

Д.С. Воробьев, Ю.А. Франк, Н.А. Залозный,
С.В. Лушников, С.Н. Сидорская

ПЕРЕМЕЩЕНИЕ *LIMNODRILUS HOFFMEISTERI* (*OLIGOCHAETA*, *TUBIFICIDAE*) В НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ИЛАХ

Аннотация. Приведены результаты экспериментов по изучению перемещения червей *Limnodrilus hoffmeisteri* в нефтезагрязненных донных илах. Червей вносили на определенные участки аквариумов с чистым и загрязненным илом. Выявлено, что лимнодрилусы предпочитают чистые участки дна, их перемещение через загрязненные участки носит транзитный характер. Встречаемость червей на загрязненном участке с течением времени увеличивалась.

Ключевые слова: лимнодрилус, водный объект, донные отложения, нефтезагрязненный грунт.

Несмотря на особое внимание к охране окружающей среды в регионах нефтедобычи, аварийные ситуации возникают здесь постоянно. Тысячи тонн нефти попадают в окружающую среду и загрязняют наземные и водные экосистемы. Проблема частичного восстановления наземных экосистем практически решена. Более сложной задачей является комплексная очистка водных объектов. Результаты испытаний и эффективность технологии очистки водоемов и водотоков от нефти, разработанной Научно-техническим объединением «Приборсервис» (г. Томск), отражена во многих наших публикациях [1–6].

В 2006 г. сотрудниками НТО «Приборсервис» и кафедры ихтиологии и гидробиологии Томского государственного университета была предложена новая технология очистки донных отложений от нефти и нефтепродуктов с использованием червей-тубифицид (заявка на Изобретение МПК 8 E02F1/54, C02F1/54). Тубифициды, являясь типичными представителями донной фауны, способны выдерживать сильные загрязнения донных отложений и участвовать в процессах самоочищения [7]. В публикации отражены исследования перемещения червей в нефтезагрязненных донных отложениях, представленных илами.

Материал и методы исследования

Для изучения передвижения тубифицид в нефтезагрязненных грунтах использовался один из широко распространенных видов – *Limnodrilus hoffmeisteri* Claparede, 1862. В эксперименте использовались 18 стеклянных аквариумов объемом 4,5 л (15×15×20 см). Длительность эксперимента – 60 сут от начала культивирования червей. В качестве субстрата для червей использовался ил из условно чистого озера, расположенного вблизи пос. Меженинов-

ка (Томский район Томской области). Ил отбирался дночерпателем системы Петерсена; далее его процеживали через мельничный газ № 19 для удаления грубого детрита.

Предварительно (за 10 дней до начала культивирования червей) проводилось загрязнение ила нефтью. Загрязненный грунт ежедневно перемешивался для оптимизации процессов сорбции нефти. Пробы на определение содержания нефти в илах отбирались на момент начала эксперимента (посадка червей в аквариумы). В эксперименте использовались: условно чистый ил (незагрязненный); ил с содержанием нефти $8,18 \pm 2,04$ г/кг; ил с содержанием нефти $35,52 \pm 8,88$ г/кг. 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 «SPECORD M 80»; методика анализа – РД 39-0147098-015-90.

Дно каждого аквариума условно разделяли на две равные половины – на дне аквариумов с внешней стороны маркером отмечали границу 2 участков. Сначала в аквариумы помещали условно чистый (незагрязненный) ил. Его расположение во всех аквариумах было слева от лицевой стенки. Во вторую половину аквариума (справа), на дно аккуратно, чтобы не допустить перемешивания грунта разных участков, загружали загрязненный ил.

Червей помещали в ил до наполнения аквариумов водой. Для внесения червей было выбрано 3 площадки (см. рис. 1). В каждый аквариум на определенный участок вносили 30 взрослых особей *Limnodrilus hoffmeisteri*, что соответствовало численности червей 1333 экз./м².

