

Д.С. Воробьев, Ю.А. Франк, Н.А. Залозный,
С.В. Лушников, Л.П. Ступакова

К ВОПРОСУ УСТОЙЧИВОСТИ *LIMNODRILUS HOFFMEISTERI* (*OLIGOSCHAETA*, *TUBIFICIDAE*) К НЕФТЯНОМУ ЗАГРЯЗНЕНИЮ

Аннотация. Работа посвящена изучению жизнедеятельности червей-тубифицид в условиях нефтяного загрязнения. В ходе лабораторного эксперимента с *Limnodrilus hoffmeisteri* наблюдали наибольшие показатели плодовитости червей в присутствии нефти в донных отложениях. Установлено, что условия аэрации влияют на максимальную выживаемость червей, но «пик» их выживаемости во всех случаях зафиксирован при концентрации нефти 3–4 г/кг.

Ключевые слова: нефтяное загрязнение, донные отложения, тубифициды, *Limnodrilus hoffmeisteri*.

Выживаемость, плодовитость, появление аномальных отклонений в эмбриональном развитии организмов – это основные тест-функции, характеризующие отклик тест-объекта на повреждающее действие среды в методиках биотестирования. Изменение любого показателя жизнедеятельности или функций организма под воздействием токсиканта зависит от его особенностей, специфики метаболизма организма, факторов внешней среды. У водных организмов хроническая токсичность выражается в гонадотропном и эмбриотропном действии токсиканта, что приводит к нарушению плодовитости, эмбриогенеза и постэмбрионального развития, возникновению мутаций в потомстве, сокращению продолжительности жизни, появлению «карликовых» форм [1].

Аспекты существования червей-тубифицид в условиях нефтезагрязненных отложений изучены достаточно слабо. Тубифициды, в том числе *Limnodrilus hoffmeisteri*, – широко распространенные организмы макрозообентоса. Основываясь на положении, дополняющем «закон» толерантности Шелфорда, можно сказать, что «широко распространенные организмы обычно обладают большим диапазоном толерантности ко всем факторам», и сделать теоретическое заключение, что данный вид тубифицид достаточно устойчив к нефтяному загрязнению.

Целью нашей работы явилось исследование жизнедеятельности червей в условиях нефтяного загрязнения донных отложений. Основные задачи сводились к изучению выживаемости взрослых лимнодрилусов и молоди, вариабельности плодовитости.

Материал и методы исследования

Исследование выживаемости и плодовитости тубифицид в нефтезагрязненных донных отложениях проводилось в лабораторных условиях; исполь-

зовался один из широко распространенных видов – *Limno-drilus hoffmeisteri* Claparede, 1862. В эксперименте применяли 30 0,5-литровые емкости (5 контрольных, незагрязненных, и 25 экспериментальных, загрязненных илом). Длительность эксперимента – 60 сут от начала культивирования червей. В качестве субстрата для червей использовался ил из условно чистого озера, расположенного вблизи пос. Межениновка (Томский район Томской области). Ил отбирался дночерпателем системы Петерсена; его процеживали через мельничный газ № 19 (количество ячеек в 1 кв. см) для удаления грубого детрита. Для «стерилизации» (уничтожения макробеспозвоночных животных, коконов олигохет и др.) ил раскладывали в кюветы и в течение 5 ч выдерживали в термостате при температуре 70–72°C. Далее ил загрязняли нефтью и ежедневно перемешивали в течение 5 мин для оптимизации процессов сорбции нефти частицами ила. Через 10 дней в каждую емкость помещали по 30 г загрязненного ила. Пробы на определение содержания нефти отбирались на момент начала эксперимента (посадки червей в аквариумы). Химический анализ массовой концентрации нефтепродуктов в донных отложениях проводился в аккредитованной лаборатории природных превращений нефти Института химии нефти СО РАН методом ИК-спектроскопии на приборе «SP-CORD M 80»; методика анализа – РД 39-0147098-015-90. В эксперименте были задействованы незагрязненный ил (контроль) и ил, загрязненный нефтью в следующих концентрациях (г/кг): 0,15±0,04; 2,02±0,50; 4,40±2,04; 6,50±1,62; 12,23±3,06.

