

МОРСКИЕ ДРЕВОТОЧЦЫ В СССР И МЕРЫ БОРЬБЫ С НИМИ

И.Н. Ильин

Наряду с преимущественным употреблением стали и железобетона для гидротехнических сооружений и судов для их строительства нередко применяется древесина. Она сравнительно дешева, обладает хорошими строительными и эксплуатационными качествами, улучшающимися от пребывания в море. Древесина, насыщенная водой, не гниет и при отсутствии древоточцев сохраняется практически неограниченное время. Напомним что сталь в морской воде корродирует с большой скоростью (нередко более 1 мм/год), железобетонные сооружения разрушаются и выходят из строя иногда уже после 3-5 лет службы.

Особенно велика роль древесины в наших северных и дальневосточных морях¹⁾. Там гидротехническим сооружениям приходится выдерживать совместное действие морской воды, больших колебаний уровня моря, сопровождающихся многократными замерзанием и оттаиванием. Деревянные конструкции хорошо противостоят неблагоприятному воздействию этих факторов. При строительстве небольших сооружений и нередко в других случаях также целесообразно применение древесины. Оно резко снижает стоимость строительства (на 25-35%) по сравнению с употреблением железобетона и стали, даже если древесина защищена от древоточцев [11]. Древесина - один из основных материалов для строительства небольших судов.

Но конструкции и сооружения из древесины во многих районах Мирового океана разрушаются вредными организмами. Среди них наибольшее значение имеют древоточащие моллюски и ракообразные. Моллюски представлены семействами *Teredinidae* - свайные, или корабельные, "черви" (14 родов) - и *Pholadidae* (6 родов). Большинство видов терединид и один род фоладид *Xylophaga* (ксилофага)²⁾ - вредители древесины. Среди ракообразных наиболее вредоносны представители родов *Limnoria* и *Pagalimnoria* (лимнория) семейства *Limnoriidae*, *Chelura* (хелюра) семейства *Cheluridae* [17, 18, 26, 31, 37, 47, 58, 60].

1. Некоторые особенности биологии морских древоточцев

Древоточащие моллюски и ракообразные резко отличаются по своей биологии и особенностям вредоносной деятельности.

Древоточцы-моллюски сверлят в древесине "ходы", питаются ею и сестоном. Ходы сверлятся с помощью небольшой раковины из двух зубчатых створок, покрывающих переднюю часть червеобразного тела животных. На заднем конце оно имеет две трубки -

сифоны (втягивающий и выпускающий воду) и две известковые пластинки, могущие закрывать ход животного.

В теле самок терединид из яиц развиваются личинки, которые затем попадают в воду. На последней стадии своего развития они оседают на древесину. Осевшие личинки превращаются в червовидных животных, достигающих в наших водах длины 76 см, в тропиках - 180 см. Размерам животных соответствуют их ходы [31 и др.]. Терединиды не переходят из одного изолированного (металлом, пластмассой, водой и др.) элемента конструкции в другой.

Скорость разрушения древесины моллюсками очень велика. Так, свайное основание причала может быть приведено терединидами в негодность за 2-3 летних месяца.

Древоточцы-ракообразные, подобно моллюскам, сверлят в древесине ходы, питаются ею и мицелием грибов, живущих на древесине. Важнейшее значение среди них имеет лимнория - древоточец длиной менее 1 см.

Самки лимнории вынашивают до нескольких десятков яиц. Вышедшие из них молодые животные сверлят древесину, начиная от родительского хода. Диаметр ходов - миллиметры, длина - обычно менее 10 см. Они, как правило, располагаются не глубже 1-2 сантиметров от поверхности древесины.

Скорость разрушения лимнорией древесины сравнительно невелика и, вероятно, не превышает 2 см в год.

2. Методики исследований

Соответственно особенностям биологии моллюсков и ракообразных заметно отличаются и методики изучения этих древоточцев.

При исследовании повреждений моллюсками-древоточцами обшивки судов обычно отмечают время и процент ее разрушения.

Для характеристики повреждений тередо гидротехнических сооружений Ф. Рох (цит. по [31]) предложил балльную оценку еловых и сосновых свай диаметром 25 см: 1 балл - тередо встречается единично в немногих местах; 2 балла - чаще реальный вред отсутствует; 3 балла - необходима смена свай через 10-20 лет; 4 балла - то же через 5-10 лет; 5 баллов - то же через 2-5 лет; 6 баллов - то же ежегодно³⁾. Но эта оценка не очень объективна, неудобна и явно недостаточна. Поэтому предпринимались многочисленные попытки разработать более объективные и удобные для сопоставлений повреждений методики. Достаточно корректные результаты можно получить, распиливая подводные конструкции через 1 м и чаще. На распиле подсчитывают количество ходов моллюсков, нередко также измеряя диаметр ходов. Иногда выпиливают образцы древесины с

включением ходов этих вредителей целиком. Хороший метод (особенно для сравнения) - подсчет числа входных отверстий и ходов моллюсков на единицу площади субстрата. Десяткам ходов на распиле сваи грубо соответствуют (в зависимости от ее диаметра и возраста тередо) десятые или даже сотые доли числа оседаний тередо на 1 см^2 [4, 26, 31 и др.].

Удобен и прост учет потери массы образцов древесины из-за повреждения ее древоточцами. Был предложен [3] также способ определения временного сопротивления древесины при сжатии. Довольно употребительны методы рентгеноскопии и рентгенографии. Достоинства и недостатки всех этих методов очевидны.

При изучении древоточцев-ракообразных, в противоположность моллюскам, обычно достаточно выпиливать образцы около $3 \times 15 \times 20$ см с сучками. Образцы берут, начиная от уровня максимального прилива до грунта (наши данные). При этом учитывают уменьшение толщины исследуемой древесины⁴) (у свай - "потерю диаметра"), толщину поврежденного слоя ("губки"), процент площади древесины, поврежденной древоточцами, плотность животных, иногда - потерю массы образцов (аналогично исследованиям моллюсков-древоточцев).

Большое распространение при изучении древоточцев получил метод "ловчих снарядов" (деревянные кубики или пластины) с многочисленными модификациями. Так, например, для годовых наблюдений в одном пункте изготавливают не менее 17 пластин из еловой или сосновой древесины размером около $4 \times 15 \times 25$ см (нередко размеры иные). Пластины устанавливают на глубине не менее 2 м при расстоянии от нижней поверхности льда не менее 1,5 м. Их устанавливают 30 (31 числа) каждого месяца и снимают через месяц, ставя на то же место новую пластину. В апреле и июле устанавливают дополнительные пластины, снимаемые в октябре. При потере пластины сразу же устанавливают запасную, снимаемую в установленное время [4, 26, 28 и др.].

Нередко в изучаемых акваториях забивают экспериментальные ("опытные") сваи, извлекаемые для исследования через определенное время.

Для изучения экологии лимнии мы устанавливали еловые или сосновые доски толщиной и шириной около 3×20 см. Длина досок - от 0 м глубины до дна. Одна пара досок ставится на год, другие - аналогично пластинам - заменяются ежемесячно или при утере. П.И. Рябчиковым (устное сообщение) было разработано (видимо, в 1940-1950 гг.) приспособление для сбора и изучения в живом виде моллюсков-древоточцев. Оно состоит из пачки шпона, зажатой болтами между пластинами из оргстекла. Подобный прибор был предложен и D.M. Manyak [45]. Для визуального наблюдения за древоточцами без нарушения их жизнедеятельности нами предложено [21] вместо шпона использовать

спрессованные листы целлофана общей толщиной около 2 см.

При исследованиях средств защиты и борьбы с древоточцами методики должны предусматривать некоторые обязательные условия. Эти исследования должны проводиться в местах с максимальной вредоносностью древоточцев изучаемых видов. Необходима полная сопоставимость экспериментальных и контрольных образцов. Должна быть предусмотрена возможность экстраполяции полученных данных для других условий. Должна быть учтена также необходимость прогноза действия изучаемых средств в течение многих лет при временной ограниченности контрольных исследований. Кстати, неплохое ускоренное определение срока действия биоцидов - использование опилок древесины, предварительно пропитанных ими [46]. Опилки на несколько дней помещаются в проточную морскую воду, что равно годам эксплуатации древесины. Затем они спрессовываются и экспонируются в море для установления срока действия биоцида.

3. Распространение и вредоносность морских древоточцев

Морские древоточащие моллюски и ракообразные встречаются от Арктики до Антарктики, от поверхности воды до глубин в сотни и тысячи метров. Рассмотрим их распространение в морях СССР.

3.1. Балтийское море

В Балтийском море в его западной части отмечены *Teredo navalis* и *Limnoria lignorum*. В советских водах моря древоточцы отсутствуют [17, 26, 55 и др.].

3.2. Баренцево море

В Баренцевом море моллюски-древоточцы, как правило, не живут. Правда, в плавнике встречают терединид *Psiloteredo megotara* и *Nototeredo norvegica* и фолладиду *Xylophaga dorsalis*. Повреждения моллюсками обшивки судов в Баренцевом море мало вероятны, но в Норвежском - нередки [26].

Отмечено несколько случаев нахождения в стационарных конструкциях моря ходов моллюсков: в Кольском заливе, Тюва-губе, Дальне-Зеленецкой губе, у п-ова Рыбачий. Отмечали лишь отдельные ходы на глубине от 0 до 7 м диаметром 5-12 мм, достигающих длины 20-40 см. Однажды на куске сваи было обнаружено много небольших ходов длиной до 4 см (в среднем 4 хода на 1 см²) [2, 13, 26, наши данные]. Ни одного случая выхода из строя гидротехнических сооружений в море по вине древоточцев-моллюсков не обнаружено. Правда, описано сильное повреждение *P. megotara* бревен (средний диаметр 15 см) плота в Дальне-Зеленецкой губе. Число ходов (длиной 10-25 см и диаметром 8-11 мм) моллюсков на распиле было около 120 [2]. Видимо, в Баренцевом море наиболее вероятно нападение на стационарную древесину именно *P. megotara*.

Древооточцы-ракообразные, представленные в Баренцевом море *Limnoria lignorum* и *L. borealis* [14, 26, 43], могут наносить гидротехническим сооружениям моря серьезные повреждения. Лимнория встречается постоянно и повсеместно в прибрежье Кольского полуострова, от п-ова Рыбачий и до мыса Святой Нос. Восточнее в море она не обнаружена.

В разных акваториях моря и в разные годы отмечены большие различия в скорости разрушения ею конструкций (табл. I). В Кольском заливе, где проведены наиболее детальные исследования, в 50-60 годах 20 века значительно усилилась вредоносная деятельность лимнории. Наблюдается увеличение скорости разрушения ею древесины в заливе по направлению с юга на север. Наибольшие повреждения мы обнаружили в придонной зоне шириной обычно 10-80 см на глубине 20-150 см выше дна. Максимальная скорость разрушения лимнорией древесины в море близка к 1 см/год.

3.3. Белое море

В Белом море древооточащие моллюски отсутствуют. Лимнория встречается значительно реже, чем в Баренцевом море. Правда, ее распространение исследовали, в основном, в Кандалакшском заливе и у г. Кемь. Найдена она почти исключительно в затонувшей древесине и ограничена в своем распространении по вертикали зоной в несколько метров ниже 4,5 м глубины [26 и др.]. Максимальная скорость разрушения вредителем древесины в Кандалакшском заливе, видимо, несколько превышает 0,1 мм/год.

Таблица I. Разрушение лимнорией древесины в Баренцевом море

| Акватория | Срок службы свай, годы ¹⁾ | Глубина установки свай, м | Максимальная среднегодовая скорость разрушения свай, мм/год ²⁾ |
|--------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|---|
| Дальне-Зеленецкая губа | 1947-1967 | ~ 1 | 0,8 |
| Мурманский рыбный порт | 1930-1965 | 1,3-4,5 | отдельные ходы |
| Мурманский торговый порт | 1934-1965 | 4,5 | 2,0 |
| Средняя часть Кольского залива | 1949-1967 | 7,4 | 3,0 |

| | | | |
|-----------|-----------|-----|------------------------------------|
| Тюва-губа | 1934-1965 | ~ 5 | больше 5 (около 8? ³⁾) |
|-----------|-----------|-----|------------------------------------|

¹⁾ первые цифры - годы забивки, вторые - годы осмотра; ²⁾ включая губчатый слой; ³⁾ сваи диаметром более 25 см переделаны полностью.

