

Влияние нефтяного загрязнения на почвенных беспозвоночных (мезофауны) в таежных лесах Среднего Приобья

А. В. СОРОМОТИН

Тюменская лесная опытная станция ВНИИЛМ,
625017 Тюмень, ул. Механизаторов, 5А

АННОТАЦИЯ

В статье содержатся сведения о структуре населения почвенных беспозвоночных мезофауны Среднего Приобья. На материалах многолетних исследований дается анализ влияния нефтяного загрязнения на комплексы почвенных беспозвоночных. Показано, что мезофауна почв по сравнению с фитоценозом и фауной мелких млекопитающих обладает повышенной чувствительностью к углеводородному загрязнению среды. Приводятся теоретические уравнения регрессии экспоненциального вида зависимости численности и биомассы почвенных беспозвоночных от концентрации нефти для зоны таежных лесов Среднего Приобья. Предлагаются индикаторные группы.

В настоящее время при разработке мероприятий по снижению отрицательного воздействия нефтедобычи на природные комплексы большое внимание уделяется последствиям углеводородного загрязнения окружающей среды. Один из

удобных объектов исследований — почвенные беспозвоночные, среди которых есть представители всех трофических групп гетеротрофных организмов. Общеизвестна четкая реакция педобитов на изменения свойств почвы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

К мезофауне относятся крупные почвенные беспозвоночные, легко учитываемые при ручной разборке образцов грунта, такие как дождевые черви, многоножки, моллюски, имаго и личинки многих отрядов насекомых [1].

При проведении работ на территории разлива нефти, характеризующейся равномерным распределением загрязнителя, сходными лесорастительными условиями и однотипным микрорельефом, закладывали пробную площадь (100 м²). Для изучения абсолютных значений численности, биомассы и видового состава использовали наиболее универсальный и доступный способ учета — взятие почвенных проб 25 × 25 см с ручной послойной разборкой: лесная подстилка и далее через 5 см с повторностью от 10 до 50. Биомассу определяли по фиксированным в спирте беспозвоночным. В местах раскопок отбирали образцы почвы по интервалам глубин для определения содержания общего нефтепродукта. В сходных лесорастительных и почвенных условиях — в не-

посредственной близости от изучаемого разлива закладывали контрольную пробную площадь, на которой проводили работы в том же объеме, за исключением отбора образцов грунта. Отсутствие нефтепродуктов в почвах контроля определяли на месте с помощью хлороформа. Всего обследовано 20 разливов нефти, заложено 24 пробные площади, взято свыше 600 проб, учтено более 10 000 беспозвоночных.

Чтобы избежать чисто качественного подхода в определении дозы нефти, выражаемой иногда такими чисто технологическими понятиями, как "облигатная зона загрязнения", "факельная свеча", "порыв нефтепровода", не имеющими отношения к природе, под интенсивностью загрязнения понимается содержание общего нефтепродукта, выраженное в процентах от воздушно-сухой массы субстрата. Это позволяет реально оценить нагрузку токсиканта на биоценоз в конкретной точке в момент наблюдений, а для обработки материала использовать методы математической статистики.

Наиболее богата и многочисленна мезофауна в кедрово-зеленомошных лесах: за весь период наблюдений средняя численность превосходила аналогичный показатель в кедровниках долгомошных и сосняках лишайниковых на 20,7 и 40,3 % соответственно, а биомасса — более чем в 10 раз (табл. 1). Большое распространение в регионе получили сфагновые леса и верховые болота, видовой состав мезонаселения которых значительно беднее при высокой общей численности, достигающей уровня в зеленомошниках.

Воздействие нефти и нефтепродуктов на комплексы мезофауны определяется в первую очередь интенсивностью загрязнения. Наибольшая гибель животных наблюдается в зонах с максимальным нефтяным загрязнением. Крупные беспозвоночные погибают при этом полностью [2-4].

Как показали исследования, нефтяное загрязнение резко отрицательно влияет на численность и биомассу мезофауны почв. Уравнение регрессии зависимости сохранности этих количественных характеристик сообществ беспозвоночных, выраженной в процентах от контроля, имеет вид: $y = \exp(a + bx)$. Для таежных лесов Среднего Приобья значения коэффициентов следующие:

по численности: $a = 4,80 \pm 0,35$; $b = -0,10 \pm 0,01$; коэффициент корреляции $r = -0,86 \pm 0,10$ при $P < 0,001$;

по биомассе: $a = 5,20 \pm 0,52$; $b = -0,10 \pm 0,02$; $r = -0,79 \pm 0,13$ при $P < 0,001$.