После загрузки ила в экспериментальные емкости медленно заливалась отстоянная водопроводная вода в объеме 300 мл. В каждую емкость помещали по 5 взрослых особей лимнодрилусов. Во время эксперимента (60 сут) не проводили аэрацию и доливку воды; температура воды была практически постоянной (22–23°C).

Через 60 сут ил промывался через мельничный газ № 70 и разбирался под биноклем. Для каждой емкости фиксировали: количество взрослых червей; количество молоди; количество коконов; количество зародышей в коконе. Статистические сравнения совокупностей производили с помощью непараметрического критерия Манна–Уитни.

Результаты и обсуждение

Информация о выживаемости червей-тубифицид в нефтезагрязненных донных отложениях в научной литературе достаточно скудна; авторы приводят сведения о количественных показателях бентоса в различных условиях существования, о доминировании групп бентоса. Исследования проводились в разных географических зонах, на водных объектах с различным спектром загрязняющих веществ; не всегда известно содержание нефти в составе донных отложений [2]. Такую информацию сложно кумулятивно проанализировать. Решение этой задачи оптимально провести в лабораторных условиях.

По нашим данным, в условиях дефицита растворенного кислорода (0,8–1,0 мг/л) и повышенных температур воды (23°C) наибольшая выживаемость

червей наблюдалась при содержании нефти 2–4 г/кг сухого ила (рис. 1); достоверных отличий не выявлено.

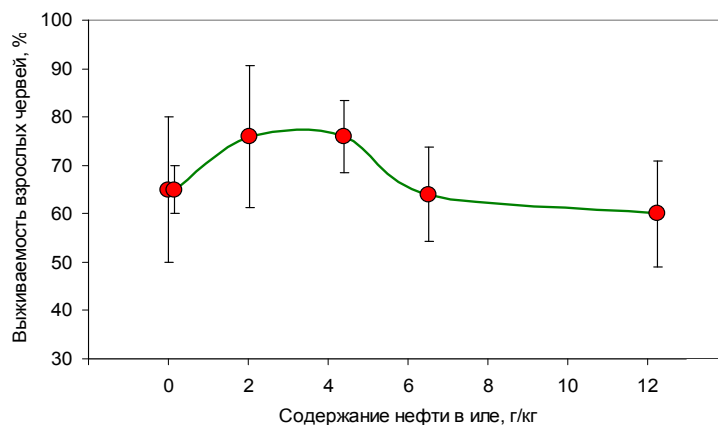


Рис. 1. Выживаемость взрослых лимнодрилусов при различных концентрациях нефти в условиях дефицита кислорода (0,8–1,0 мг/л); отмечены области ошибки среднего значения

По данным Л.И. Цветковой [3], фактором, тормозящим развитие тубифицид, является содержание нефтепродуктов в донных отложениях свыше 6 г/кг, что согласовалось с полученными нами результатами: при концентрациях нефти в илах 6–7 г/кг наблюдалось снижение выживаемости. Однако следует отметить, что высокое содержание нефти в донных отложениях (более 12 г/кг) влияло на выживаемость (смертность) лимнодрилусов на том же уровне, что и в контроле.

Интересный факт был обнаружен нами при включении в общий анализ результатов предыдущих исследований выживаемости лимнодрилусов в нефтезагрязненных илах.

Расположение графиков в единой системе координат выявило одинаковый «пик» выживаемости в двух экспериментах. В условиях дефицита кислорода (0,8–1,0 мг/л) максимальная выживаемость была на уровне 76%, а в условиях с содержанием кислорода 7,0–9,0 мг/л – 95% (рис. 2). Не было выявлено «летальной» концентрации нефти, при которой погибли бы все черви. Предыдущие исследования перемещения червей в нефтезагрязненных илах показали, что даже высокая концентрация нефти в отложениях (более 35 г/кг) не являлась для лимнодрилусов критической – черви передвигались из чистых участков ила в загрязненные [4]. Определение высшего смертельного порога требует дополнительных экспериментальных исследований.