3.4. Тихий океан

В Беринговом море морские древоточцы в советских водах не найдены. Южнее Берингова моря (у Камчатки и северных Курильских островов) не обнаружены моллюски-древоточцы. В южной части рассматриваемой акватории (на тихоокеанском побережье островов Итуруп, Кунашир и Шикотан) встречена *Bankia setacea*. Банкия там нападает на сваи не каждый год, и они служат более 10 лет [26].

Ракообразные древоточцы найдены во многих местах рассматриваемого района. Так, в Авачинской губе в 1939 г обнаружили слабое повреждение свай лимнией (*L. lignorum* и *L. borealis*). Но к середине 50 гг. 20 века сваи, прослужившие 25 лет, сохранили только треть своего первоначального диаметра, т.е. максимальная среднегодовая скорость их разрушения превышала 3-4 мм/год [26, 43, 57]. Лимния часто встречается и на тихоокеанской стороне Курильских островов [26].

3.5. Охотское море

В Охотском море встречены и древоточащие моллюски, и ракообразные. Многие районы моря в отношении древоточцев не исследованы.

В южной части моря (более полно изученной), на о-ве Сахалин (поселок Восточный) обнаружена *Bankia setacea*: в среднем 2,5 хода на 1 дм² деревянного образца. Заметного вреда там она не причиняет [26].

Северная часть моря считалась свободной от древоточцев. Правда, в Усть-Большерецке в 1938-1939 гг. было найдено много *L. borealis* в кусках древесины, поврежденной банкией [43]. Но в 1951 г в бухте Нагаево было обнаружено поселение крупной лимнии - *Limnoria magadanensis*, вместе с которой встречена *L. lignorum*. [21]. Через 3 года лимния привела там в аварийное состояние ряжевые конструкции причала. Скорость разрушения древесины превышала 1 см/год. Разрушению подверглись конструкции в зоне от дна и выше на 5-6 м [26].

В средней части моря лимния не встречена. Лишь на о. Сахалине (поселок Восточный) обнаружены на экспериментальных блоках единичные особи *L. lignorum*. Она отмечена, по крайней мере, на одном из Курильских островов (о. Итуруп) [26].

3.6. Японское море

Японское море занимает второе место среди морей Советского Союза по степени его изученности, так и по заселенности древоточцами и их вредоносности [26].

Там встречено два вида моллюсков-древоточцев: *Bankia setacea* и *Teredo navalis*. Количественное распространение этих древоточцев в море и степень повреждения ими древесины отличаются очень большим разнообразием. Например, в Советской Гавани и в порту Александровске сваи могут быть выведены из строя банкией на втором году их службы, в порту Де-Кастри - на третьем году. Кстати, следует учитывать, что банкия - крупнейший вид древоточцев, обитающих в наших водах, имеет объем хода в 8-10 раз больше объема хода тередо соответствующего возраста. Наибольшие повреждения банкией (при длине ее ходов до 62 см) в Советской Гавани отмечены на глубине около 4 м у дна и ниже грунта. Зона повреждения - менее 1 м. В Александровске серьезные повреждения начинались с глубины около 1,5 м. На этой глубине П.К.Божичем [4] на свае, простоявшей 2 года, было отмечено 58 ходов, а у дна (2 м) - 126 ходов банкии. Во многих местах западного побережья о. Сахалина повреждения банкии малы или не найдены вследствие того, что обследованные сооружения расположены там на небольшой глубине. В то же время вблизи них регулярно, хотя и не каждый год, появляются в большом количестве личинки банкии. Южнее Невельска обрушился причал, построенный за год до этого. В его сваях ходы банкии длиной до 60 см занимали до 70% сечения. Количество древоточцев увеличивалось по направлению ко дну. В бухте Тетюхе до глубины 2 м повреждения банкией малы. В части залива Ольги банкия может разрушить сваи за один сезон. В заливе Валентин отмечено большое оседание личинок банкии: 0,6 экз./см² [26]. Южнее этого залива банкия постепенно уступает место *T. navalis*, который господствует в южных районах советских вод моря. В бухте Преображения тередо и банкия в большом количестве не появляются [26].

Рассмотрим несколько подробнее распределение и вредоносность терединид в детально исследованном заливе Петра Великого. Лишь в 8 местах залива отмечена банкия [26, наши данные]. По степени оседания личинок тередо (табл. 2) и причиняемым им разрушениям залив резко делится на восточную и западную части: Уссурийский и Амурский заливы с входящими в них и прилегающими к ним соответственно с востока и запада небольшими заливами и бухтами. В восточной части преобладает тередо, хотя банкия еще кое-где имеет значение. Личинки тередо оседают в небольшом количестве, но их постоянное присутствие приводит в отдельные годы к массовому размножению древоточцев и быстрому разрушению гидротехнических конструкций и судов. Обычно же скорость разрушения свай велика лишь в некоторых местах. Так, в бухте Разбойник пристань была выведена из строя менее чем за полгода. В то же время в бухте Америка

сваи служили около 3-5 лет [26].

В западной части залива Петра Великого количество тередо резко возрастает (см. табл. 2), скорость разрушения ими древесины обычно очень велика (банки почти полностью отсутствуют). Важнейшее исключение из этого - бухта Золотой Рог, а также бухта Троица, где сваи служили 5 лет [26]. Однако во Владивостокском порту на опытных образцах, экспонируемых в июле-сентябре 1933 г, отмечали до 15 входных отверстий тередо на 1 см². Количество его ходов на глубине 2 м при распиле свай, простоявших 3 года, достигало 278 [4]. В остальных заливах и бухтах рассматриваемой акватории деревянные гидротехнические сооружения обычно разрушались тередо за 1-2 года, обшивка судов - за один сезон [26] .

Лимнория в Японском море, представленная *L.lignorum*, *L. borealis*, *L. tagadanensis*, встречается повсеместно, но ее вредоносная деятельность обычно маскируется

Таблица 2. Оседание *T. navalis* на древесину в заливе Петра Великого (по [26])

| Акватория | Количество личинок, осевших на 1 см ² за тёплый сезон | Акватория | Количество личинок, осевших на 1 см ² за тёплый сезон |
|------------------------|--|----------------|--|
| Восточная часть залива | 0,1-1,0 | Бухта Троица | 0,4 |
| Бухта Алексеева | 3 | Залив Посьет | 12 |
| Бухта Золотой Рог | 11 | Бухта Постовая | 35 |
| Бухта Песчаная | 14 | Бухта Пемзовая | 7 |
| Бухта Нерпа | 16 | | |

разрушением древесины терединидами. Лимнория отмечена в большом количестве в портах Де-Кастри, Александровск, Углегорск, Невельск, в бухтах Козьмина и Тафуин, обнаружена в бухте Советская Гавань, порту Холмск, бухтах Тетюхе, Валентин, заливе Ольги, бухтах Находка, Золотой Рог, Песчаная, Нерпа, Постовая, Пемзовая, Рязанова. Иногда лимнория играет значительную роль в разрушении древесины. Так, в заливе Де-Кастри вредитель меньше чем за год превратил в губчатую массу слой древесины до 1 см. Во Владивостокском порту в 30 гг. 20 века скорость разрушения лимнорией свай одного из причалов достигала 1,4 см/год [26].

3.7. Каспийское море

В Аральском и Каспийском морях древоточцы отсутствуют. Однако в средней и южной частях Каспийского моря возможно обитание *T. navalis*, как показали опыты с его выживанием в каспийской воде [17].

3.8. Азовское море

В Азовском море морских древоточцев не находили до 50 гг. 20 века. Впервые они появились в море не позже 1957 г (исследования проводили в 1954, 1958-1964, 1966 гг.), вначале у южного, а затем у северного и западного побережий. В 1966 г они не были обнаружены. Древоточцы были представлены в море почти исключительно *T. navalis*. В небольшом количестве и только у Мысовой (вблизи Керченского пролива) найден *Lyrodus pedicellatus* [27-29, наши данные].

Рассмотрим данные о *T. navalis* в море, начиная с южного побережья. В Мысовой иногда отмечали его единичные ходы на распиле свай и небольшое число (менее 1 на 1 дм² в июне-сентябре 1961 г) входных отверстий на их поверхности [28, 29].

Наибольшие повреждения тередо у южного побережья отмечены у Мысовой. В свае ставного невода было до 49 ходов на 1 дм² распила, в свае причала - до 63 ходов. Длина последних достигала 48 см. Сильные повреждения наблюдали от поверхности воды до дна (4-5 м). Часть свай, эксплуатируемых 3-5 лет, приведена в полную негодность [28].

Восточнее Керченского пролива в Кучугурах на сваях причала диаметром 18-19 см в слое воды 0,5-1,0 м отмечено до 55 ходов тередо на 1 дм² распила. Ходы были длиной до 33 см. В июле 1960 г на 1 дм² в среднем найдено семь входных отверстий моллюска [28].

В Голубицкой повреждения тередо отмечали менее часто, чем в Кучугурах. Количество его ходов достигало 5 на 1 дм² распила сосновой сваи (диаметр - 17,5 см), эксплуатируемой не менее 5 лет. Длина ходов моллюска - до 21 см [27].

Восточное побережье и восточная часть северного побережья моря до Бердянска были свободны от древоточцев [29, наши данные].

В Бердянском торговом порту были сильно повреждены (вплоть до полного разрушения) многие сваи, установленные в конце 19-начале 20 веков. Наибольшие повреждения свай причалов в Бердянске и западнее отмечали в 1960-1961 гг. После 1963 г нет данных о нахождении живых тередо в море. На деревянных кубиках, экспонированных в Бердянском порту в июне-сентябре 1962 г на глубине около 3 м, число входных отверстий тередо достигало 156 на 1 дм². В 1963 г в среднем было найдено всего одно входное отверстие на 1 дм², в 1964 г они отсутствовали [29]. Наибольшие повреждения в Бердянском торговом порту наблюдали около грунта. Так, на распилах шпунтовых свай отмечено в 1966 г до 110 ходов на 1 дм² на глубине около 1,4 м, у поверхности воды - менее двух ходов на 1 дм². Длина ходов превышала 20 см, но точно не

установлена [наши данные].

Обширные исследования морских древоточцев производили в Обиточном заливе моря (табл. 3). В Центральном⁵⁾ в сваях причала нами обнаружено до 11 ходов тередо на 1 дм² распила. Число входных отверстий на рейках, экспонированных в июле-сентябре 1963 г на глубине 2,5 м, достигало 135 на 1 дм² [29].

В Райновке в сваях причала число ходов тередо превышало 100 на 1 дм² распила. В Чкалово и Степановке количество ходов и входных отверстий моллюска было близко к этим показателям в Центральном (см. табл. 3).

На северном побережье моря впервые повреждения свай тередо, видимо, осевших в 1960 г, были отмечены в Кирилловке (Утлюкский лиман) [28]. Максимальная длина их ходов - 25 см, диаметр - 1 см, число входных отверстий - 420 на 1 дм² (см. табл. 3). Наибольшие повреждения обнаружены в слое воды 3,0-3,5 м при глубине 3,5-4,0 м [29].

В Геническе на сколах и распилах двух свай причала рыбоконсервного завода, поставленных в 1912 г (1933-1934 гг.?), ходы тередо отмечены нами около поверхности воды и у грунта (глубина 2 м) - несколько ходов на 1 дм².

В Геническом торговом порту на сколах свай, установленной до 1955 г на глубине 1,3 м, нами обнаружены ходы тередо. Их число достигало в слое воды 0,5-1,3 м нескольких ходов на 1 дм².

Тередо проник и в Сиваш (см. табл. 3). В проливе Тонкий, соединяющем Сиваш с Азовским морем, в сваях старого железнодорожного моста (глубина 4-5 м) найдены повреждения тередо. На глубине около 1,5 м количество ходов на распилах свай превышало два на 1 дм². Северо-западнее пос. Счастливцево (Арабатская стрелка) на глубине менее 1 м в частях свай бывшего причала обнаружены остатки нескольких ходов тередо. Скорее всего, сваи были повреждены на месте их обнаружения (наши данные).

