

Таблица. Интервальное распределение диаметров нанобактерий

Минеральное образование	Частоты распределения диаметров хламидий по интервалам ΔD , нм										$\bar{D}$, нм	S^2 , нм ²
	40...60	60...80	80...100	100...120	120...140	140...160	160...180	180...200	200...220			
В осадках воды	2	15	35	26	14	4	2	1	1	103,0	769,1	
В зубных камнях	3	20	37	24	6	5	2	2	1	100,0	885,0	
В желчных камнях	5	25	26	24	14	2	2	1	1	98,1	882,3	
В почечных камнях	1	22	29	20	15	8	3	1	1	105,2	944,0	
Совокупный (интегральный) минерал	11	82	127	94	49	19	9	5	4	101,5	868,1	

ванных нами, обнаруживается один и тот же вид карликовых хламидий — нанобактерий.

Не касаясь роли нанобактерий в инициировании того или иного заболевания, отметим, что они сопутствуют многим из них, обнаруживаясь при этих заболеваниях в тканях и органах человека, например, в зубных, желчных и почечных камнях. Демонстрацией этого факта, в частности, служат микрофотогра-

фии, приведенные на рис. 1. Присутствие нанобактерий в организме человека, по нашему мнению, можно рассматривать в качестве биоиндикатора, который указывает на то, что человек уже нездоров или может заболеть одной из болезней, которым сопутствуют нанобактерии, а присутствие нанобактерий в воде — в качестве экологического биоиндикатора не-удовлетворительного состояния воды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волков В.Т., Смирнов Г.В., Медведев М.А., Волкова Н.Н. Нанобактерия (перспективы исследований). — Томск: Изд-во «Твердыня», 2003. — 359 с.
2. Смирнов Г.В., Волков В.Т., Смирнов Д.Г., Волкова Н.Н. Исследование питьевой воды Томской области на наличие в ней нанобактерий // Провинциальный город: экономика, экология, архитектура, культура: Сб. матер. I Всеросс. научно-практ. конф. — Пенза, 2003. — С. 88–91.
3. Смирнов Г.В., Смирнов Д.Г. Нанобактерия и статистика некоторых заболеваний // Сахаровские чтения 2005 года: экологические проблемы XXI века: Матер. V Междунар. научн. конф. — Минск, 2005. — Ч. 1. — С. 156–157.
4. Смирнов Г.В., Смирнов Д.Г. Статистический анализ связи между минеральным составом воды и заболеваниями человека зобом, уролитиазом, сахарной и желчекаменной болезнями // Электронные средства и системы управления: Матер. Междунар. научно-практ. конф. — Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2004. — Ч. 2. — С. 45–47.
5. Смирнов Г.В., Смирнов Д.Г. Экологический фактор преждевременного старения человека — нанобактерия // Вестник СО АН высшей школы. — 2005. — № 1(9). — С. 26–35.

УДК 593.11:665.61

ВЛИЯНИЕ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕНИЙ НА НАДПОЧВЕННЫХ И ПОЧВЕННЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ

А.Г. Карташев, Т.В. Смолина, А.Ю. Черданцев

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
E-mail: stv136@mail.ru

Исследовалось влияние нефтезагрязнения в естественных условиях после рекультивации на численность и видовое разнообразие наземных и почвенных беспозвоночных. Показана зависимость видового и количественного состава наземных беспозвоночных от различных концентраций нефтезагрязнения через 1 и 3 года после рекультивации. Численность и видовое разнообразие почвенных беспозвоночных животных увеличивается с уменьшением концентрации нефтепродуктов.

Специфической особенностью нефтезагрязнений является отрицательное воздействие на живые организмы, проводящее к их гибели, миграции и снижению энергетического обмена. В зависимости от концентрации нефтепродуктов наблюдается снижение видового разнообразия и численности биообъектов. Наличие корреляционной взаимозависимости между численностью, видовым разнообразием беспозвоночных и уровнем нефтезагрязнений

позволяет использовать беспозвоночных животных в качестве объективных биоиндикаторов степени деградации почвы. Необходимо отметить, что видовой состав беспозвоночных существенно зависит от конкретных экологических условий и отражает реальные процессы восстановления почвы после рекультивации или в течение естественного протекания сукцессионных процессов. В то же время, нормирование нефтезагрязнения почв в зависимости от

концентрации нефтепродуктов в верхнем почвенном слое основано на биологических показателях. Так, почвы считаются загрязненными, если концентрация последних приводит к деградации или угнетению растительного покрова; существенной перестройке растительного сообщества; значительному упрощению сообществ почвенной биоты; снижению интегральной биологической активности [1].

Целью исследований являлось выявление зависимости видового и количественного состава надпочвенных и почвенных беспозвоночных в зависимости от концентрации нефтезагрязнений в Стрежевском районе Томской области (Советское месторождение).