Если сравнить чувствительность к нефти педобионтов и таких элементов таежных биоценозов, как живой напочвенный покров, подрост хвойных пород, а из консументов — мелких млекопитающих (мышевидные грызуны и насекомоядные), графики устойчивости которых показаны на рисунке, то очевидно, что мезофауна — один из наиболее чувствительных компонентов таежных экосистем к такому виду антропогенного воздействия. Снижение численности педобионтов наполовину вызывается 10 % -ным уровнем содержания нефти в лесной подстилке, тогда как соответствующее уменьшение общего проективного покрытия живым растительным покровом — 15 %, сохранности мелких млекопитающих — 25 %, количества жизнеспособного подроста кедров — даже 35 %, [5]. Литературные данные [3, 6] и результаты собственных учетов (табл. 2) показывают, что и среди почвенных беспозвоночных мезофауна наиболее чувствительна.

При рассмотрении устойчивости к углеводородному загрязнению основных групп мезофауны

необходимо выделять уровни загрязнения почвы, так как реакция животных меняется в зависимости от дозы токсиканта. Мы разделили загрязнение на слабое — до 10 % нефти в лесной подстилке, когда сохраняется до 50 % педобионтов, среднее — от 10 до 20 %, когда численность падает еще наполовину, и сильное — более 20 % нефти в подстилке. Характер устойчивости к этим уровням загрязненности хорошо выражен в табл. 3.

Заметим, что наибольшую устойчивость, даже некоторое повышение численности, требующее специального исследования, проявляют дождевые черви (*Eisenia nordenskioldi* Eisen и *Limbricus rubellus* Hoff.). Многоножки, пауки и насекомые образуют группу организмов, сходных по степени реакции. Наиболее чувствительны моллюски (табл. 3).

При средней загрязненности Oligochaeta также наиболее устойчивы, а Mollusca — наименее. На участках с загрязнением более 20 % нефти ни дождевые черви, ни моллюски не встречаются — эта концентрация для вышеуказанных групп предельна. Наибольшую устойчивость проявляют Chilopoda (*Monotarsobius curtipes* C. Koch).

Среди наиболее многочисленных отрядов насекомых особой устойчивостью при слабой дозе не выделяется ни один, при средней — преобладают имаго и личинки жуков (Staphylinidae, Carabidae), а при сильной — личинки двукрылых.

Нефтяное загрязнение приводит не только к резкому сокращению численности, но и к значительному обеднению группового состава мезофауны за счет таких малоустойчивых элементов, как почвенные моллюски, гусеницы совок, червецы, личинки мягкотелок, проволочников, долгоносиков.

На загрязненных территориях иногда наблюдается смещение возрастной и размерной структур населения некоторых групп. Так, например, для стафилинид отмечено возрастание доли имаго на разливах на 48 % по сравнению с контролем. У пауков здесь средняя масса одной особи значительно превосходит аналогичный показатель на чистых участках: $(4,4 \pm 0,5)$ мг в опыте и $(2,4 \pm 0,2)$ мг в контроле (проанализировано 1715 экз., различия достоверны при $P < 0,001$). Для многоножек различий не обнаружено: $(4,8 \pm 0,6)$ мг в опыте и $(4,8 \pm 0,3)$ мг в контроле (421 экз.). Вероятно, из Arachnida на загрязненной территории способны выжить взрослые особи и более крупные виды, а для размерной и возрастной

Таблица 1

Состав мезофауны таежных лесов Среднего Приобья (численность — экз./м²; биомасса — г/м²)