Таблица 3. Характеристика поврежденных тередо свай причалов в Азовском море (1966 г)

| Пункт | Максимальное число ходов на 1 дм ² распила | Максимальная длина ходов, см | Максимальное количество входных отверстий ¹⁾ на 1 дм ² |
|-----------------------|---|------------------------------|--|
| Обиточный залив: | 11 | - | 135 |
| Центральный | больше 100 | - | - |
| Райновка | около 8 | - | 110 |
| Чкалово Степановка | больше 10 | 20 | 190 |

| | | | |
|--|----------|------------------------|-----|
| Утлюковский лиман: Кириловка | - | 25 | 420 |
| Сиваш: пролив Тонкий вблизи Счасливцево | больше 2 | - | - |
| | - | 2-3 (остатки ходов) | - |
| Арабатский залив: Соляное | около 3 | 30 | - |

¹⁾ данные 1961-1963 гг. [29]

В Соляном (Арабатский залив) в 1960 г повреждений тередо не найдено [28]. В 1966 г в сваях причала нами обнаружено на распилах около трех ходов тередо (длиной до 30 см) на I дм².

3.9. Черное море

В Черном море (по сравнению с другими морями Советского Союза) морские древоточцы наиболее широко распространены и вредоносны. Вместе с тем там они неплохо изучены.

В море отмечены терединиды *T. navalis*, *T. utriculus*, *Lyrodus pedicellatus*. Второй вид несколько крупнее первого и значительно реже встречается. Третий вид очень редок [25, 26].

Количество терединид и их вредоносность часто резко различны в разных пунктах моря, нередко близко расположенных один от другого. Однако, если рассматривать скорость разрушения древесины древоточцами, начиная с северо-западной части моря (где эта скорость наименьшая) и далее на восток и юг, наблюдается определенная закономерность - возрастание (несмотря на многие исключения) этого показателя [26].

В гирле Днестровского лимана в 1952 г исследовали сваи моста, построенного в 1939-1940 гг. Были найдены, в частности, единичные "мелкие" ходы в придонной зоне. Вероятно, это нападение тередо произошло в самом начале службы свай. В 1951-1952 гг. на участке побережья от Днестровского лимана (возможно, и от устья Дуная) до Днепро-Бугского лимана наблюдалось массовое, необычное для этого района, появление *T. navalis*, сопровождающееся катастрофическими повреждениями ими древесины. Соответственно этому в исследованных сваях личинки тередо в 1951 г осели в большом количестве почти от поверхности воды до дна (около 4,5 м). Число ходов (длиной до 18 см и диаметром до 9 мм) тередо на распилах свай на глубине около 0,8 м достигало 30, а у грунта - 400 [26].

В Одесском порту с начала 19 в. и до 1951 г древоточцы причиняли лишь незначительные повреждения. Тередо (преимущественно *T. navalis*) встречался там постоянно, но в малом количестве [26] . В конце 19 в. считали (Нюберг, 1915, цит. по: [26]), что сваи в порту могут служить не менее 40 лет. Летом 1931 г на деревянные кубики (глубина 6 м) в порту осели тередо в количестве до 11 экз./дм². На поверхности сваи, эксплуатируемой летом 1933 г, было найдено всего 6 ходов тередо в верхней ее части (Жуков, 1934, цит. по: [26]). При обследовании в 1937-1938 гг. свай Одесского судоремонтного завода, простоявших в воде от 37 до 53 лет, насчитали от 15 до 100 ходов и более на одной свае. В 1951 г в Одесском порту произошло массовое нападение тередо на сваи. Летом 1952 г обнаружили сильные повреждения в слое воды 5-9 м сваи, забитой в 1947 г на глубине 9 м. Наибольшие повреждения отмечены у дна [26].

В Григорьевске летом 1951 г также произошло массовое нападение тередо. (Раньше там отмечали по крайней мере одно слабое нападение вредителя.) Бревна молов и сваи ставных неводов были выведены из строя за один сезон. Отмечено необычное вертикальное распределение ходов тередо в свае причала: наибольшее их количество обнаружено не у дна, а ближе к поверхности воды. Кстати, бревна молов, поврежденные тередо, из-за недостатка места прекративших сверление, также находились в поверхностном (1 м и выше) слое воды. На двух сваях, поставленных в мае и в июле 1951 г, тех же молов в июне 1952 г обнаружено на распилах 20-23 хода на глубине 0,2 и 0,5 м и 202-293 хода у дна на глубине 1,5 и 1,7 м. Длина ходов достигала 12-15 см [26].

У Сычевки и Очакова сваи ставных неводов в 1951 г также были повреждены тередо: у Сычевки - только в узкой придонной части, а у Очакова - очень незначительно [26] .

В Скадовске и Хорлах тередо отсутствует.

Он неоднократно отмечался в Межводном и Черноморском, но его деятельность там, соответственно небольшой численности, незначительна. Так, в Черноморском число осевших за теплый сезон тередо в среднем всего 0,2 экз./см² [26] .

В Евпатории этот показатель в 10 раз больше. Там деревянные сваи служат 3-5 лет, иногда дольше [26 и др.]. На распилах у дна сваи, экспонированной в июне-ноябре 1934 г, обнаружено 54 хода тередо [4] (табл. 4).

Таблица 4. Количество ходов тередо на распилах свай у грунта в портах
Черного моря (по [4])

| Порт | Экспозиция, месяц и год | Глубина, м | Количество ходов |
|-----------|-------------------------|------------|------------------|
| Евпатория | 1.06.-1.12.1934 | более 3 | 54 |

| | | | |
|--------------|----------------------|-----------|--------------------|
| Севастополь | 1931 | 4 | полностью источена |
| Ялта | 3.05.-11.12.1932 | 5 | 257 |
| Феодосия | 23.04.1931-7.03.1932 | более 5 | множество |
| Новороссийск | 15.06.-28.12.1934 | 1-более 3 | множество |

В Севастополе сваи могут быть выведены из строя за 1-2 года. Тередо на древесину оседает там в количестве 10 экз./см² за теплый сезон. Несколько больше этот показатель в Ялте - 13, в Феодосии же - всего 2 экз./см² [26]. В сваях, простоявших в этих портах менее года, насчитывали на распилах сотни ходов тередо с максимальным их количеством у дна [4] .

Переходную зону к обычно лишенному древоточцев Азовскому морю представляет Керченский пролив. В Тамани и даже в Аршинцево с тередо все еще приходится практически считаться, несмотря на то, что рассматриваемый показатель там невелик - 0,8 и 0,1 экз./см² соответственно. Севернее количество тередо еще меньше: в Керченском порту в среднем оседает 0,04 экз./см² [26].

Южнее Керченского пролива до Турции количество тередо - наибольшее в море, показатель оседания также наибольший, деревянные сваи диаметром 25-30 см выводятся из строя за 1-2 года [26] .

На участке побережья от Анапы до Федотовки число ходов тередо на распилах свай (глубина 7,5-11,5 м) диаметром 10-15 см обычно было в пределах 10-50 на 1 дм², редко несколько меньше или больше. Сваи ставных неводов в открытых водах рассматриваемого района разрушались тередо за один-два теплых сезона, что свидетельствует о большом количестве этих вредителей. Однако численность тередо в портовых водах района в десятки и сотни раз больше. В Анапе, например, средняя численность осевших за теплый сезон тередо 21 экз./см² [26].

Новороссийский порт обладает наибольшей на Черном море (катастрофической) степенью разрушения древесины морскими древоточцами. В порту господствует *T.navalis*, количество которого максимально для Чёрного моря. За теплый сезон там оседает на 1 см² 68 личинок тередо. В Новороссийской бухте сваи ставных неводов, лишенные коры, как правило, приводятся тередо в полную негодность за один теплый сезон. Деревянные сваи в порту разрушаются моллюсками иногда также менее чем за год. Интенсивность повреждений часто была приблизительно одинаковой от поверхности воды до дна (9-10 м). Число ходов на распиле свай нередко больше у дна, где достигало 154 на 1 дм² [26].

Находящийся в нескольких милях от Новороссийской бухты Геленджикский порт резко отличается от нее по вредоносности древоточцев, так же как и от других портов

кавказского побережья. Численность тередо, оседающих в бухте за теплый сезон, мала, в среднем 2,8 экз./см². Количество моллюсков-вредителей, представленных там *T. navalis* и *T. utriculus*, невелико. Деревянные сваи диаметром 25 см служат в бухте 5-6 лет и более [26].

В открытых водах юго-восточнее Геленджика (Ново-Михайловское, Ольгинка, Лазаревское, Чемитаквадзе, Головинка, Лоо) до Гагры встречен только *T. navalis*, наносящий очень большие повреждения, усиливающиеся по направлению к югу. Так, в Лоо грабовая свая (без коры) диаметром 12 см, поставленная в апреле 1953 г, развалилась на куски к середине августа. Количество ходов на распилах свай ставных неводов (видимо, диаметром 10-15 см - И.И.) обычно было 100-150 и только на глубине 0,5-1,0 м снижалось до 10-15 [26].

В Туапсе, Гагре, Сухуми и Батуми моллюски-древоточцы представлены *T. navalis*, приносящим очень большой ущерб. Показатели оседания его личинок в этих портах - 20, 23, 14, 69 экз./см² соответственно. Сваи диаметром 25-30 см разрушаются там за I год [26].

Из древоточцев-ракообразных в море (хотя далеко не всюду) встречены *L. tuberculata* и значительно реже *Chelura terebrans* [17, 26, 43 и др.]. Ущерб от них обычно маскируется деятельностью тередо и, как правило, меньше, чем причиняемый последним.

На участке от Днестровского до Днепро-Бугского лимана ни лимнорию, ни хелюру не встречали [26].

Далее по побережью, начиная от Джарылгачского залива до севастопольских бухт (Скадовск, Портовое, Хорлы, Межводное, Черноморское. Евпатория, Севастополь) количество лимнории велико или очень велико. В Евпатории и Севастополе обнаружена хелюра, причем в Евпатории ее количество в свае в несколько раз превышало количество лимнории. Диаметр этой сваи, источенной главным образом ракообразными (в основном лимнорией), за 12 лет уменьшился почти в 2 раза [26]. Там же они повредили опытный образец на глубину 4 мм, а в Севастополе - на глубину 8 мм [4].

Лимнория встречена в Ялте, Алуште, Феодосии и единично даже в Тамани, хелюра - в Ялте и Феодосии. В Феодосии в 1931-1933 гг. ракообразные повредили за год опытные образцы на глубину 5 мм. Севернее, в Азовском море, ракообразные древоточцы отсутствуют [26 и др.].

Лимнория обнаружена в Анапе, Федотовке, Новороссийске, Геленджике, Туапсе, Поти, Батуми, хелюра - в Анапе, Новороссийске, Геленджике, Туапсе. В Новороссийской бухте простоявшие много лет сваи были довольно сильно повреждены лимнорией и слабо - тередо. В Геленджике лимнория обитает в большом количестве и почти всегда вместе с хелюрой [26]. В Туапсе ракообразные за июнь-декабрь повреждали древесину на глубину

до 5 мм [4].

4. Факторы, определяющие вредоносность древоточцев

4.1. Глубина

Как мы уже упоминали, вредоносность или само наличие древоточцев часто связано с определенной глубиной. Но эта связь, надо полагать, не непосредственная. Многие виды древоточцев неоднократно находили от литорали до глубин в сотни, а иногда и в тысячи метров. Нередко терединиды прогрызают ходы в древесине, находящейся на десятки сантиметров ниже грунта. Глубина может обуславливать соответствующие температуру, соленость, загрязнение вод, наконец, просто наличие подходящего для поселения вредителей субстрата (см. ниже).

4.2. Температура воды

Один из важнейших факторов для древоточцев, определяющий их видовой состав, период поселения животных, скорость разрушения ими древесины и др. Так, как правило, отсутствие тередо в Баренцевом море обычно объяснимо низкой для него температурой воды. Отмеченные выше случаи поселения тередо в стационарной древесине, надо полагать, происходили в периоды кратковременного повышения температуры. Показательно в этом отношении нахождение *P. megotara* в Дальне-Зеленецкой губе. В Норвегии его личинки оседают при среднемесячной температуре воды несколько ниже 10°C. В период их предполагаемого оседания в губе она была выше средней за предыдущие 10 лет на 1-2°. Дальнейшее развитие животных происходило при более низкой температуре воды [2, 17 и др.] . Температура около 10°C (как и 30°) летальна для личинок *T. navalis*.

Распределение терединид в Японском море также часто обусловлено температурой. *B. setacea* - более холодноводная, чем *T. navalis* - занимает северную часть моря. (Размножение банкии наблюдали при 7-12°C, а тередо - выше 19°.) Распространение и вредоносность тередо в южной части советских вод Японского моря, в свою очередь, зависят от большего или меньшего поступления в конкретную акваторию холодных вод и дальнейшего их прогрева [26].