Плодовитость – наследственно закрепленный признак, находящийся под сильным влиянием внешних воздействий. В период размножения многие факторы среды часто становятся лимитирующими.

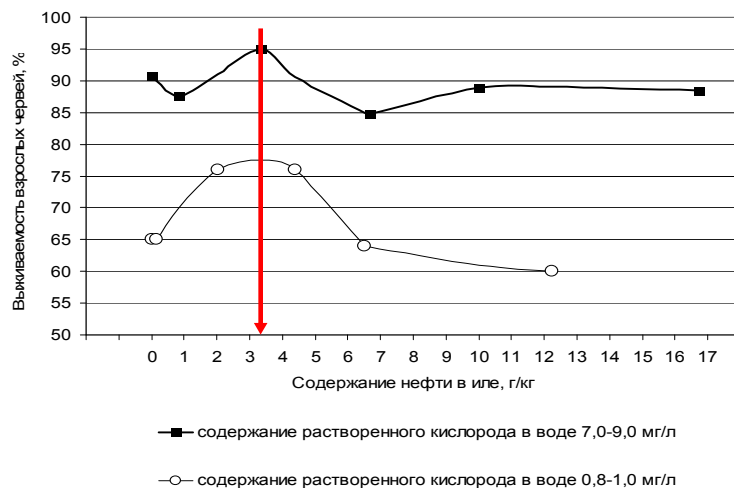


Рис. 2. Выживаемость взрослых лимнодрилусов в нефтезагрязненных отложениях в условиях с различным содержанием растворенного кислорода в воде

Плодовитость лимнодрилусов представлена как сумма вышедших из коконов молодых червей и количество эмбрионов в коконах, отнесенных к количеству червей (рис. 3). Наибольшие показатели плодовитости червей в условиях дефицита кислорода наблюдались при содержании нефти в донных отложениях 2–7 г/кг.

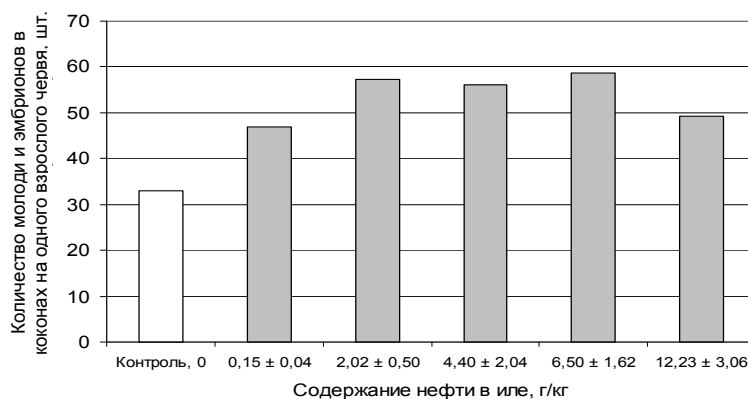


Рис. 3. Общее количество молодежи и эмбрионов в коконах на одного взрослого червя (содержание растворенного кислорода в воде 0,8–1,0 мг/л; через 60 сут после посадки червей)

С практической точки зрения (при использовании лимнодрилусов в мероприятиях по очистке водных объектов от нефти) наиболее важно количество вышедшей из коконов молодежи в условиях нефтяного загрязнения отложений,

т.к. именно благодаря процессам биотурбации и происходит интенсификация процессов деструкции нефти в донных отложениях. В контрольных емкостях среднее количество вышедшей из коконов молоди было низким по сравнению с емкостями с загрязненными отложениями – 40,25 особей (или 8,05 особей молодых червей на одного взрослого) (рис. 4). Во всех опытных емкостях с загрязненными отложениями среднее количество молоди лимнодрилусов было выше, чем в контроле. Даже при минимальном содержании нефти в отложениях (0,15 г/кг) наблюдалось увеличение среднего количества червей – 51,75 особей (или 10,35 особей молодых червей на одного взрослого). Достоверных отличий между количеством молоди в аквариумах с разным содержанием нефти выявлено не было.