Объекты и методы исследования

С целью оценки состояния фауны почвенных беспозвоночных на опытных и контрольных участках были взяты по стандартной методике [2] образцы почвенного грунта в пяти точках на каждом участке, для последующего анализа в лабораторных условиях. Проведено геоботаническое описание контрольных и опытных участков со сбором гербарного материала.

Для изучения состояния наземной фауны беспозвоночных животных, на опытных и контрольных площадках были проложены трансекты длиной 10 м с ловушками для наземных беспозвоночных, установленных на расстоянии 1 м друг от друга. Проверка ловушек осуществлялась еженедельно в течение всего периода исследований, т. е. с 12.07.2005 по 02.08.2005.

В 2003 г. в результате разлива произошло загрязнение почвы нефтью концентрацией 400 г/кг сухой почвы. В 2004 г. была проведена рекультивация участка.

В 2005 г. проведен анализ количества и видового разнообразия надпочвенных беспозвоночных через 1 год после рекультивации (табл.1).

В 2001 г. в результате разлива произошло загрязнение почвы нефтью концентрацией 600 г/кг сухой почвы. В 2002 г. проведены рекультивационные работы. В 2005 г. проведен анализ количества и видового разнообразия надпочвенных беспозвоночных через 3 года после рекультивации (табл. 2).

Характеристики нефти: среднее содержание парафинов 2,8 %, среднее содержание серы 0,3 %, плотность 0,823 г/см³. Статистическая обработка данных производилась с использованием программы Statistica 6.0.

Результаты исследований и обсуждение

Численность и видовой состав надпочвенных беспозвоночных животных

После проведения количественного анализа и видовой идентификации, полученные результаты исследований по наземной фауне беспозвоночных представлены в табл. 1, 2.

Анализ представленных в табл. 1 данных позволяет заметить общую обедненность фауны беспозвоночных животных на нефтезагрязненном участке. Видовой состав представлен в основном пауками-волками и черными жужелицами. На контрольном участке видовое разнообразие беспозвоночных увеличивается в 2 раза, в то время как численность беспозвоночных значительно колеблется в зависимости от периода наблюдения.

Анализ данных, представленных в табл. 2, позволяет заметить увеличение видового разнообразия на нефтезагрязненном участке через 3 года после проведения рекультивационных работ. Практически во всех учетах присутствуют жужелицы и лесные муравьи. На контрольном участке численность и видовое разнообразие беспозвоночных несколько превышает нефтезагрязненный участок. В то же время, наиболее часто встречаемыми видами, как и на опытной площадке, являются жужелицы.

Таблица 1. Численность и видовой состав наземных беспозвоночных в нефтезагрязненном районе через 1 год после рекультивации

Дата	Опытный участок		Контрольный участок	
	Видовой состав	Кол-во особей	Видовой состав	Кол-во особей
12.07.05	Сем. Lycosidae (отр. Aranei)	5	Сем. Lycosidae (отр. Aranei)	1
	Carabus coriaceus (Coleoptera) (жужелица черная)	2	Formica rufa (Hymenoptera) (муравей лесной)	3
			Agonum sexpunctatum (Быстряк шеститочечный)	1
19.07.05	Muscina stabulans (Diptera) (муха)	1	Calosoma sycophanta (Coleoptera) (Красотел пахучий)	2
	Carabus coriaceus (Coleoptera)	1	Carabidae, Carabus (Coleoptera) (жужелица)	5
	Сем. Lycosidae (отр. Aranei) (пауки-волки)	2	Сем. Lycosidae (отр. Aranei)	4
			Calosoma sycophanta (Coleoptera)	1
26.07.05	Carabus coriaceus (Coleoptera)	4	Tettigonia virigissima (Orthoptera) (кузнечик)	2
	Agonum sexpunctatum	1	Coleoptera, Byrrhidae	1
	Сем. Lycosidae (отр. Aranei)	3	Formica rufa (Hymenoptera)	1
			Tettigonia virigissima (Orthoptera)	1
02.08.05	Сем. Lycosidae (отр. Aranei)	7	Сем. Lycosidae (отр. Aranei)	3
	Carabus coriaceus (Coleoptera)	1	Сем. Lycosidae (отр. Aranei)	2
			Carabidae, Carabus (Coleoptera)	1
			Agonum sexpunctatum	4
			Calosoma sycophanta (Coleoptera)	5

Таблица 2. Численность и видовой состав наземных беспозвоночных в нефтезагрязненном районе через 3 года после рекультивации