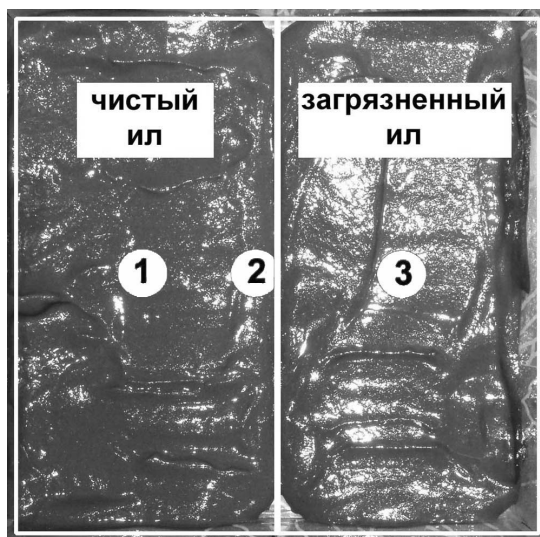


Рис. 1. Места внесения червей:
1 – центр чистого участка (« ← »); 2 – граница
участков, но на стороне чистого грунта (« ↓ »); 3 – центр
загрязненного участка (« → »)

После этого в аквариумы медленно (чтобы избежать размывания грунта на дне) заливали 3 л водопроводной отстоянной воды. Аэрация аквариумов проводилась 5–8 ч в сутки; распылитель воздуха располагался в 5–7 см от поверхности воды, что обеспечивало насыщение воды кислородом (7–8 мг/л) без перемешивания илистых частиц на дне аквариума. Температура воды измерялась ртутным термометром и составляла 21–23°C. Кормления червей во время эксперимента не проводили. Для взвешиваний использовали электронные весы марки «ВЛТЭ-500» с дискретностью отсчета 0,01 г. Навески ила взвешивали на электронных весах марки «KRUPS» с дискретностью 1 г. Схема эксперимента представлена на рис. 2.

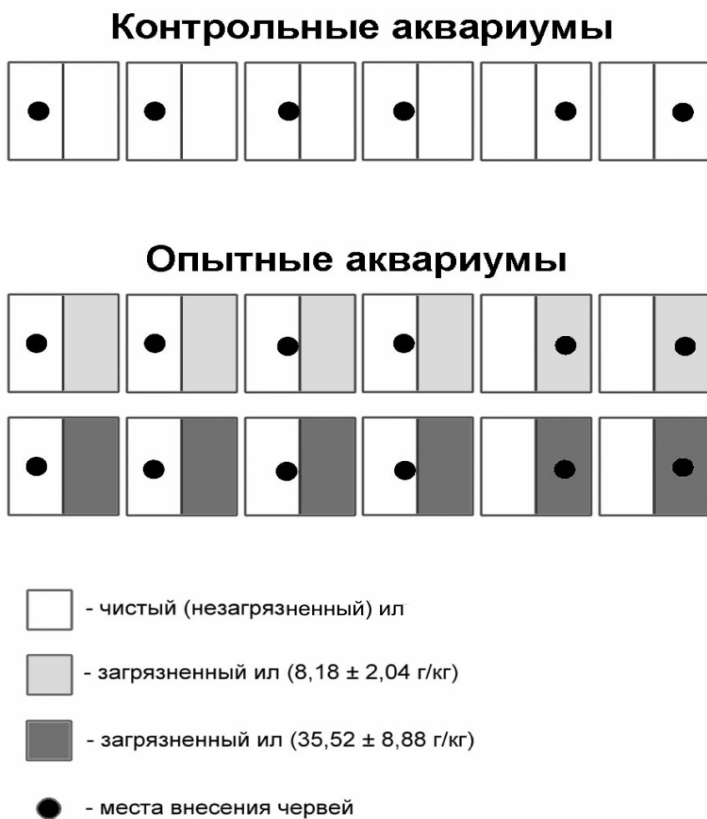


Рис. 2. Схема эксперимента

В процессе эксперимента регулярно через сутки исследовалось наличие червей в каждом аквариуме на двух участках – условно чистом и загрязненном. Подсчет червей проводили визуально: учитывали передвигающихся по поверхности грунта и считали количество хвостов, торчащих из норок. Дан-

ные заносили в журнал, где фиксировалось количество червей в каждом аквариуме на чистом и загрязненном участках; проведено 22 подсчета для каждого аквариума. Статистические сравнения совокупностей производили с помощью непараметрического критерия Манна–Уитни.