При изучении влияния кислородного и температурного режимов на интенсивность обмена, развития и выживания *Tubifex tubifex* Н.Р. Архиповой [5] было отмечено, что молодь, только что вышедшая из коконов, отличалась лучшей выживаемостью и быстрым ростом при малых концентрациях растворенного кислорода в воде (1,76–1,82 мг/л при 18–20°C). Вероятно, аналогичную закономерность можно экстраполировать и на лимнодрилусов.

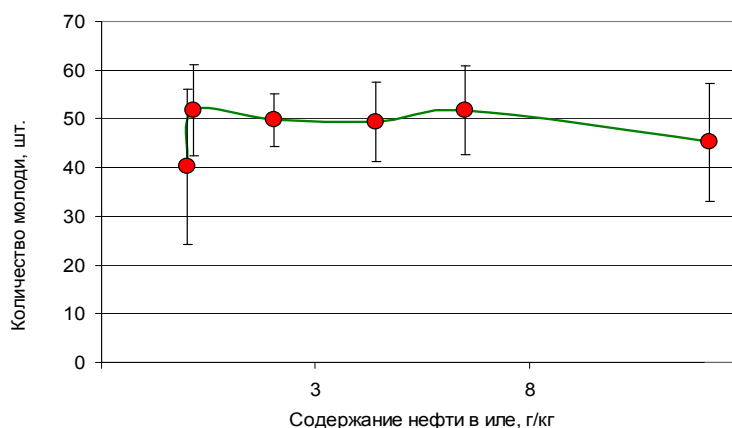


Рис. 4. Среднее количество молоди лимнодрилусов в емкостях (содержание растворенного кислорода 0,8–1,0 мг/л; длительность эксперимента 60 сут)

Выводы

1. В условиях дефицита растворенного кислорода (0,8–1,0 мг/л) при температуре воды 23°C наибольшая выживаемость лимнодрилусов составляет 76%; при этом содержание нефти колебалось в пределах 2–4 г/кг сухого ила.

2. Анализ выживаемости взрослых лимнодрилусов в условиях нефтяного загрязнения донных отложений, но в разных кислородных условиях (I – содержание растворенного кислорода в воде 7,0–9,0 мг/л; II – 0,8–1,0 мг/л), по-

казал, что характерен общий «пик» выживаемости (I – 95%; II – 77%) в отложениях с содержанием нефти 3–4 г/кг.

3. Наибольшие показатели плодовитости червей в условиях дефицита растворенного кислорода (0,8–1,0 мг/л) наблюдались при содержании нефти в донных отложениях 2–7 г/кг.

4. Наибольшее количество молоди лимнодрилусов (11,7 особей на одного взрослого червя), отмечено в отложениях с содержанием нефти в количестве 6,50 г/кг.

Литература

1. Брагинский Л.П. Методологические аспекты токсикологического биотестирования на *Daphnia magna* Str. и других ветвистоусых ракообразных (критический обзор) // Гидробиологический журнал. 2000. Т. 36, № 5. С. 50–70.
2. Воробьев Д.С. Влияние нефти и нефтепродуктов на макрозообентос // Известия Томского политехнического университета. 2006. Т. 309, № 3. С. 42–45.
3. Цветкова Л.И. О роли тубифицид в кислородном балансе водоемов // Водные малощетинковые черви (систематика, экология, исследования фауны СССР): Труды ВГБО. М.: Наука, 1972. Т. 17. С. 118–125.
4. Воробьев Д.С., Франк Ю.А., Залозный Н.А. и др. Перемещение *Limnodrilus hoffmeisteri* (Oligochaeta, Tubificidae) в нефтезагрязненных илах // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2008. № 2. С. 82–89.
5. Архипова Н.Р. Влияние кислородного и температурного режимов на интенсивность обмена, развитие и выживание *Tubifex tubifex* (Müll.) (Oligochaeta, Tubificidae) в эмбриональный период // Биология, морфология и систематика водных беспозвоночных. Л.: Наука, 1980. С. 31–40.