Группа мезофауны	Кедровники зеленомошные	Кедровники долгомошные	Сосняки лишайниковые	Сосняки сфагновые
Oligocheta	14,2±3,6	0,5±0,2	—	—
Mollusca	9,6±4,2	5,6±2,2	—	1,1±0,8
Arachnida	134,9±25,5	175,0±15,6	99,2±12,6	153,1±15,1
Myriapoda	30,4±10,1	19,0±4,8	8,0±2,6	22,9±7,8
Insecta	237,5±20,5	138,4±16,6	150,4±16,8	296,5±33,3
Прочие	4,6±1,8	3,2±1,2	—	—
Отряды Insecta				
Lepidoptera	4,5 ± 1,6	1,8 ± 0,4	—	3,7 ± 2,4
Diptera	31,7 ± 12,6	6,9 ± 1,8	16,0 ± 5,8	31,1 ± 7,7
Homoptera	80,2 ± 12,8	27,4 ± 8,6	4,8 ± 2,4	162,1 ± 33,2
Hemiptera	3,8 ± 1,6	8,2 ± 3,6	—	—
Hymenoptera	16,0 ± 4,2	11,7 ± 3,4	8,0 ± 3,3	5,3 ± 2,8
Neuroptera	0,3 ± 0,1	1,0 ± 0,3	—	—
Coleoptera	99,2 ± 26,3	76,3 ± 22,1	100,8 ± 14,9	96,0 ± 12,8
Прочие	1,8 ± 0,3	5,1 ± 2,0	20,8 ± 4,8	—
Семейства Coleoptera				
Elateridae	24,0 ± 14,6	10,1 ± 3,0	25,6 ± 5,3	0,5 ± 0,1
Staphylinidae	44,8 ± 8,6	49,1 ± 8,8	60,8 ± 12,0	50,7 ± 9,1
Carabidae	11,2 ± 2,2	9,4 ± 3,0	—	6,4 ± 2,1
Cantharidae	11,5 ± 3,0	7,7 ± 1,2	11,2 ± 5,6	6,4 ± 2,8
Scarabacidae	0,6 ± 0,4	—	—	—
Curculionidae	0,7 ± 0,4	—	—	—
Прочие	6,4 ± 2,2	—	3,2 ± 2,1	30,9 ± 6,9
В С Е Г О	431,2 ± 32,2	341,7 ± 28,8	257,6 ± 19,7	473,6 ± 43,7
БИОМАССА	14,3 ± 1,8	1,5 ± 0,2	1,1 ± 0,4	1,6 ± 0,3

Таблица 2

Влияние нефтяного загрязнения на численность почвенных беспозвоночных в кедровнике (13 % нефти в почве; экз./м²)

Группа беспозвоночных	Чистая почва	Разлив нефти
Коллемболы	14 440,0 ± 4160,0	15 360,0 ± 1960,0
Клещи	21 080,0 ± 2118,0	20 210,0 ± 3200,0
Мезофауна	450,8 ± 38,6	271,0 ± 22,7*

* Различия достоверны при $P < 0,001$.

Таблица 3

Устойчивость основных групп мезофауны к нефтяному загрязнению (численность, % от контроля)

Группы мезофауны в порядке выраженности их устойчивости	Степень загрязнения (% нефти в подстилке)		
	слабая, до 10	средняя, 10–20	сильная, > 20
Chilopoda	66,7	45,5	29,0
Diptera	65,6	32,0	27,5
Insecta в целом	58,7	47,3	12,1
Coleoptera	61,2	56,5	8,7
Arachida	63,1	33,2	3,6
Homoptera	45,5	21,2	0,0
Mollusca	30,5	8,3	0,0
Oligochaeta	111,5	50,0	0,0



Влияние нефтяного загрязнения почвы на некоторые компоненты таежных экосистем:

а — численность мезофауны; б — биомассу мезофауны; в — общее проективное покрытие живым напочвенным покровом (1), численность мелких млекопитающих (2) и количество устойчивого подроста кедра (3)

структуры Chilopoda (представленных практически одним видом) наличие нефти значения не имеет. Понятно, что все это может приводить к нарушению характерной для каждого типа леса системы трофических связей, а следовательно, и динамики численности популяций, а дальше — и стабильности всего биоценоза.

Таким образом, проведенные исследования позволяют говорить о том, что мезофауна почв таежных лесов в Среднем Приобье достаточно обильна и разнообразна для использования ее

при оценке степени антропогенных нагрузок на биогеоценозы. Являясь одним из наиболее чувствительных компонентов, она позволяет учитывать слабые и локальные воздействия, что важно при нормировании техногенного загрязнения почв. В качестве индикаторов степени загрязнения наземных экосистем нефтепродуктами можно рекомендовать всех почвенных моллюсков, дождевых червей и один из самых массовых видов с повышенной чувствительностью к нефти — *Newsteadia floccosa* De Greer (Insecta, Homoptera).

ЛИТЕРАТУРА

1. М. С. Гиляров, Методы почвенно-зоологических исследований, М., Наука, 1975, 12-29.
2. С. М. Самосова, Т. И. Артемьева, Проблемы почвенной зоологии. Тез. докл. 6-го Всесоюз. совещания, Минск, Наука и техника, 1978, 207-208.
3. Т. И. Артемьева, Комплексы почвенных животных и вопросы рекультивации техногенных территорий, М., Наука, 1989.
4. А. В. Соромотин, Проблемы географии в Западной Сибири, вып. 1, Тюмень, 1992, 129-138.
5. С. Н. Гашев, Экология, 1992, 2, 40-48.
6. Т. И. Артемьева, А. К. Жеребцов, Т. М. Борисович, Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем, М., Наука, 1988, 82-99.