Результаты и обсуждение

Червей помещали на определенный участок аквариума в количестве 30 особей. Практически сразу, еще до заполнения аквариума водой, наблюдалось их активное беспорядочное перемещение в толще отложений в пределах участка не только чистого, но и загрязненного ила. Эти перемещения происходили в толще грунта и на поверхности. После перемещений в толще грунта (1–3 ч) некоторые черви приступали к активному питанию, о чем свидетельствовал процесс и опорожнения кишечника.

Черви, помещенные на *чистые участки*, переползали на загрязненные. Через 5 ч после начала эксперимента в правой (загрязненной) части аквариума наблюдались особи, которые перемещались как в толще грунта, так и по поверхности. Червь выползал из грунта, перемещался по поверхности отложений и затем снова погружался в толщу ила. На участках с содержанием нефти $8,18 \pm 2,04$ г/кг было зафиксировано 38% червей, а на участках с содержанием нефти $35,52 \pm 8,88$ г/кг – 31%.

Черви, помещенные на границе чистого и загрязненного участков, также свободно передвигались по аквариуму; через 5 ч на участках с содержанием нефти $8,18 \pm 2,04$ г/кг было зафиксировано 28% червей, а на участках с содержанием нефти $35,52 \pm 8,88$ г/кг – 21%. Уже через 5 ч на загрязненных участках ($8,18 \pm 2,04$ и $35,52 \pm 8,88$ г/кг) оставалось 74 и 71% червей соответственно.

В контрольных аквариумах, где грунт был не загрязнен, через 1–3 ч после внесения наблюдались питающиеся особи. Через 2–3 сут в контрольных аквариумах распределение червей по дну было равномерным. Между численностью червей на участках аквариума, независимо от мест начального внесения, достоверных отличий обнаружено не было. Колебания численности носили случайный характер. На всей поверхности дна контрольных аквариумов наблюдались следы жизнедеятельности лимнодрилусов.

Другая ситуация складывалась в опытных аквариумах. На участках загрязненного грунта проходило передвижение червей, однако их присутствие носило транзитный характер – черви передвигались по загрязненному нефтью участку ила, но их длительная локализация в «норках» и питание наблюдались единично. Чистые и загрязненные участки аквариумов в результате жизнедеятельности червей четко различались (рис. 3). В ходе рытья нор бентосные организмы создают конвективные потоки порового раствора и придонной воды через границу раздела «вода – дно» путем взмучивания верхнего слоя донных отложений, а также при «выкачивании» из отложений обогащенного растворенными веществами порового раствора и «закачивании» в них воды, богатой кислородом [8]. Все это создает благоприятные условия для активизации процессов деструкции нефти в отложениях.

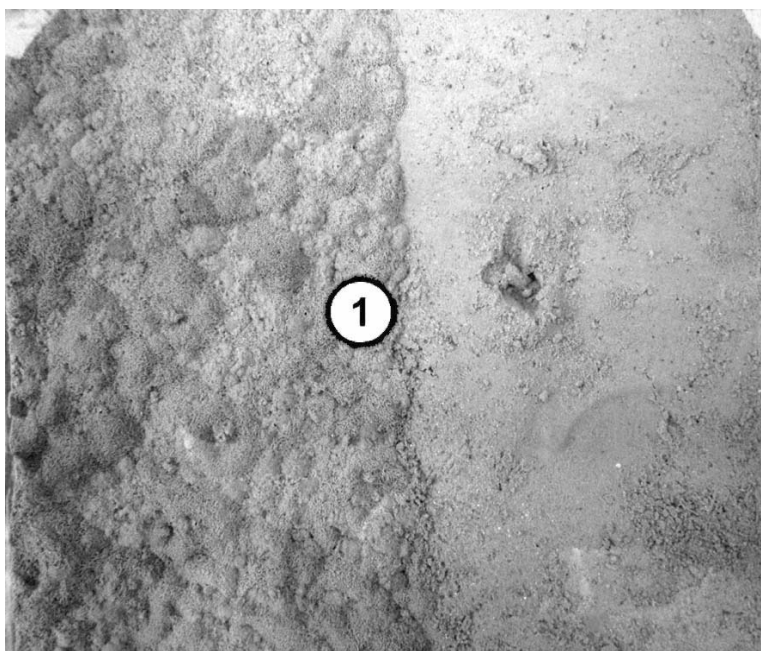


Рис. 3. Следы жизнедеятельности червей (слева) на дне аквариума через 10 дней после начала эксперимента (содержание нефти в загрязненной (правой) части аквариума $35,52 \pm 8,88$ г/кг); 1 – место начального внесения червей

Очевидно, что лимнодрилусы предпочитали незагрязненные участки ила. В контрольных аквариумах отношение встреченных червей в левой и правой частях, независимо от начального места внесения, было близко 1:1. В опытных аквариумах процент червей в правой (загрязненной) части был велик (рис. 4).