Вероятно, и значительно большее количество терединид в поверхностных слоях воды у Швеции определяется их большим прогревом. Там Е. Norman [49] на глубинах 0 и I, 1-2 и 10 м отмечала 37 и 91, 0,03 и 8 экз./дм² *P. megotara* и *T. navalis* соответственно.

Низкой температурой обусловлено и отсутствие лимнории в Белом море, видимо, глубже 10-20 м [26 и др.]. *L. lignorum* при температуре 3-4°C погибает, созревание ее яиц происходит при температуре не ниже 10° (см. [17]). В бухте Тетюхе (Японское море)

лимнория погибла в поверхностном слое воды из-за низкой зимней температуры. Перед этим она причинила сильные повреждения свае [26]. Лимнория погибает также, если температура долгое время превышает 20°C (Becker, 1954, цит. по [35]).

4.3. Соленость

Этот важнейший фактор часто обуславливает в советских водах распространение и вредоносность древоточцев. Низкая соленость (наряду с температурой) - основное препятствие для заселения ими древесины восточнее Новой Земли. Именно опреснение определило сравнительно небольшие повреждения терединидами деревянных конструкций в поверхностных слоях воды во многих акваториях Японского моря. При строительстве на больших глубинах следует ожидать серьезных повреждений [26] . Напомним, что *V. setacea* убивает соленость 7‰, а *T. navalis* чувствует себя нормально при солености воды не ниже 11-12‰. [17, 26 и др.]. Подобно этому, появления *T. navalis* в Азовском море (см. выше) стало возможным вследствие небольших (1-2‰.) периодических повышений солености воды до 11,5 ‰ и более. Последующие снижения солености губительно на тереде не действовали, так как взрослые животные переносят ее колебания от 8 до 40 ‰ неограниченное время [17, 26 и др.]. Аналогично Японскому морю сваи на северном побережье Азовского моря значительно больше подвергались нападению тереде вблизи дна, где находились воды повышенной солености. Редким повышением солености обусловлено и массовое появление *T. navalis* в северо-западной части Черного моря в 1951 г, где он нанес наибольший вред опять-таки в придонной зоне [26 и др.].

Моллюски-древоточцы, находящиеся в ходах, могут значительное время выдерживать пребывание даже в пресной воде. Так, отдельные особи *T. navalis* выдерживали опреснение до 3 недель. При очень низкой (0-5°C) и высокой (25-30°C) температуре все животные погибали значительно быстрее: на 8-й и 3-й день соответственно [16].

Лимнория (вероятно, *L. lignorum*. - И.И.) способна нормально существовать при солености не ниже 12-16‰, переживая временные понижения солености до 9-10 и даже 5‰. Причем небольшое понижение солености усиливает сверление лимнией древесины. Пресная вода убивает лимнорию за 24-36 часов [17, 31, 35, 37] .

Подобно моллюскам, при опреснении поверхностных слоев воды лимнория отсутствует в верхних частях гидротехнических сооружений (например, в Белом море). Показательно ее распространение в эстуариях. Так, в Кольском заливе Баренцева моря постепенное возрастание по направлению с юга на север ее вредоносности соответствует расстоянию от устьев рек Колы и Туломы, т.е. увеличению "клина" соленой воды (табл.

5). Но не следует забывать, что это - результат его усредненного влияния, а толщина опресненного слоя различна в разное время суток, в разные месяцы и годы.

4.4. Загрязнение воды

Оно, бесспорно, должно ограничивать деятельность и само наличие древоточцев. Считается, что *T. navalis* хорошо выдерживает значительное загрязнение воды, а лимнория не переносит мутной, застоявшейся, бедной кислородом воды [17, 31 и др.]. Но рассматриваемый фактор в СССР не исследовали. Известно, однако, что в наших крупнейших и, следовательно, очень загрязненных портах уменьшения вредоносности древоточцев из-за загрязнения вод в прежние годы не наблюдали [26]. Это отмечено нами даже в неглубокой акватории у старых причалов интенсивно эксплуатирующегося Мурманского морского торгового порта.

4.5. Осушение древесины

Морские древоточцы легко переносят кратковременное осушение древесины, например, при отливах. Лимнория погибает лишь после суточного пребывания на воздухе.

T. navalis может не погибнуть даже после 25-27 дней пребывания на воздухе. Конечно, при этом определяющее значение имеют его влажность и температура [16, 31].

Таблица 5. Разрушение лимнией древесины в эстуарии
(Кольский залив, Баренцево море, глубина 4 м)

| Акватория | Расстояние от устьев рек Колы и Туломы, км | Срок службы свай, годы ¹⁾ | Максимальная среднегодовая скорость разрушения свай. мм/год ¹⁾ |
|--------------------|--|--------------------------------------|---|
| Рыбный порт | 10 | 1928-30ч1965 | отдельные ходы |
| Торговый порт | 12 | 1930-31ч1965 | 1,6 |
| Угольная база | 15 | 1926-33ч1965 | около 2 |
| Средняя часть зал. | 20 | 1949-1967 | 2,5 |
| Тюва-губа | 45 | 1934-1965 | более 5 (около 8?) ¹⁾ |

¹⁾Примечания см. табл. 1.

4.6. Лед

Он, предохраняя лежащие ниже слои от переохлаждения, способствует созданию более подходящих для древоточцев термических условий. П.И.Рябчиков [26] считает, что в Японском море этим объясняется обилие древоточцев в местах со сплошным ледовым

покровом и их отсутствие или малое количество там, где этого покрова нет.

Лед, стирая "губчатый" слой древесины, образованный ракообразными древоточцами, обнажает новую, пригодную для поселения древоточцев поверхность.

Древоточцы выдерживают кратковременное пребывание в обмерзающем при отливах, субстрате. О.М. Somme (1940, цит. по: [17]) обнаружила, что лимнории полностью не гибли даже после суточного нахождения внутри куска льда.

4.7. Скорость тока воды

Она обуславливает снабжение древоточцев кислородом, планктоном, удаление продуктов метаболизма, интенсивность переноса личинок или взрослых древоточцев к местам поселения и др. Скорость тока воды определяет (наряду с другими факторами) быстроту освобождения древесины от "губчатого" (поврежденного ракообразными) слоя, что во многом определяет скорость разрушения конструкций. Но все это почти не исследовали. Одно из немногих исключений - изучение летального влияния стоячей и текущей пресной воды на *T. navalis*. В текущей воде все вредители погибали на 12-14-й день, а в стоячей - лишь на 20-23-й день. При увеличении скорости движения воды Тередо погибали еще раньше [16, 17 и др.]. Поселение лимнории на древесину ограничивает уже сравнительно небольшая скорость течения, так как этот вредитель плохо держится на ее поверхности. Поэтому он предпочитает "затишные" места: пазы, углубления и т.п. [17 и др.]. Е.Н.А. Timmerman (1956, цит. по: [17]) считает, что при скорости течения больше 1 м/с ни лимнория, ни тередо не могут напасть на незащищенные сваи. В то же время в стоячей воде лимнория покидает свои ходы [39].

4.8. Наличие в воде личинок терединид; "очаги" лимнорид

Интенсивность повреждения конструкций древоточащими моллюсками зависит в первую очередь от наличия их личинок в воде. Они могут переноситься течениями на расстояние, измеряемое длительностью их жизни. Поэтому древоточащие моллюски, в основном, встречены в прибрежье вблизи от "очагов" зараженной этими вредителями древесины. Конечно, в обшивке судов и в плавнике они могут быть встречены в большинстве акваторий Мирового океана.

Древесина, находящаяся вдали от "очагов" древоточцев, может длительное время не подвергаться их нападению (см., например, [26]). Свободными от них могут быть огромные акватории, например Каспийское море. Вдали от прибрежья (на расстоянии сотен километров от него) нападения древоточцев на деревянные конструкции, надо полагать, маловероятны. Исследования такого рода отсутствуют, если не считать данных о нахождении различных видов древоточцев в затонувших судах, топляке, кабелях и др. Мы в 1000 км от берега не обнаружили морских древоточцев после экспозиции до трех

недель в поверхностных слоях воды деревянных пластин площадью около 9 дм² (табл. 6).

Таблица 6. Условия, при которых морские древоточцы отсутствовали в центральном районе Атлантического океана (май 1970 г)

| № станции | Глубина экспозиции, м | Экспозиция пластин, сутки | № станции | Глубина экспозиции, м | Экспозиция пластин, сутки |
|-----------|-----------------------|---------------------------|-----------|-----------------------|---------------------------|
| 189 | 75 | 21 | 221 | 25 | 9 |
| 220 | 40 | 11 | 222 | 15 | 12 |
| | | | | 50 | 12 |

У северного побережья Азовского моря особенности поселения *T. navalis*, надо полагать, в основном определялись течениями, приносящими личинок из Черного моря [29]. В некоторых акваториях наблюдали резкое снижение численности оседающих личинок *T. navalis* во время сгонных течений. При этом поверхностные воды, богатые личинками, заменялись холодной придонной водой, их не содержащей. Она также прекращала вымет личинок взрослыми тередо, обитающими в акватории [26].

Большую (если не решающую) роль в разрушении портовых сооружений оказали значительные скопления лимнории в Кольском заливе (см. выше). П.И. Рябчиков [26] считает, что и катастрофическое разрушение *L. magadanensis* конструкций в бухте Нагаево Охотского моря частично обязано этой же причине.

4.9. Субстрат

Мы уже упоминали о субстрате с поселившимися древоточцами, являющемся поставщиком личинок или взрослых вредителей. Но этим его значение далеко не ограничивается.

Так, субстрат должен удовлетворять требованиям древоточцев в качестве пищи и в качестве убежища. Лимнория, например, обходит на некотором расстоянии стальные включения в древесине (гвозди, скобы и т.п.) и пятна ржавчины на ней. Различные части древесины разрушаются с различной скоростью и нередко по-разному. Так, лимнория не повреждает сучки из-за их большей твердости. Она предпочитает летние, более мягкие слои древесины, зимним. Твердые виды деревьев лимнория повреждает медленнее мягких. Терединиды найдены во многих целлюлозосодержащих субстратах, например, в манильских и пеньковых тросах. Иногда животные проникали внутрь кабелей даже через свинец, каучук, различные пластмассы и др. [37, 55 и др.].

Терединиды разрушают дерево различных видов, применяемых в гидро-

техническом строительстве СССР (сосна, ель, лиственница), приблизительно одинаково. Только дуб и бук, видимо, разрушаются медленнее. В то же время, некоторые тропические виды проявляют значительную устойчивость к морским древоточцам. Например, эвкалипты *Eucalyptus marginata*, *Syncarpia laurifolia*, гринхарт *Nectandra rodioei*, дальбергия *Dalbergia obtusa*, тик *Tectona grandis*, манбарклак *Lacrythis ollaria* и др. Так, у тихоокеанских берегов Канады терединиды в досках из пихты за полгода проложили ходы до 24 см длиной, а из гринхарта - лишь до 3 мм. Эта стойкость обусловлена, в основном, большим содержанием в рассматриваемых видах деревьев кремния, смол, дубильных веществ, алкалоидов. Так, личинки *Lyrodus pedicillatus* не проникают в древесину дальбергии из-за содержащихся в ней обтузахинонов и обтузастиренов, блокирующих формирование раковины [31, 35, 38, 61 и др.].

Кора многих деревьев устойчива к нападению древоточцев в течение нескольких месяцев, что, видимо, объясняется содержанием в ней дубильных веществ, алкалоидов и ее волокнистой структурой. Образец из неокоренной березы *Betula manshurica*, например, экспонированный 1 год в бухте Диомид (Японское море), оказался неповрежденным терединидами и лимнорией [8, 31].

При недостатке древесины для питания лимнория может мигрировать с гидротехнических сооружений или топляка на соседние конструкции. Терединиды живут в одном ходе всю жизнь, не имея возможности его покинуть. Их переход из одной части конструкции в другую возможен лишь при очень плотном их соединении, как, например, в клееных сваях. При недостатке субстрата терединиды изменяют направление своего сверления. Если это невозможно, моллюски прекращают его и замуровывают передний конец хода [17 и др.].