Дата	Опытный участок		Контрольный участок	
	Видовой состав	Кол-во особей	Видовой состав	Кол-во особей
12.07.05	<i>Formica rufa</i> (Hymenoptera)	2	Carabidae, <i>Carabus</i> (Coleoptera)	4
	Carabidae, <i>Carabus</i>	1	<i>Calosoma sycophanta</i> (Coleoptera)	5
			<i>Agonum sexpunctatum</i>	2
19.07.05	<i>Calosoma sycophanta</i> (Coleoptera)	1	Coleoptera, Staphylinidae	4
	<i>Formica rufa</i> (Hymenoptera)	1	Chilopoda, Lithobiidae	2
	Carabidae, <i>Carabus</i> (Coleoptera)	2	<i>Formica rufa</i> (Hymenoptera)	1
26.07.05			Carabidae, <i>Carabus</i> (Coleoptera)	2
	Carabidae, <i>Carabus</i> (Coleoptera)	2	Carabidae, <i>Carabus</i> (Coleoptera)	1
	<i>Calosoma sycophanta</i> (Coleoptera)	2	Coleoptera, Staphylinidae	4
02.08.05	Сем. Lycosidae (отр. Aranei)	4	Chilopoda, Lithobiidae	1
	<i>Carabus coriaceus</i> (Coleoptera)	1	Carabidae, <i>Carabus</i> (Coleoptera)	4
	<i>Formica rufa</i> (Hymenoptera)	2	<i>Agonum sexpunctatum</i>	1

Таким образом, на основании проведенных исследований, можно считать, что фауна наземных беспозвоночных животных на нефтезагрязненных участках снижается как по общей численности, так и по видовому разнообразию. В тоже время, высокая мобильность численности и видового разнообразия наземных беспозвоночных не позволяет выявить статистически достоверную зависимость между исследованными показателями и остаточной концентрацией нефтепродуктов в поверхностном слое почвы.

Численность и видовой состав почвенных беспозвоночных животных

Результаты полевых исследований численности почвенных беспозвоночных (количество экземпляров на 1 г абсолютно сухой почвы) в зависимости от остаточной концентрации нефтепродуктов в заболоченных участках торфяных почв представлены в табл. 3. Анализ данных, представленных в таблице, позволяет выявить зависимость увеличения численности ракообразных амёб с уменьшением концентрации нефтепродуктов в верхнем 10 см слое почвы.

Таблица 3. Численность (количество на 1 г абсолютно сухой почвы) и видовой состав ракообразных амёб в зависимости от концентрации нефтепродуктов в почве

Концентрация нефти в почве (г/кг)	Численность ракообразных амёб	Количество видов ракообразных амёб	Количество нематод
Контроль	12000±200	20	400±50
5±2	6325±150	10	200±30
15,4±6	3750±175	6	100±20
28±7	2000±90	4	0
174±11	625±90	2	0

Так, при концентрации 174±11 г/кг нефтепродуктов в почвенном слое, количество ракообразных амёб составляет 625±30 экз. и представлено всего двумя, наиболее распространенными и устойчивыми к загрязнению видами: *Heleopera petricola*, *Centropyxis orbicularis*. Снижение концентрации нефтепродуктов в результате проведенных рекультивационных работ (15,4±6 г/кг), приводит к значительному повышению численности Testacea (ракообразных амёб) до 3750±175 экз. и втроекратному увеличению видового разнообразия. К ранее перечисленным видам добавляются *Arcella discoides*, *Assulina muscorum*, *Cyclopixis eurystoma* и *Euglyphis laevis*. При концентрации нефтепродуктов, равной 5 г/кг, количество ракообразных амёб составляет 6325±150 на 1 г почвы, число видов увеличивается до десяти и включает *Amphitrema*, *Arcella discoides*, *Assulina muscorum*, *Corythion dubium*, *Centropyxis orbicularis*, *Cyclopixis eurystoma*, *Heleopera petricola*, *Trigonopyxis arcua*, *Euglyphis laevis*.

Следовательно, увеличение общего количества ракообразных амёб, сопровождается повышением видового разнообразия характерных для исследованного типа почв представителей. На контрольном участке численность ракообразных амёб составила 12000±200 экз. на 1 г абсолютно сухой почвы с соответствующим увеличением видового разнообразия Testacea. Необходимо отметить, что снижение концентрации нефтепродуктов в почве сопровождается и появлением представителей класса нематод.

Отряд ракообразные амёбы (Testacea) относятся к одноклеточным животным, покрытым защитной раковиной, широко распространены в болотных системах Западной Сибири. Ракообразные амёбы одна из немногих групп беспозвоночных, выживающих в условиях повышенной кислотности верховых и переходных болот [3].

Как правило, основная масса Testacea находится в верхнем 10 см слое почвы, подвергающемуся максимальному влиянию нефтезагрязнений.

В зоне высокого загрязнения, по нашим наблюдениям и исследованиям других авторов [4, 5] ракообразные амёбы инцистируются, переходят в покоящуюся стадию и остаются, по существу, единственной группой беспозвоночных животных, способных оставаться живыми и увеличивать свою численность пропорционально снижению концентрации нефтепродуктов.

