная палочка давала большую «зону просветления».

Следует также иметь в виду, что при испытании токсичности красок бактериальным методом, будь то с помощью микробов обрастаний, сенной палочки или других наземных или пресноводных микроорганизмов, совершенно исключается весьма важный фактор взаимодействия ядовитых ионов покрытия с солями морской воды, играющими значительную роль в проявлении эффективности краски. Особенно это важно в тех случаях, когда испытываются покрытия с прочной лакокрасочной пленкой, которая приобретает активность только после некоторого периода воздействия на нее морской воды.

Точно также нельзя не считаться с «избирательной токсичностью» и делать перспективный вывод об обрастаемости окрашенной поверхности, исходя из того, что на ней образовалась бактериальная пленка. В отдельных случаях отдача покрытием ядовитых ионов может не достигать летальной дозы для микробов и в то же время быть вполне достаточной для предотвращения обрастания.

Длительные и многократные наблюдения за ходом обрастания в море различных образцов в процессе испытания новых противообрастающих составов, в том числе и имеющих длительный срок эффективного действия (более 1,5 года), показали, что нередко уже с первых дней погружения образца в море и до конца испытательного срока, наряду с полным отсутствием настоящих обрастателей, на окрашенной поверхности возникает и сохраняется бактериальная пленка, которая иногда разрастается до слоя в 1—2 мм толщиной.

Образование бактериальной пленки, как показали непосредственные наблюдения, не может служить показателем недостаточности или слабой токсичности покрытия против оседания обрастателей. Отсюда становится вполне очевидным, что даже микробы обрастаний не могут служить объектом для биоконтроля токсичности морских подводных средств защиты от обрастаний. Таким образом, снова встает вопрос о выборе объекта, который мог бы служить индикатором токсичности противообрастающих красок.

Принимая во внимание, что среди личинок обрастателей наибольшей резистентностью к ядам обладают свободноживущие личиночные стадии — науплиусы и особенно циприсы баянусов — сидячих ракообразных, представляется целесообразным в качестве замены использовать представителей именно этого же класса животных, также обладающих хитиновым покровом.

Среди многих животных, предлагаемых для этой цели, наиболее подходящими нам кажутся широко распространенные пресноводные ветвист-

тоусые рачки дафнии (*Daphnia*), хотя размеры их значительно превышают размеры науплиусов и циприсов баянусов.

В пользу этого предложения говорит ряд обстоятельств, а в первую очередь то, что дафний можно иметь в любом месте, где имеется река, пруд или просто болото; дафний можно иметь круглый год, причем в любых количествах, так как они прекрасно живут и размножаются в искусственных, так называемых «дафниевых ямах», и в обычных комнатных аквариумах с небольшим количеством пресноводных водорослей и при незначительном подкармливании сухими дрожжами; дафнии отличаются достаточной эвригалинностью, позволяющей проводить с ними опыты не в пресной воде, а в смеси с морской, где, как указывалось выше, токсический эффект значительно больше.

Как показали проведенные нами лабораторные испытания чувствительности дафний к различным ядам — солям тяжелых металлов в растворе или к ядам — выщелачиваемым из соответствующих противообрастающих покрытий, дафнии вполне могут служить объектом для биоконтроля, так как летальный эффект от действия ядов наступает у них лишь несколько позднее, чем у науплиальной стадии основного обрастателя — баянуса и почти на столько же времени раньше, чем у последующей и окончательной перед оседанием личиночной стадии баянуса — циприса.

Проверка чувствительности дафний к ядам, выщелачиваемым в морскую воду из готовых противообрастающих красок, производилась как со штатными, принятыми на флоте красками, так и с новыми, экспериментальными образцами.

Методика испытаний была такова. Маленькие кристаллизаторы или обрезанные плоскодонные пробирки диаметром и высотой в 2 см окрашивались с внутренней стороны (кроме дна, которое должно оставаться прозрачным) одним, а в случае жидкой краски — двумя слоями испытываемого состава. После подсушивания на воздухе в течение суток в эти склянки наливалось всегда одинаковое количество (6 см^3) смеси пресной ($\frac{2}{3}$) и морской ($\frac{1}{3}$ по объему) воды.* В зависимости от условий опыта, композиции краски, прочности и состава пленкообразующей основы применялись одно-, двух- и трехдневные настои.