4.10. Внутри- и межвидовые отношения

За некоторыми исключениями у морских древоточцев они мало исследованы. При чрезмерной плотности древоточащих моллюсков наблюдается угнетение их роста и, как следствие, - меньшая длина ходов. При жизни животных они никогда не пересекаются. Если же при сверлении тередо встречает ход соседней особи и не может его обогнуть, он замуровывает свой ход, прекращает сверление и рост и вскоре погибает.

Тередо не поселяются на древесину, если на ее поверхности отсутствуют грибы, что обуславливает особую чувствительность к ним рецепторов личинок ([Kampf et al. 1959; Lane, 1961, цит. по [17]]).

Лимнория может начать питаться древесиной не ранее (даже в тропических водах), чем через 3-10 дней после ее первого погружения в морскую воду. Это объясняется необходимостью предварительных химических и механических изменений древесины

грибами и бактериями [35 и др.].

Интересны и важны отношения лимнорий и терединид. Образованная лимнорией на древесине "губчатая" поверхность препятствует поселению личинок тередо. Правда, после ее освобождения от рыхлого слоя обнажаются новые, пригодные для поселения и тех и других древоточцев части древесины. Такое замедление разрушительной деятельности тередо лимнорией в Калифорнии описали С.А. Kofoed и R.C. Miller (1923, цит. по [26]). Там лимнория разрушала сваи за 3 года, а тередо мог бы их разрушить менее чем за год. Если тередо достиг достаточных размеров до образования лимнорией губчатой поверхности, она сколько-нибудь заметно не влияет на его рост: моллюск лишь утолщает известковую выстилку части своего хода [26].

На деятельность лимнории может оказывать влияние хелюра (не сверлящая собственных ходов), которая, поселяясь в ходах лимнории, затрудняет аэрацию в нижней части заселенного последней слоя. Это вынуждает лимнорию покидать ее ходы. Древесина конструкций служит дольше при совместном нападении на них (по сравнению с нападением только *T. navalis*) тередо, лимнории и хелюры [26].

Разрушительную деятельность тередо и лимнории может резко ограничить морское обрастание [62].

Болезни, паразиты морских древоточцев, уничтожающие их хищники исследованы незначительно. Известно, например, что лимнория может поражаться грибковыми заболеваниями и поедаться несколькими видами полихет. Терединид пожирают полихеты *Taenioplana teredini* и *Neries fucata*. В известковой выстилке ходов этих моллюсков поселяются морские грибы. Известны паразитирующие в терединидах инфузории *Boveria teredinidi* и *Architophrya* sp. [19, 31, 41, 42, 44, 54, 55 и др.].

4.11. Конструкционные и эксплуатационные факторы

Они обуславливают многие рассмотренные выше факторы, часто определяя скорость разрушения древоточцами древесины. Так, лимнория редко нападает на передвигающиеся суда вследствие трудностей первоначального закрепления на них из-за большой для древоточца скорости судов. Зато поселившись, он наиболее многочислен в тех местах судов, где скорость потока воды наибольшая [26].

Выбор порта для стоянки деревянных судов может иметь решающее значение. В портах с опресненной и (или) очень холодной поверхностной водой поселение древоточцев на судне невозможно. Поселившиеся же ранее в его обшивке вредители при длительной стоянке погибают (см. выше). При этом, конечно, должно быть соответствие между толщиной рассматриваемого слоя воды и осадкой судна. Это следует учитывать и при постройке гидротехнических сооружений.

Решающим может быть не только выбор акватории и соответствующей глубины, но и конструктивные особенности сооружений. Именно этим объясняется более медленное (по сравнению со сваями) разрушение банкией ряжевых причалов. Она могла их повреждать обычно только с внешней стороны, внутри же ряжей был грунт [26]. В то же время лимнория в Кольском заливе значительно быстрее повреждает именно ряжевые конструкции, видимо, благодаря образованию на них значительных скоплений этого древоточца.

Даже незначительные, с технической точки зрения, особенности конструкций могут быть определяющими во вредоносности древоточцев. Так, терединиды в небольших (сравнительно с их потребностями) деревянных элементах не могут достигнуть больших размеров и гибнут из-за недостатка места (см. выше).

5. Меры защиты и борьбы с морскими древоточцами

Биологические особенности морских древоточцев, определяющие их вредоносность, обуславливают применение тех или иных средств защиты и борьбы с ними. Эти средства разрабатываются на основе экологических данных применительно к конкретным требованиям строительства и эксплуатации гидротехнических сооружений и судов. Нередко защита деревянных конструкций не требуется: временные сооружения, сооружения в акваториях, где древоточцы отсутствуют или их вредоносность незначительна и др. Следовательно, выбор мер защиты и борьбы с древоточцами может быть достаточно обоснованным только при участии гидробиологов.

Классификация мер защиты и борьбы с морскими древоточцами разработана недостаточно [3, 17, 31, 35, 58 и мн. др.]. Для удобства рассмотрения мы условно разделили их на профилактические, физические, химические и биологические. Нередко меры борьбы и защиты являются переходными или комбинированными.

5.1. Профилактические методы

5.1.1. Карантин. Для обособленных акваторий - очень действенная мера защиты. Так, карантин при перемещении судов из Черного в Каспийское море позволил оставить его свободным от морских древоточцев.

5.1.2. Уничтожение "очагов" зараженной древоточцами древесины. Для снижения численности древоточцев необходимо строго следить за тем, чтобы в акваториях не создавались скопления затонувшей древесины. Необходима тщательная очистка акваторий, как с эксплуатируемыми деревянными сооружениями, так и там, где планируется их строительство. Выбрасывать в воду остатки древесины должно быть запрещено, старые сваи - выдернуты, а не спилены и т.п.

5.1.3. Конструкционно-эксплуатационные меры. При конструировании и строительстве гидротехнических сооружений прежде всего должны быть учтены видовой состав древоточцев, локальные особенности их распространения и вредоносности в акваториях. Так, при строительстве в районах с терединидами необходимо отдавать предпочтение ряжевым сооружениям, а в районах с лимноридами - свайным. При необходимости употребления в конструкциях незащищенных от древоточцев частей необходимо предусмотреть возможность их замены при повреждении этими вредителями. Следует избегать конструкций с повышенной концентрацией древесины в воде: кусты свай, шпунтовые стенки и т.п. При строительстве сооружений из защищенной древесины следует предусматривать возможно меньшее нарушение ее целостности в зоне действия древоточцев. Так, могут быть употреблены козловые конструкции [4] без поперечных связей в подводной части. В местах, где защищенная древесина подвергается сильному механическому воздействию, следует предусмотреть его нейтрализацию или снижение [4]. Нужно периодически (через 1-2 года) осматривать сооружения и при необходимости возобновлять защиту или ремонтировать их [4]. Для контроля состояния эксплуатируемых (защищенных и незащищенных - И.И.) конструкций необходимо включение в них элементов, извлекаемых для периодического осмотра [4]. Спуск незащищенных от древоточцев судов на воду должен быть приурочен ко времени отсутствия, или, по меньшей мере, минимального количества в воде личинок терединид. Это относится и к строительству гидротехнических сооружений.

5.2. Физические меры защиты и борьбы

Важно, что эти меры обычно безопасны или малоопасны для человека и окружающей среды.

5.2.1. Естественная стойкость древесины. В Советском Союзе использовать естественную стойкость древесины практически не представлялось возможным из-за отсутствия устойчивых к нападению древоточцев деревьев⁶⁾. Во многих же тропических странах, богатых лесом, это вполне целесообразно и экономически выгодно.

5.2.2. Кора деревьев. Для кратковременной защиты во многих случаях (небольшие и временные мосты, сезонные причалы, сваи для ставных неводов и др.) обосновано применение неокоренной древесины. Заготавливать древесину необходимо зимой, так как при этом кора сохраняется лучше и дольше. Для сохранения коры необходима также особая аккуратность при заготовке и транспортировке древесины и строительных работах. Длительность такой защиты обычно не более года, часто несколько месяцев [4, 8, 31 и др.]

5.2.3. Неядовитые защитные покрытия. Покрытие обычными красками и лаками не защищает деревянные сооружения от древоточцев [4, 31 и др.].

Защита от древоточцев деревянных судов на 3-4 года возможна с помощью предохранительной обшивки их досками (фальшобшивка). При этом тонкие (толщиной около 3 см) доски прикрепляют к корпусу судна с просмоленной картонной (или иной) прокладкой. Пропитка фальшобшивок ядовитыми для древоточцев составами значительно продлевают указанный срок защиты. Такая защита целесообразна даже для сравнительно больших судов, а в некоторых случаях - для гидротехнических конструкций. Большой недостаток рассмотренного метода - даже незначительное повреждение фальшобшивки может привести к значительному локальному повреждению древесины [31 и др.].

Для защиты деревянных свай применяли облицовки сталью, цинком, оцинкованной сталью, медью, бетоном⁷⁾, железобетоном, пластмассами. В частности, успешно применяли кольцевые бетонные и железобетонные секции, надеваемые на забитые сваи. Промежутки между ними и секциями в зоне возможного повреждения древоточцами заполняли тощим бетоном или песком. Стоимость защищенных таким образом свай была приблизительно в два раза меньше, чем железобетонных. Но нередко эта защита была действительна всего 10-12 лет (видимо, из-за быстрой коррозии бетона в морской воде - И.И.). Для защиты от тередирид деревянных судов применяли облицовки медью, цинком, свинцом, стеклотканью. Многие виды облицовок деревянных объектов употребляли при частичном повреждении общей защиты древесины [31 и др.]. Но почти все виды облицовок должны быть герметичными, стоят дорого, усложняют и утяжеляют защищаемые объекты. Своеобразный способ облицовки - поверхностная металлизация цинком, сталью, свинцом, медью. Способ заключается в расплавлении соответствующего металла, образующем электроды вольтовой дуги, его распылении и дальнейшем осаждении на древесину. Металлизация бывает сплошной (достаточен слой металла толщиной менее 0,1 мм) или точечной. Его расход - около 1 кг/м², срок защиты - предположительно 5-10 лет [4 и др.].

К облицовкам можно условно отнести несплошное покрытие защищаемой древесины (например, свай) полосами стали, забивку в нее гвоздей с большими шляпками и т.п. Действие такого рода покрытий основано на избегании древоточцами древесины, пропитанной продуктами коррозии железа.

5.2.4. Пониженная соленость воды. Действенным может быть кратковременный (на несколько часов) заход судов в пресные воды (даже в период интенсивного оседания тередирид) каждые 3-4 дня. При этом будут уничтожаться животные, еще не успевшие достаточно глубоко проникнуть в древесину. Если же животные проникли в нее давно, их также можно уничтожить пребыванием в пресной воде не менее 25 суток. Этот срок значительно сокращается при быстром течении [17 и др.].

При выборе места для строительства гидротехнических сооружений следует учитывать, что в опресненных водах они не нуждаются в мерах защиты от древоточцев. Так, при планировании плотины в Керченском проливе принимали во внимание, в частности, и то, что при восстановлении прежней, более низкой, солености воды, в Азовском море древоточцы там не смогут существовать.

5.2.5. Изменения температуры воды. Вряд ли в борьбе с древоточцами можно широко использовать горячую воду. Однако при выдерживании судов в пресной воде и их осушке следует учитывать значительное ускорение гибели древоточцев при высокой (близкой к 30°C для *T. navalis*) температуре [17] .

Низкая (0-5°C и особенно ниже точки замерзания воды) температура оказывает аналогичное действие. Этим можно воспользоваться, например, вытаскивая суда на берег в холодное время года.

5.2.6. Осушение. Осушение судов в течение месяца и более уничтожает в них терединид. Лимнория же при осушении гибнет уже через несколько дней [17 и др.]. В некоторых случаях это можно использовать для ее уничтожения в деревянных конструкциях.

5.2.7. Электрический ток. Неоднократно предлагали уничтожать древоточцев электрическим током. В опытах Н.В. Вершинского [7] разряд переменного тока между активным (металлический нож-скребок) и индифферентным (морская вода) электродами за 3 мин. уничтожал терединид в образцах древесины площадью 150 см² при толщине 3 см. Скорость подобной обработки одним активным электродом может быть 5 дм²/мин.

5.2.8. Другие методы борьбы и защиты. Предлагалось защищать древесину от древоточцев или бороться с ними и другими физическими способами: взрывами, ультразвуком и др. [17, 31 и др.].