Таким образом, на основании проведенных исследований в сильно загрязненных нефтепродуктами

ми участках, численность раковинных амёб составила менее 1000 ± 100 экз. на 1 г абсолютно сухой почвы. В умеренно загрязнённых нефтепродуктами почвах — $1000 \dots 2000 \pm 100$ на 1 г абсолютно сухой почвы. В относительно чистых и чистых почвах более $2500 \dots 5000$ особей раковинных амёб на 1 г абсолютно сухой почвы.

Заключение

1. Полевые исследования фауны надпочвенных беспозвоночных животных на нефтезагрязнённых участках Советского месторождения Томской области показали уменьшение численности и видового разнообразия беспозвоночных животных с ростом концентрации нефтезагрязнения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карташев А.Г. Биоиндикация экологического состояния окружающей среды. — Томск: Изд-во «Водолей», 1999. — 192 с.
2. Гельцер Ю.Г., Корганова Г.А., Алексеев Д.А. Определитель почвообитающих раковинных амёб. — М.: Изд-во МГУ, 1995. — 88 с.
3. Гельцер Ю.Г., Корганова Г.А., Алексеев Д.А. Почвенные раковинные амёбы и методы их изучения. — М.: Изд-во МГУ, 1985. — 90 с.

2. Выявлен отряд раковинных амёб, численность и видовой состав которых существенно зависит от степени нефтезагрязнения: для сильно загрязнённых участков — 1000 ± 100 амёб на 1 г абсолютно сухой почвы; для умеренно загрязнённых — порядка 2000 ± 100 амёб) и для относительно чистых почв — $(2500 \dots 5000) \pm 200$ амёб.
3. Количество раковинных амёб, отнесенное на 1 г сухой почвы, в связи с повсеместной распространённостью этого вида амёб во всех видах почв Западной Сибири можно рассматривать в качестве универсального экологического критерия нефтезагрязнений и использовать при разработке нормативов допустимого остаточного содержания нефтепродуктов в почвах.

4. Бобров А.А. Эколого-географические закономерности распространения и структуры сообществ раковинных амёб (Protozoa: Testacea): Автореф. дис. ... д.б.н. — М., 1999. — 47 с.
5. Гельцер Ю.Г., Корганова Г.А. Адаптация простейших к жизни в почве и их индикационное значение // Почвенные простейшие. Протозоология. Вып. 5. — Л.: Наука, 1980. — С. 36–51.

УДК 593.11:665.61

ВЛИЯНИЕ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ПОПУЛЯЦИЮ РАКОВИННЫХ АМЁБ

А.Г. Карташев, Т.В. Смолина

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
E-mail: stv136@mail.ru

Исследовалось влияние нефтезагрязнения на численность и видовое разнообразие раковинных амёб в полевых и лабораторных условиях. В полевых условиях изучалось влияние остаточной концентрации нефтепродуктов в заболоченных участках торфяных почв на популяцию раковинных амёб. В модельных экспериментальных условиях изучалось влияние нефтезагрязнения концентрацией 10, 20, 30 мг/кг свежей почвы на природную популяцию раковинных амёб в течение 30 сут. В модельных экспериментальных и полевых условиях было установлено снижение численности и видового разнообразия раковинных амёб в зависимости от концентрации нефти в почве.

Раковинные амёбы (Testacea) являются непременными компонентами почвенных биоценозов. Раковинные амёбы могут использоваться как индикаторы физических и химических свойств почв: отмечается тесная связь структуры населения и динамики популяций со значениями pH, C/N, регистрируется зависимость тестаций от температуры почвы, осадков, испарения [1], изменение плотности и биомассы раковинных амёб от удобрения почвы азотом и фосфором [2] и после внесения гербицидов [3].

Раковинные амёбы относятся к одноклеточным животным, покрытым защитной раковиной, широко распространены в болотных системах Западной Сибири. Раковинные амёбы одна из немногих групп беспозвоночных, выживающих в условиях повышенной кислотности верховых и переходных болот [4].

Значительные количества органических соединений, поступающих в окружающую природную среду при освоении нефтегазовых ресурсов, приводят к тому, что данный вид загрязнения становится приоритетным для многих районов нефтедобычи. Также это характерно и для Западно-Сибирского региона. Наряду с аварийными ситуациями (выбросы из скважин, порывы нефтепроводов, разгерметизация резервуаров и т. п.), обуславливающих, как правило, значительные масштабы нефтезагрязнения окружающей среды, утечки органических поллютантов за пределы промплощадок происходят и при «нормальной» эксплуатации нефтепромысловых объектов.

Целью данной работы было исследование влияния нефтезагрязнения на популяцию раковинных амёб в полевых и лабораторных условиях.