По абсолютным показателям наблюдалось снижение численности червей, встреченных на загрязненных участках (рис. 5). Статистические сравнения численности червей на разных участках аквариума показали существование достоверных различий. На чистых участках, по сравнению с загрязненными, независимо от места начального внесения, количество визуально обнаруженных червей было достоверно выше (уровни значимости приведены на рис. 5).

Таким образом, математико-статистическая обработка данных показала, что лимнодрилусы предпочитают перемещаться в чистые участки, однако количество червей, оставшихся на загрязненном участке или перешедших на него, также было достаточно велико.

В контрольных аквариумах достоверных отличий обнаружено не было. Черви, независимо от места их первоначального внесения, распределялись равномерно по дну.

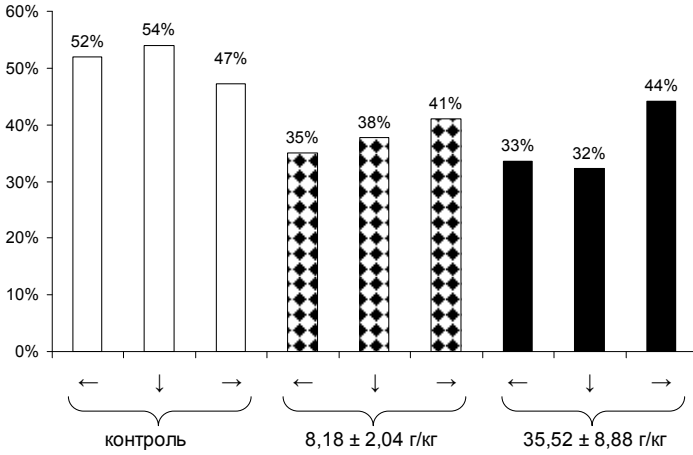


Рис. 4. Средний процент червей, визуально обнаруженных на правом (загрязненном) участке аквариума. Место внесения червей в грунт:
 «←» – в левую часть аквариума (чистый грунт);
 «↓» – в центральную часть аквариума (на границе участков, но на чистый грунт); «→» – в правую часть аквариума (загрязненный участок)

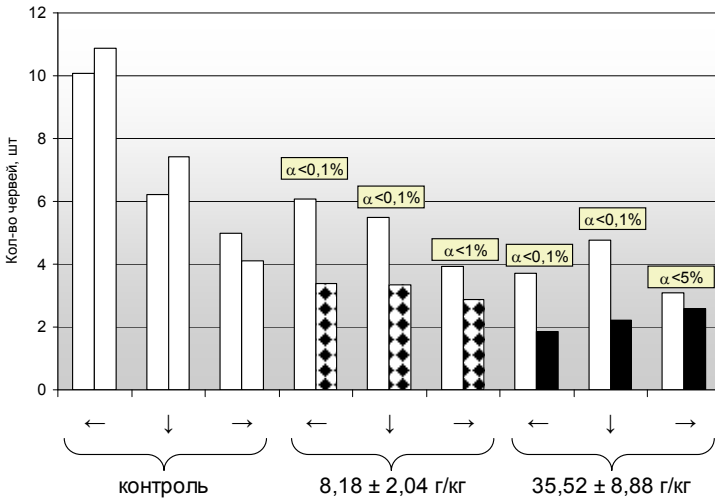


Рис. 5. Среднее количество червей, визуально обнаруженных в левом (чистом) и правом (загрязненном) участках аквариума

Мы сравнили среднее количество визуально обнаруженных червей в загрязненной зоне за два периода – первый и второй месяцы. Были выявлены достоверные отличия между количеством червей на участках с содержанием нефти $8,18 \pm 2,04$ г/кг, где черви вносились на чистый участок и на границе участков (таблица).