Взрывы динамита как средство борьбы против терединид применяли на тихоокеанском побережье Америки и в Англии. После забивки свай через каждые 3 месяца в первый год эксплуатации, а затем через год вблизи них (2 м и дальше) взрывали динамитные шашки. Эти сваи "оставались здоровыми" в течение 5 лет (время эксперимента), а необрабатываемые сваи пришлось сменить менее чем через 3 года [51 и др.].

Предлагали [20] защищать древесину ионами меди, перемещающимися между поясами из медной и цинковой (или никелевой) проволоки. Они закрепляются поочередно на расстоянии 0,5 м один от другого и соединяются стальной проволокой. Этот метод защиты недостаточно испытан.

5.3. Химические средства защиты и борьбы с древоточцами

В основном они представлены различными способами покрытия или пропитки древесины ядовитыми для древоточцев составами. Это деление употреблено и нами для удобства изложения. В действительности все или почти все ядовитые покрытия также в той или иной степени пропитывают поверхностный слой древесины.

5.3.1. Биоцидные покрытия. Было предложено огромное количество различных ядовитых веществ, добавляемых в лакокрасочные покрытия для защиты древесины от поражения древоточцами. Предлагали добавление (или последовательное нанесение) соединений меди, серы, мышьяка, хрома, олова, ртути и др. [4, 6, 17, 19, 23, 30, 57 и мн. др.]. В частности, в Советском Союзе были опубликованы [23] результаты изучения в Черном море более 100 различных веществ для защиты от тередо. Они наносились кистью на образцы древесины либо в жидком виде, либо в виде 10-20% растворов в органических растворителях. При покрытии веществами, содержащими ртуть или фенолы, экспонируемые от 400 до 550 суток образцы не повреждались тередо. Отмечено защитное действие необрабатываемых покрытий (краски НИВК, Союз и др.).

5.3.2. Пропитка биоцидными составами. Наиболее широко употребляемая мера защиты деревянных объектов от морских древоточцев. Предлагалось колоссальное количество самых разнообразных составов для пропитки древесины с целью защиты и уничтожения древоточцев, начиная от рыбьего жира и кончая боевыми отравляющими веществами [1, 4, 11, 24, 31, 33 и мн. др.]. Подавляющая часть предложенных составов оказалась в лучшем случае малодейственной. Мы остановимся на некоторых защитных составах, в основном на тех, длительность защитного действия которых известна.

Креозот. Основным защитным от древоточцев средством для пропитки древесины, применяемым с середины прошлого века и до настоящего времени, является креозот. Креозот - маслянистая жидкость, получаемая сухой перегонкой угля, древесины и др. Он содержит фенолы, ароматические углеводороды и другие соединения. Содержание указанных веществ различно не только в разных креозотах, но и в разных их партиях. Поэтому защитное действие креозотов заметно различается. Для защиты от древоточцев почти всегда употребляется креозот из каменного угля - продукты его перегонки, начиная приблизительно с 200°C и до завершения перегонки. Креозоты из других продуктов значительно менее токсичны. Токсичность различна и у разных фракций каменноугольного креозота (см. ниже). У креозота полного состава она значительно больше [31 и др.].

Креозот защищает древесину от древоточащих моллюсков и ракообразных, от последних - в меньшей степени (Н.И. Тарасов [31] считает, что во много раз меньшей). Пропитанные креозотом сваи служат в Карибском море (при высокой температуре,

определяющей большую скорость его вымывания из древесины) до 10 лет, у Калифорнии (Тихий океан) – до 20 лет, в заливе Сан-Франциско (Тихий океан) - до 15-30 лет, в других водах США - до 50 лет. В Новороссийске (Черное море) образцы древесины, пропитанные креозотом, пробыли в воде 13 лет, не подвергаясь нападению древоточцев [26, 31 и др.].

Скорость вымывания креозота из древесины (т.е., в конечном счете, срок ее защиты) определяют толщина пропитанного им слоя и количество креозота в нем. Креозот хорошо пропитывает заболонные слои древесины и плохо - ядровые слои, кору, луб. Поэтому для пропитки употребляют главным образом очищенные от последних лесоматериалы, но не пиломатериалы. Ель и пихта пропитываются креозотом обычно до глубины не более 5 мм, дуб - значительно глубже, лиственница - еще глубже, сосна - более 20-30 мм. Креозотом можно пропитывать только древесину в воздушно-сухом (15-20% влажности) состоянии [4, 31 и др.].

Большое значение для глубины пропитки и количества поглощаемого состава имеют методы пропитки. Для удобства рассмотрения разделим их на группы, перечисляя методы в порядке возрастания их трудоемкости и стоимости. Первая группа - методы пропитки при нормальном атмосферном давлении: опрыскивание, холодная ванна, горячая ванна, горяче-холодная ванна. Вторая группа - методы, требующие применения пониженного и повышенного давления: ограниченное поглощение с разными режимами (Рюпинг-II, Рюпинг-I), полное поглощение защитного состава.

Простейший из методов пропитки - метод холодной ванны. Деревянные сортаменты выдерживают в ванне с креозотом при 40-45°C несколько часов, а затем они остывают на воздухе. В ванне воздух в порах древесины расширяется и частично выходит наружу, а креозот проникает в них. Его остатки на поверхности древесины при остывании на воздухе дополнительно впитываются в нее.

Метод горячей ванны отличается от предыдущего повышенной (90-95°C) температурой креозота.

Метод горяче-холодной ванны состоит в пропитке древесины последовательно в горячей и холодной ваннах при указанных режимах.

Пропитка древесины креозотом под давлением производится в автоклавах по технологии соответственно приведенным в табл. 7 методам. Избыточное воздушное давление расширяет поверхностные поры древесины. (На первом этапе метода полного поглощения из них выходит часть воздуха, что увеличивает поглощение креозота.) Затем при нахождении древесины в креозоте под большим давлением поры расширяются и одновременно заполняются защитным веществом. В конце процесса расширяющийся воздух выталкивает излишек креозота. Чем выше воздушное давление, а его действие

продолжительнее, тем больше креозота поглощает древесина. И, наоборот, чем ниже воздушное давление, а продолжительность его действия меньше, тем меньше креозота поглощает древесина.

Для уменьшения трудностей пропитки креозотом древесины и скорости выщелачивания его из пропитанных объектов, снижения стоимости пропиточных составов применяли многочисленные разбавители. Среди них наибольшее распространение получили мазут, соляровое масло, дизельное топливо, нефть [4, 31 и др.].

Но эти разбавители существенно уменьшают токсичность креозота. Для ее повышения в качестве добавок к креозоту применяли самые разнообразные соединения меди, свинца, хрома, урана, ртути, ДДТ и мн. др.

Стоимость пропитки креозотом обычно была меньше или приблизительно равна стоимости пропитываемой древесины. Креозотированные сваи стоили в 2 раза дешевле железобетонных.

Таблица 7. Методы пропитки древесины креозотом под давлением (по [4, 30, 31])¹⁾

| Этап процесса | Метод | | |
|------------------------------------|------------|----------------|----------------------|
| | Рюпинг-П | Рюпинг-1 | Полное поглощение |
| Воздушное давление, атм. | 5/40-50 | 2/20 | 0,20/30 |
| Давление креозота (90-95°C), атм. | 8-10/40-60 | 10-12/2-3 часа | 8-12/несколько часов |
| Воздушное давление, атм. | 0,2/40-50 | 0,2/20-30 | короткий вакуум |
| Расход креозота, кг/м ³ | 80-100 | 150 | 200-350 |

¹⁾ числитель – давление, атм.; знаменатель – время действия, мин.

Среди недостатков креозотирования следует еще отметить необходимость тщательного хранения и транспортировки пропитанных элементов. Если при строительстве повреждается пропитанный слой, требуется дополнительная защита поврежденных мест [4, 8, 19, 26, 34 и др.]. Как процесс пропитки креозотом, так и эксплуатация пропитанной им древесины безопасны для человека и окружающей среды.

Другие производные каменноугольной смолы. Была исследована степень ядовитости

для древоточцев фракций креозота [34 и др.]. Результаты этих исследований приведены в табл. 8. Видно, что из его фракций наиболее токсично антраценовое масло. Поэтому пытались применить его в чистом виде. Исследования такого рода в Советском Союзе были проведены А.Г. Вольтером [8, 9 и др.] в бухте Диомид (Японское море). Образцы древесины (сосна и др.) пропитывали при повышенном (7-8 атм.) и пониженном давлении с поглощением антраценового масла 95 и 122 кг/м³. Для улучшения проникновения ядохимиката в древесину автор рекомендует сплошное ее накалывание с интервалом поперек волокон - 2,5-3,0 мм, вдоль волокон - 10-15 мм. При хорошем качестве пропитки антраценовым маслом образцы древесины круглого (21х150 см) и квадратного (10х10х50 см) сечения не повреждались в течение 6 лет. Автор считает, что пропитка антраценовым маслом может обеспечить полную сохранность древесины от тередо и лимнории не менее 10 лет.

Высокую токсичность по отношению к морским древоточцам и меньшую, чем креозот и антраценовое масло, выщелачиваемость имеет каменноугольный лак («кузбасслак»). Он нередко применяется в качестве антикоррозийного покрытия. Но при поверхностном его нанесении действие кузбасслака в качестве защиты от древоточцев незначительно [8, 9 и др.].

Таблица 8. Характеристика фракций каменноугольного креозота [34]

| Фракция | Температура перегонки, °С | Относительная токсичность |
|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1-я | до 205 | 1,0 |
| 2-я | 205-250 | 0,8 |
| 3-я | 250-320 | 1,1 |
| 4-я (антраценовое масло) | 295-320 | 1,3 |
| 5-я (остаток) | выше 320 | 1,3 |

А.Г. Вольтер [9] исследовал в бухте Диомид древесину, пропитанную каменноугольным лаком. Ее образцы, аналогичные защищенным антраценовым маслом (см. выше), поглощали 88-190 кг/м³ лака. Древесина с наколами и без них не повреждалась тередо и лимнорией 2-3 года. Один из образцов (диаметром 17 и длиной 150 см) остался неповрежденным после 6 лет экспозиции. (Количество поглощенного кузбасслака - 238 кг/м³.) Автор считает (не приводя оснований для этого заключения - И.И.), что образец древесины не повреждался бы еще 20-25 лет.

Были предложены различные добавки к каменноугольному лаку, например, креозот [31 и др.].

П.К. Божичем [4] для "временной" защиты от древоточцев была предложена

толевая клеемасса, представляющая собой смесь каменноугольной смолы с пеком. Пропитка этим составом производится 1-2 часа в горячей (90-100°C) ванне. При этом частично пропитывается заболонь древесины. Деревянные образцы, защищенные толевой клеемассой, не были повреждены тередо при годичной их экспозиции в Новороссийске. П.К. Божич в некоторых случаях рекомендовал местную защиту с помощью пропитанного клеемассой брезента. Недостаток состава: большое количество в нем нетоксичных для древоточцев соединений, что обуславливает недолгую защиту, возможность пропитки только сухой древесины.

Фенолы. Одна из наиболее токсичных для морских древоточцев частей креозота - фенол. Это явилось основанием для испытаний его соединений, некоторые из которых оказались перспективными средствами защиты. Среди них дибутилбензилфенол, защищающий древесину от терединид. Он, по утверждению К.М. Parrish и I.D. Bultman [53], не выщелачивается (вероятно, слабо выщелачивается - И.И.) в воде. Бензифенолы эффективны против видов *Teredo* и терединиды *Martesia striata* [36], полихлорфенолы - против *T. navalis* и *L. lignorum* [50].

Медьсодержащие соединения. Многочисленны данные о значительной токсичности для морских древоточцев соединений меди [8, 24, 35, 50 и др.]. Так, в опытах в Индии содержащие их составы оказались перспективными против мартезии [35]. В Швеции один из составов, содержащий меди - 11,82, хрома - 13,83, мышьяка - 22,7%, испытывался для защиты от *T. navalis*, *Psiloteredo megotara* и *L. lignorum*. Образцы из забеленной древесины (50x98x250, 50x100x300, 38x75x400 мм) пропитывали этим водорастворимым составом и погружали в воду в 1940, 1950 и 1954 гг. После 19 лет экспозиции их поврежденность по 7-балльной шкале визуальной оценки была от 0 до 2 баллов. Поврежденность контрольных образцов через 1,0-2,5 года - 6 баллов [52].