В каждую склянку пипеткой вносилось с малым количеством воды 5 или 10 дафний одного вида по возможности одинаковых размеров, возраста и пола. Контролем служили настои тех же красок, в таких же склянках с неразбавленной морской водой, в которую помещались личинки баянусов. Степень токсичности краски устанавливалась по скорости отравления.

Результаты многократно повторенных опытов показали постоянные и довольно близкие сроки, в течение которых под действием тех или иных ядовитых настоев погибали опытные организмы. Во всех случаях чувствительность дафний оказалась в 2—3 раза больше, чем у науплиусов, и в 1,5—2 раза меньше, чем у циприсов.

Относительная эффективность красок устанавливалась путем сравнения скорости отравления опытных животных в настоях испытываемых составов и в таких же настоях, принятых на флоте противообрастающих красок. Таким эталлоном служили краски НИВК-2 и НИВК-2а (табл. 1).

Используя дафний в качестве индикаторов токсичности красок, нужно только иметь в виду, что на отравление дафний требуется в 1,5—2

*) Применяя эту методику в тех местах, где нет морской воды, приходится заменять ее раствором соли соответствующей концентрации.

раза меньше времени, чем на отравление последней личиночной стадии баянусов — циприса, обладающего наиболее высокой устойчивостью к ядам по сравнению с другими стадиями и даже с уже осевшим баянусом.

Длительность выживания науплиусов и циприсов баянусов и дафний в настоях красок НИВК-2 и НИВК-2а

Название краски	Науплиусы баянусов	Циприсы баянусов	Дафнии
НИВК-2	2 ч. 30 м. — 3 ч. 00 м.	7 ч. 00 м. — 9 ч. 00 м.	5 ч. 25 м. — 7 ч. 00 м.
НИВК-2а	2 ч. 00 м. — 2 ч. 30 м.	6 ч. 30 м. — 8 ч. 25 м.	5 ч. 00 м. — 6 ч. 30 м.

Таким образом, если при лабораторном биологическом испытании какой-то краски отравление дафний произойдет в течение 5—7 часов, токсичность данной краски будет соответствовать токсичности красок НИВК-2 и НИВК-2а.

Использование дафний в качестве объекта для биоконтроля токсичности красок может быть рекомендовано промышленности, изготавливающей противообрастающие лакокрасочные покрытия.

ЛИТЕРАТУРА

- Альберт Э., 1953. Избирательная токсичность. И. Л. Москва.
- Ваксман З. А., 1947. Антагонизм микробов и антибиотические вещества. И. Л. Москва.
- Егорова А. А., 1955. Применение гербисада в борьбе с зарослями тростника и его влияние на микроорганизмы и ихтиофауну. Вопросы ихтиологии, вып. 3.
- Калиненко В. О. и Мефедова Н. А., 1956. Бактериальное обрастание подводных частей корабля. Микробиология, т. XXV, вып. 2.
- Barnes H., 1948. Studies on Anti-Fouling Composition. Journ. of the Iron and Steel Inst.
- Grave C. A., and P. A. Nicoll., 1939. Studies of larval life and metamorphosis in *Ascidia nigra* and species of *Polyandrocarpa*. Papers Tortug. Lab. 32 (цит. по Miller M., 1946).
- Delbrück M., 1950. Interference between bacteriophage virus. III. The mutual exclusion effect and depressor effect. Journ. Bacter., vol. 50.
- Marine Fouling and its Prevention. 1952. Contrib. № 580 from Woods Hole Oceanogr. Inst.
- Miller M. A., 1946. Toxic effects of copper on attachment and growth of *Bugula neritina*. Biol. Bull. vol. 90, No 2.
- Prytherch H. F., 1934. The role of copper in the Setting, Metamorphosis and Distribution of the American Oyster, *Ostrea virginica*. Ecol. Monogr. 4, № 1.