Среднее количество червей на загрязненных участках аквариумов

Период наблюдений	Содержание нефти в грунте в загрязненной (правой) части аквариума, г/кг					
	$8,18 \pm 2,04$	$8,18 \pm 2,04$	$8,18 \pm 2,04$	$35,52 \pm 8,88$	$35,52 \pm 8,88$	$35,52 \pm 8,88$
	←	↓	→	←	↓	→
Среднее кол-во червей, экз.						
1-й мес.	2,36	1,82	2,73	1,91	1,82	2,73
2-й мес.	4,41	4,91	3,00	1,82	2,64	2,41
Уровень значимости, %	0,1	0,1	–	–	–	–

Проследив динамику появления лимнодрилусов в загрязненной части аквариума, можно отметить, что их доля со временем увеличивается. В опытных аквариумах, где черви вносились в чистый грунт (в левую часть аквариума) и на границу участков, прослеживается тенденция увеличения доли червей. Менее выражена данная тенденция в аквариумах, где черви сразу вносились в загрязненный грунт.

Выводы

1. Лимнодрилусы, независимо от места первоначального внесения, предпочитали чистые (незагрязненные) участки ила. Однако часть червей передвигалась на загрязненные участки, имея при этом возможность локализации на чистом участке; на загрязненных участках доля обнаруженных червей составила в среднем 37%: на участках с содержанием нефти $8,18 \pm 2,04$ г/кг – 38%; на участках с содержанием нефти $35,52 \pm 8,88$ г/кг – 36%.

2. На участках нефтезагрязненного грунта передвижение червей носило транзитный характер – черви передвигались по загрязненному участку, но длительная локализация в «норке» и питание наблюдались единично.

3. Во всех экспериментальных аквариумах, где имелись загрязненные участки ила, независимо от мест начального внесения червей были выявлены достоверные отличия по численности визуально обнаруженных червей между чистыми и загрязненными участками; на чистых участках количество червей было достоверно выше. В контрольных аквариумах таких различий не наблюдалось.

4. Выявлены достоверные отличия между количеством встреченных червей за два периода (0–30 и 30–60 сут) на участках с содержанием нефти $8,18 \pm 2,04$ г/кг, где черви вносились на чистый участок и на границе участков; во второй месяц встречаемость червей на загрязненном участке с содержанием нефти $8,18 \pm 2,04$ г/кг была выше.

Литература

1. Лушиников С.В., Воробьев Д.С., Фадеев В.Н. Экспериментальные работы по очистке донных отложений и воды озера Щучье от нефтепродуктов, загрязненных в результате аварийных разливов нефти (Усинский район, Республика Коми) // III Науч.-практ. конф. «Экологические работы на месторождениях нефти Тимано-Печорской провинции. Состояние и перспективы»: Материалы конф. Сыктывкар, 2004. С. 139–142.
2. Лушиников С.В., Воробьев Д.С., Фадеев В.Н. Очистка донных отложений: первый шаг сделан // Экология и промышленность России. 2005. № 9. С. 30–31.
3. Лушиников С.В., Воробьев Д.С. Очистка донных отложений от нефти: результаты экспериментальных работ // Экология и промышленность России. 2006. № 10. С. 11–13.
4. Lushnikov S.V., Frank Y.A., Vorobyov D.S. Oil Decontamination of Bottom Sediments Experimental Work Results // Earth Sciences Research Journal. 2006. Vol. 10. № 1. P. 35–40.
5. Воробьев Д.С., Туманов М.Д., Носков Ю.А., Лушиников С.В., Франк Ю.А. Ихтиоиндикационная оценка эффективности мероприятий по очистке донных отложений и воды оз. Щучье от нефти (Усинский район, Республика Коми) // Проблемы региональной экологии. 2008. № 1. С. 125–130.
6. Воробьев Д.С., Лушиников С.В., Фадеев В.Н., Лушиников В.С., Франк Ю.А. Опыт комплексной очистки обводненных карьеров от нефти // Экология и промышленность России. 2008. № 4. С. 26–28.
7. Воробьев Д.С. Влияние нефти и нефтепродуктов на макрозообентос // Изв. Том. политех. ун-та. 2006. Т. 309, № 3. С. 42–45.
8. Мартынова М.В. Роль некоторых бентосных организмов в удалении соединений азота и фосфора из донных отложений // Гидробиол. журн. 1985. Т. 21, № 6. С. 44–48.