Необходимо упомянуть еще и о Си-полихлорфенолах (см. выше) и болидене (CuO - 14,8; CrO_3 - 26,6; As_2O_5 - 34,0%). Последний был успешно испытан для защиты от тередо и лимнории в течение года в Норвегии [56].

Одно из наиболее часто используемых и эффективных для защиты соединений меди - сернокислая медь [8, 38 и др.]. А.Г. Вольтер [9 и др.] утверждал, что при ее содержании в древесине 10 кг/м^3 последняя "становится стойкой против тередо, банкии и лимнории". Для пропитки этот автор рекомендует утроенное ($25-30 \text{ кг/м}^3$) количество ядохимиката. Образцы, аналогичные пропитанным антраценовым маслом, подобно им пропитывали и экспонировали в бухте Диомид (см. выше). Эти образцы остались неповрежденными тередо и лимнорией после 6 лет экспозиции при пропитке медным купоросом $48-65 \text{ кг/м}^3$. Автор считает, что этот срок может достигать 8-10 лет.

Пропитка медным купоросом может производиться под давлением и в ваннах (подобно пропитке креозотом), а также диффузионным методом. Напомним, что последний метод может быть употреблен, если ядохимикат растворим в воде. Причем диффузия идет тем быстрее, чем больше влажность древесины. Поэтому доски вначале погружают в воду на 2 месяца. Затем они на 3-4 недели покрываются обмазкой из медного купороса и воды. Вместо обмазки возможно употребление сухого ядохимиката, помещенного между двумя слоями ткани (бандаж) [8 и др.]. Такие бандажы могут быть использованы для пропитки готовых сооружений.

Интересен метод пропитки сернокислой медью, усовершенствованный Н.С. Andrews [48]. Через раствор, в котором находится древесина, пропускают электрический ток. В нем при эксплуатации в морской воде образуются мельчайшие частицы меди, нерастворимые карбонаты, сероводород. Свая, защищенная по этому методу, не повреждалась тередо в течение 15 лет. Предполагается, что срок защиты может быть до 40 лет.

По-видимому, довольно токсичен для древоточцев нафтенат меди. Важно, что в воде он выщелачивается очень медленно. Его растворы в сиккативе и бензине были успешно испытаны А.Г. Вольтером [8] в бухте Диомид на деревянных образцах. Они не повреждались терединидами и лимнорией в течение 2 лет. А.Г. Вольтер предлагает растворять нафтенат меди в керосине и перед пропиткой обязательно накалывать древесину. Последнее необходимо из-за плохого проникновения в нее ядохимиката. Однако и покрытие деревянных судов с помощью кисти считалось достаточно эффективным. Нафтенат меди рекомендовали использовать и в смеси с другими ядохимикатами [8 и др.].

Для защиты от древоточцев предлагали и другие соединения меди. Так, А.П. Уваров и А.В. Пучкин [32] предложили пропитывание древесины 0,5-3,0%-ным раствором аммиаката меди. При прогревании пропитанной им древесины до 90-100°C выделяется медь в виде частиц размером 2-5 мкм, не способных проходить через поры дерева, т.е. она не выщелачивается (вероятно, мало выщелачивается - И.И.) в воде. Пропитка аммиакатом меди сосновых свай препятствовала их повреждению в течение 5 лет.

Нами [22] была предложена последовательная пропитка древесины при 10-30°C жидким стеклом и 10%-ным раствором серной кислоты с добавлением 5%-ного раствора медного купороса. В результате в порах и на поверхности древесины выпадал гель кремниевой кислоты, содержащий силикат меди. Длительность защиты древесины этим методом неизвестна. А.Г. Вольтер [8] последовательно пропитывал под давлением образцы древесины натровым жидким стеклом и сульфатом меди. В упомянутых опытах в бухте Диомид эти образцы не повреждались терединидами и лимнорией в течение года.

Рассмотренные соединения меди мало токсичны для человека и теплокровных животных. Экологические последствия их употребления обычно незначительны.

Соединения, содержащие мышьяк. Испытывались многие его соединения и разнообразные комбинации с другими ядохимикатами [35, 50 и др.] В Швеции, например, образцы древесины, пропитанные составом, содержащим мышьяк, медь и хром (см. выше), не повреждались (или мало повреждались) древоточцами в течение 19 лет [52].

С.Н. Горшин и Б.И. Телятникова [10] рекомендуют для защиты морских и причальных сооружений на 50 лет (?! - И.И.) мышьякосодержащий препарат МХМ.

После пропитки мышьяковистокислым натрием древесина не подвергалась поражению древоточцами в течение 2 лет. Успешно был применен и раствор нафтената мышьяка в сольвенте и болиден (см. ранее), содержащий 34,0% As_2O_5 [24, 56]. Р.С. Trussel [59 и др.] предложил опрыскивание бревен плотов арсенитом натрия для полного уничтожения терединиды *Bankia setacea*. Обработка древесины раствором этого химиката в течение 3-4 часов стоила приблизительно в 20 раз меньше, чем вред, причиняемый древоточцами: Но автор не писал о большой токсичности (для человека и животных) химиката, который наряду с банкией уничтожал большое количество других организмов. Правда, его действие кратковременно, так как арсенит натрия в воде довольно быстро разлагается. Методика Р.С. Trussel широко применялась на тихоокеанском побережье Канады и США. При некоторых изменениях она пригодна и для фиксированных конструкций: понтонов, доков, причалов и др. Для них этот автор рекомендует периодическую (2-3 раза в год) обработку арсенитом натрия в течение 1-2 дней.

Часть соединений мышьяка токсична для человека и животных, некоторые - очень ядовиты.

Соединения, содержащие не рассмотренные выше ядохимикаты. Составы, содержащие соединения свинца, видимо, недостаточно токсичны для долговременной защиты древесины от морских древоточцев. Однако в течение длительного времени некоторые из них рекомендовались для защиты в СССР [8 и др.]. Так, А.Г. Вольтер [8] включает в число лучших ядохимикатов азотнокислый и уксуснокислый свинец. Этот автор пишет, что при их поглощении 10 кг/м^3 древесина становится стойкой к тередо, банкии и лимнории. Но в таблицах основной его работы 1947 г приведены результаты испытаний лишь в течение одного сезона.

Мы уже упоминали ранее о хромсодержащих составах, которые в той или иной степени защищают древесину от древоточцев: болиден [56], составы, исследованные Е. Norman и др. [50, 52].

Кроме рассмотренных, многими авторами для защиты от морских древоточцев

рекомендовались (часто без достаточных оснований) другие многочисленные соединения и составы. Значительная часть из них токсична для человека и животных, некоторые накапливаются в опасных количествах в различных организмах. Так, в СССР рекомендовали применять фтористый и двуххромовокислый натрий, хлористый цинк, динитрофенол. Рекомендовали также ДДТ, соединения ртути, цинка, серы, серебра, олова, фосфора и мн. др. [17, 31, 35 и др.]. Нередко описывали средства защиты неизвестного состава под условными названиями или номерами.

5.3.3. Хлорирование воды. Для уничтожения древоточцев, поселившихся в древесине, предлагали применять хлорирование воды. Однако эти предложения остались на стадии лабораторных экспериментов [31 и др.].

5.4. Биологические методы борьбы и защиты

Синтетические гомологи обтузахинонов и обтузастиренов могут быть употреблены для блокирования образования раковины у терединид [61]. В этом случае они не смогут проникнуть в древесину.

Возможно употребление в качестве средства защиты от древоточащих моллюсков синтетических аналогов ювенильных гормонов, регулирующих превращение личинок в червеобразных животных. Действие подобного гормона изучено на обрастателе ракообразном *Balanus galcatus* [40].

По-видимому, в борьбе с ракообразными древоточцами перспективно употребление синтетических аналогов гормонов линьки.

Вполне обосновано мнение G. Becker [35] о возможности предотвратить нападение лимнории на древесину посредством защиты ее от морских грибов.

Биологические методы борьбы и защиты, как правило, очень эффективны, недороги, безопасны для человека и окружающей среды.

6. Прогнозирование вредоносной деятельности морских древоточцев и срока службы деревянных сооружений

Рассмотренные нами (и некоторые другие) факторы определяют наличие и жизнедеятельность (и, следовательно, вредоносность) древоточцев. Но их деятельность в конкретной акватории лимитируют не все эти факторы. Причем в разные годы или месяцы лимитирующими (функционально важными) могут быть разные факторы. Именно их выявление - первоочередная задача прогнозирования. Это требует, как правило, не только привлечения имеющихся данных, но и специальных исследований (применительно к определенной ситуации) места и условий эксплуатации сооружений. При изменении ситуации малозначащие факторы могут стать функционально важными.

Выявление функционально важных факторов во многих случаях - труднейшая задача. Так, прогнозирование заметно усложняется, если в исследуемой акватории возможно существование двух и более видов морских древоточцев. Вспомним, например, что ряжевые конструкции сильнее (по сравнению со свайными) повреждались лимнорией и слабее банкией. А как они будут повреждаться, если в исследуемой акватории присутствуют оба вредителя?

В местах с относительно стабильными факторами среды часто можно достаточно точно предсказать пространственно-временное распределение древоточцев и, следовательно, в значительной мере - их вредоносную деятельность. Но в акваториях с большими колебаниями условий их существования (например, на границах ареалов) прогнозировать вредоносность (а иногда даже только появление!) морских древоточцев весьма затруднительно. В подобных случаях из-за недостатка данных иногда ошибались даже высококвалифицированные специалисты. Так, П.И. Рябчиков [26] писал, что тередо и лимнория, по-видимому, не смогут жить в Азовском море из-за недостатка тепла, даже если соленость в нем повысится. Правда, Н.И. Тарасов [31] считал, что терединиды при ее повышении проникнут в море. И, действительно, они были отмечены там в 1957 г и в последующие годы (см. выше).

Уже многие сотни лет судоводители "предсказывают" возможность нападения терединид в тех или иных портах, деля их на опасные для судов и "чистые".

Практически весьма важно знание срока действия средств защиты от древоточцев. П.К. Божич [5] считал, что существует зависимость между необходимым сроком службы древесины (N лет) и количеством креозота (в кг/м^3), получаемого ею при пропитке (Q), и выразил это формулой $Q = 50 + 5N$.

Для контроля правильности прогноза срока службы сооружений необходимо предусматривать включение в них соответствующих контрольных элементов.

Для прогнозирования вредоносности морских древоточцев при планировании срока службы деревянных сооружений может быть весьма полезным математическое моделирование. Подобное целевое моделирование сравнительно несложно и должно учитывать лишь некоторые экологические, экономические и эксплуатационные аспекты. Концептуальные основы моделирования, близкого к рассматриваемым проблемам, разработаны, например, для океанического обрастания [15].

Заключение

Замена древесины в акваториях с древоточцами другими материалами во многих случаях экономически и технологически нецелесообразна. Поэтому остается актуальной ее защита от этих вредителей. Это вполне возможно, но ее надежность и долговечность, особенно в советских водах с их большим разнообразием условий, нередко недостаточны. Средства и методы защиты древесины разработаны неудовлетворительно. Это объясняется, в частности, тем, что результатов испытаний такого рода средств приходится ждать годами. Разработку новых и усовершенствование старых средств и методов защиты необходимо вести с учетом экологических особенностей древоточцев. Эти средства и методы должны: 1) быть возможно более токсичными для всех видов древоточцев акватории, где эксплуатируется защищаемая древесина; 2) быть безвредными для человека и окружающей среды; 3) заметно не снижать качества древесины; 4) быть возможно более экономически оправданными; 5) употребляться строго дифференцированно в зависимости от экономических, технологических, эксплуатационных, экологических и других условий. Необходима стандартизация в области мер борьбы и защиты. В отношении терминологии и методов исследования она возможна уже в настоящее время.

Некоторые достаточно проверенные ядохимикаты (креозот, фенолы, соединения меди) могут быть употребляемы и в дальнейшем, причем их действенность в некоторых случаях может быть повышена. Так, в хорошо зарекомендовавший себя креозот целесообразно вносить токсичные добавки. Однако другие, также достаточно действенные, биоциды не должны употребляться из-за большого вреда, причиняемого ими окружающей среде и человеку. Несомненный интерес представляет разработка способов замедления выщелачивания биоцидов из древесины.

Перспективна разработка лаков и пластмасс (наносимых в жидком виде) для покрытий, защищающих древесину от древоточцев.

Представляет интерес проверка (в условиях многолетней эксплуатации сооружений) способа защиты от древоточцев посредством пропитки древесины фунгицидами.

Весьма перспективны биологические меры борьбы и защиты от древоточцев. Так, например, наиболее уязвимы у древоточцев процессы оседания и (или) метаморфоза. Поэтому очень эффективными и, видимо, сравнительно недорогими средствами могут быть синтезированные ювенильные гормоны и гормоны линьки или их аналоги.

Примечания

- ¹⁾ В статье дан обзор данных, в основном, применительно к Советскому Союзу.
- ²⁾ Ксилофага иногда встречается в плавающей и затонувшей (даже на глубине 7 км и более) древесине, в частности, в советских морях. Кроме древесины, она может повреждать и другие материалы, например изоляцию подводных кабелей [17, 18, 26 и др.]. Но ксилофага почти никогда не встречена в гидротехнических сооружениях и судах, поэтому в статье не рассматривается.
- ³⁾ Подобная оценка разработана также П.К. Божичем [3].
- ⁴⁾ В наших исследованиях - "скорость разрушения древесины", включая оба эти показателя ("потеря слоя» + «губка»).
- ⁵⁾ Там, как и в других пунктах моря (исключая большие порты), сваи обычно ежегодно осенью извлекали из грунта, а весной вновь устанавливали в море. Поэтому распределение повреждений тередо по вертикали нередко не выявлено.
- ⁶⁾ Может быть, исключая несколько более устойчивый дуб.
- ⁷⁾ Применяли также обмазку им.

Литература

1. Архипов В., Данилов И. Защита деревянных корпусов от гниения и поражения морскими древоточцами // Морской сб. 1972. № 10. С. 87-97.
2. Барашков Г.К., Зевина Г.В. Массовое развитие *Teredo megotara* Hanley (*Teredinidae*, *Mollusca*) в Дальне-Зеленецкой губе Баренцева моря // Зоол. журн. 1964. Т. 43, № 8. С. 1238-1240.
3. Божич П.К. Защита дерева от морских древоточцев. М.: Водный транспорт, 1939. 128 с.
4. Божич П.К. Применение дерева для портовых гидротехнических сооружений в морях с древоточцам. М.: Морской транспорт, 1946. 120 с.
5. Божич П.К. Использование дерева для постройки гидротехнических сооружений в морях с древоточцами. М.: Стройвоенмориздат, 1947. 24 с.
6. Борьба с вредной фауной на морском флоте. М.: Рекламинформбюро ММФ, 1974. 179 с.
7. Вершинский Н.В. Метод уничтожения морских древоточцев семейства *Teredinae* электрическим током // Бюл. Междуведом. океанограф. комиссии при Президиуме АН СССР. 1958. № I. С. 60-63.

8. Вольтер А.Г. Исследования по защите дерева от разрушения морскими древоточцами // Изв. ТИНРО. 1947. Т. 24. С. 43-130.
9. Вольтер А.Г. К вопросу о защите дерева от морских сверлильщиков // Тр. Дальневост. политехн. ин-та. 1948. Вып. 34. С. 1-7.
10. Горшин С.Н., Телятникова В.И. К вопросу о производстве мышьякосодержащих антисептиков для древесины // Вопр. защиты древесины. Киев, 1972. С. 11-19.
11. Горюнов В.Ф., Курочкин С.Н. Пути снижения стоимости и повышения долговечности портовых причальных сооружений // Тр. ЦНИИМФ. 1958. Вып. 19. С. 3-37.
12. Есакова С.Е. Новый вид сверлящей дерево лимнории - *Limnoria (Limnoria) magadensis* sp.nov. (Crustacea, Isopoda) // Тр. ИОАН. 1961. Т. 49. С. 180-186.
13. Ильин И.Н. Новые данные о древоточце *Teredo (Bivalvia, Mollusca)* в Баренцевом море // Докл. МОИП. Зоология и ботаника. М.: МОИП, 1971. С. 77-78.
14. Ильин И.Н. Повреждение сооружений древоточцами в северных морях СССР // Проблемы биол. повреждений и обрастаний материалов, изделий и сооружений. М.: Наука, 1972. С. 184-190.
15. Ильин И.Н. Концептуальные основы моделирования океанического обрастания // Мониторинг океана. М.: ИОАН, 1986. С. 130-158.
16. Кудинова-Пастернак Р.К. Выживаемость корабельного червя *Teredo navalis* L. в пресной воде и на воздухе // Науч. докл. высш. шк. Биол. науки. 1958. № 2. С. 10-13.
17. Кудинова-Пастернак Р.К. Древодотцы морей СССР // Биоповреждения материалов и изделий в пресных и морских водах. М.: МГУ, 1971. С. 174-228.
18. Ильичев В.Д., Бочаров Б.В., Анисимов А.А. и др. Биоповреждения. М.: Высшая школа, 1987. 352 с.
19. Мальке Ф., Трошель. Консервирование древесины. М.: Гостехиздат, 1930. 312 с.
20. Патрикеев В.В., Ильин И.Н., Старостин И.В. Способ защиты строительных элементов из древесины. А.с. 305993 (СССР). // Бюл. Открытия. Изобретения. Товарные знаки. 1971. № 19. С. 50.
21. Патрикеев В.В., Ильин И.Н., Старостин И.В. Способ наблюдения за жизнедеятельностью древоточцев. А.С. 318376 (СССР). // Бюл. Открытия. Изобретения. Товарные знаки. 1971. № 32. С. 73.
22. Патрикеев В.В., Старостин И.В., Ильин И.Н. Способ защиты древесины. А.с. 272524 (СССР). // Бюл. Открытия. Изобретения. Товарные знаки. 1970. № 19. С. 82.
23. Подбор и испытание токсинов для защиты деревянных судов и конструкций от

- поражения древоточцами и от обрастания // Тр. Ин-та технологии судостроения. 1959. Вып. 21. С. 23-98.
24. Рагг М. Защита судов от обрастания и коррозии. Л.: Судпромгиз, 1960. 428 с.
25. Рох Ф. Teredinidae морей СССР // Зоол. журн. 1934. Т. 13, вып. 3. С. 437-452.
26. Рябчиков П.И. Распространение древоточцев в морях СССР. М.: АН СССР, 1957. 230 с.
27. Рябчиков П. И., Солдатова И.Н., Есакова С.Е. Первый этап заселения Азовского моря корабельным червем // Тр. ИОАН. 1961. Т. 49. С. 147-155.
28. Рябчиков П. И. и др. Начало заселения Азовского моря некоторыми видами корабельного червя семейства Teredinidae // Тр. ИОАН. 1965. Т. 70. С. 157-178.
29. Солдатова И.Н., Лукашева Т.А., Ильин И.Н. К экологии двустворчатого моллюска *Teredo navalis* L. в Азовском море // Тр. ИОАН. 1967. Т. 85. С. 185-199.
30. Справочное руководство по древесине. М.: Лесная пром-сть, 1979. 544 с.
31. Тарасов Н.И. Биология моря и флот. М.: Военмориздат, 1943. 192 с.
32. Уваров А.П., Пучкин А.В. Антисептирование гидротехнического свайного леса против морских древоточцев и гниения // Тр. ЦНИИМФ. 1958. Вып. 18. С. 3-86.
33. Хунт М., Гэрратт. Консервирование древесины. М., Л.: Гослесбумиздат, 1961. 454 с.
34. Atwood W.G. Johnson A.A. Marine structures, their deterioration and preservation. Wash. , 1924. 534 p.
35. Becker G. Holzzerstorende Tiere und Holzschutz in Heerwasser // Holz als Roh- und Werkstoff. 1958. Bd. 16. S. 204-215.
36. Bultman J.D., Jurd L. The anti-molluscan borer efficacy of some benzyphenels // Intern. Biodeterior. Bull. 1979. Vol. 15, N. 2. P. 49-51.
37. Clapp W.F., Kenk R. Marine borers: An annotated bibliography. Wash., 1963. 1136 p.
38. Deschams P. Traitement pour la protection des bois immerges // Corrosion et Anti-Corrosion. 1955. Vol. 3, N 2. P. 55-65.
39. Eltringham S.K., Hookley A.R. Migration and reproduction of the wood-boring isopod *Limnoria* in Southampton water // Limnol. and Oceanogr. 1961. Vol. 6, N 4. P.467-482.
40. Gomez F.D. et al. Juvenile hormone mimics: effect on cirriped Crustacean metamorphosis // Science. 1973. Vol. 179, N 4075. P. 813-814.
41. Hoagland K.E., Turner R.D. Range extensions of teredinids (shipworms) and polychaetes in the vicinity of a temperate-zone nuclear generating station // Mar. Biol. 1980. Vol. 58, N 1. P. 55-64.
42. Kohlmeyer J. The role of marine fungi in the penetration of calcareous substances //

- Amer. Zool. 1969. Vol. 9, N 3. P. 741-746.
43. Kussakin O.G. Some data on the systematic of the family Limnoriidae (Isopoda) from northern and far-eastern seas of the USSR // Crustaceana. 1963. Vol. 5, pt. 4. P. 281-292.
 44. Manier J.-F., Ormieres R. Alacrinella limnoriae n.g.n.sp. Trichomycete Eccrimidae parasite du rectum de Limnoria tripunctata Menzies (Isopoda) // Vie et milieu. 1961. Vol. 12, N 2. P. 285-295.
 45. Manyak D.M. A device for the collection and study of wood-boring molluscs: Application to boring rates and boring movements of the shipworm Bankia gouldi // Estuaries. 1982. Vol. 5, N 3. P. 224-229.
 46. Miller S. Hidden enemy in our harbors // Sea Front. 1959. Vol. 5, N 1.
 47. Nair N.B., Saraswathy M. The biology of wood-boring of molluscs // Advances in Mar. Biol. 1971. Vol. 9. P. 335-509.
 48. New methods copper treatment for wood // Timberman. 1941. Vol. 41, N 2.
 49. Norman E. The vertical distribution of the wood-boring molluscs Teredo navalis L., Psiloteredo megotara N. and Xylophaga dorsalis T. on the Swedish West coast // Mater. und Organism. 1975. Vol. 11, N 4. P. 303-316.
 50. Norman E., Henningsson B. Description of a trial with wood-boring organisms // Med. Sven. traskyddinst. 1975. N 118. P. 3-15.
 51. Nyholm R.-G. Skeppsmask och skeppsmaskbekampring // Zool. revy. 1957. N 4. P. 85-88.
 52. Nylinder-Norman E. et al. Marine wood-borer tests on the west coast of Sweden // Med. Sven. traskyddinst. 1974. N 111. P. 1-34.
 53. Parrish K., Bultman J.D. Navy research on marine borers and the laboratory culturing of Limnoriids // Oceans'78. 4th Annu Combin. Cong., Ouan. Challenge, 1978, N.Y., 1978. P. 92-98.
 54. Reisch D.J. Polychaetous annelids as associates and predators of the crustacean wood-borer Limnoria // Wasmann J. Biol. 1954. Vol. 12, N 2. P. 223-226.
 55. Roch F. Die Terediniden des Mittelmeeres // Thalassia. 1940. Vol. 14, N 3. P. 1-147.
 56. Santhakumaran L.N. Response of wood-boring and fouling organisms to preservative-treated timber exposed in the Trondheimsfjord (Western Norway) // Biodeterior. Proc. 4th Intern. Biodeterior. Symp., Berlin, 1978. L., 1980. P. 205-211.
 57. Shipwormexperiment during the period 1938-1970 // Commun. Dep. Agr. Res. Rey Trop. Inst. 1972. N 69.
 58. Tewari M.C. et al. Biodeterioration of timber and its prevention in indian coastal waters // J. Timber Dev. Assoc. India. 1984. Vol. 30, N 1-2. P. 3-56.

59. Trussell P.C. The war against marine wood borers // New Sci. 1962. Vol. 13, N 275. P. 432-435.
60. Turner R.D. Identification of marine-boring molluscs // Marine borers, fungi and fouling organisms of wood. P., 1971. P. 17-64.
61. Turner R.D. Some factors involved in the settlement and metamorphosis of marine bivalve larvae // Proc. 3rd Intern. Biodegrad. Symp., Kingston, 1975. L., 1976. P. 409-416.
62. Weiss C.M. An observation on the inhibition of marine wood destroyers by heavy fouling accumulation // Ecology. 1948. Vol. 29, N 1. P. 120.