

Влияние нефтезагрязнений на коловраток

А. Г. КАРТАШЕВ, М. В. КОВАЛЬСКАЯ

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
634050, Томск, просп. Ленина, 40
E-mail: kovalskaya.m@yandex.ru

АННОТАЦИЯ

Представлены результаты влияния нефтезагрязнения на численность и возрастную структуру коловраток *Brachionus plicatilis* в лабораторных условиях. В модельных экспериментальных условиях изучалось влияние нефтезагрязнения (5, 10, 20, 40, 80, 160, 320 мл/л воды) на популяцию коловраток. Выявлены три стадии адаптивных реакций коловраток в зависимости от концентрации нефти: стимуляции, резистентности и депрессии. Выявлена возрастная устойчивость коловраток к нефтезагрязнениям.

Ключевые слова: коловратки, нефтезагрязнение, резистентность, возрастная устойчивость.

Коловратки (Rotatoria) – одна из важнейших групп зоопланктона, выполняющих существенную экологическую функцию в водных экосистемах [1]. Благодаря своим небольшим размерам и высоким скоростям обмена, способности быстро наращивать численность путем партеногенетического размножения и пластичным жизненным циклом они наиболее чувствительны к изменению условий водных экосистем, могут быстро приспосабливаться и заполнять свободные экологические ниши [1–3]. Численность коловраток превышает 1000 экз./л и составляет совместно с простейшими основу микрозоопланктона озер [4]. Коловратки используются как биологические индикаторы свойств воды: отмечена чувствительность солоноводных коловраток к различным токсичным веществам, производным нефти [5–7]. Такие характеристики, как покоящиеся яйца, относительно медленная скорость плавания, легкость культивирования, позволили рассматривать данные организмы в качестве объектов экспериментальных и полевых исследований, удобной моде-

ли для тестирования экологических и эволюционных теорий [4]. Общеизвестно, что коловратки должны включаться в систему мониторинга озер [8].

Увеличение объемов добычи нефти приводит к усилению техногенной нагрузки на все компоненты экосистемы, в том числе и на водные объекты. Усиление нефтезагрязнений водоемов, негативное действие вредных веществ отражаются на всех звеньях водной экосистемы: среде обитания гидробионтов, количественном и качественном составе планктонных, донных и рыбных сообществ, размещении их в пространстве; нарушаются биология размножения, развитие и поддержание необходимой численности видов гидробионтов [9, 10]. В результате среда обитания водных организмов изменяется и становится непригодной для их существования [11]. При нефтезагрязнениях водоемов выявлено изменение численности коловраток [12]. В то же время отсутствие количественных данных изменений численности популяций в зависимости от концентрации нефтезагрязнений затрудняет использование ис-

следуемой группы организмов при оценки уровня нефтезагрязнений водоемов.

Цель данной работы – исследование влияния различных концентраций нефти на популяцию коловраток *Brachionus plicatilis* в контролируемых условиях.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследовали покоящиеся яйца солоноводных коловраток *Brachionus plicatilis* (Muller 1786), собранные в оз. Каракуль Алтайского края в ноябре 2009 г. Яйца отбирали планктонной сетью Апштейна, изготовленной из мельничного сита с ячейей 75 мкм.

При лабораторном наблюдении за живыми объектами и для изучения возрастной структуры популяции коловраток помещали в микроаквариумы объемом до 250 мл, наполненные водой с аналогичным химическим составом исходной среды. Для просмотра и фотографирования коловраток пипеткой переносили на предметное стекло и накрывали покровным стеклом с пластилиновыми или восковыми ножками. После фотографирования коловраток возвращали в микроаквариумы, где они продолжали свое развитие.

Подсчет и анализ коловраток проводился под световым микроскопом “Биомед 3” и цифровым микроскопом Motic DM-BA300 с увеличением $\times 400$ [3, 13]. Солоноводная коловратка брахионус пликатилис (*Brachionus plicatilis*) относится к мельчайшим многоклеточ-

ным животным класса Коловратки (Rotatoria). Пробы обрабатывали счетным методом в камере Богорова [14]. Загрязнения нефтью кювет с беспозвоночными проводили с каждой концентрацией в пятикратной повторности при параллельном контроле. Использовали следующие концентрации нефти: 5, 10, 20, 40, 80, 160, 320 мл/л воды. Контролем служила незагрязненная вода. Продолжительность эксперимента 15 сут. Опыты проводили при комнатной температуре $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ со слабой продувкой аэратором. Питание коловраток осуществлялось через день раствором из пекарских дрожжей из расчета 100 мг на 1 л воды. Статистическую обработку данных производили в табличном процессоре Microsoft[®] Excel 2003 и пакете Statistica 6.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Среднестатистические данные изменений численности коловраток свидетельствуют, что концентрация нефти 10 мл/л оказывает стимулирующее влияние на численность на 8-е сут последствия (рис. 1). На 12-е сут наблюдается увеличение численности коловраток при концентрации нефти 10 и 20 мл. На 15-е сут численность беспозвоночных в загрязненной воде равна $(13\ 125 \pm 3050,0)$; $(16\ 083 \pm 1326,0)$; $(17\ 667 \pm 811,4)$ экз./л по сравнению с контролем – $(15\ 750 \pm 778,6)$ экз./л. Статистически достоверные изменения наблюдаются только при концентрации 20 мл/л.

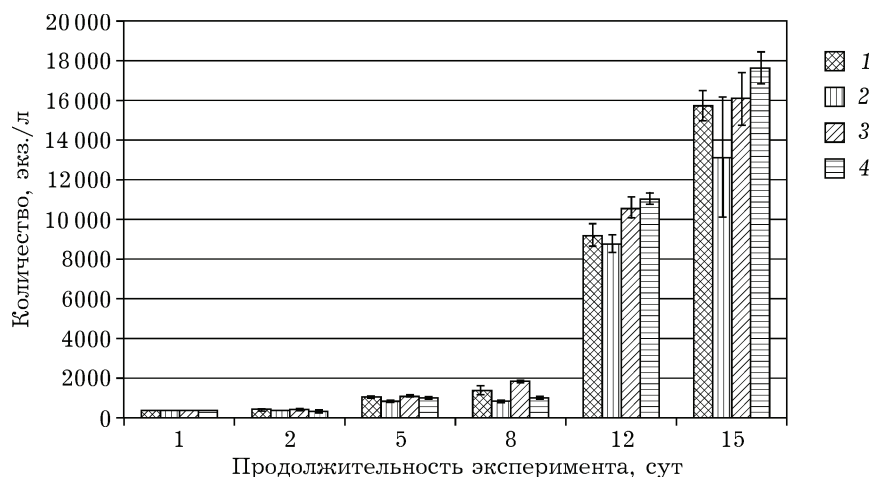


Рис. 1. Изменение численности коловраток в зависимости от дозы внесения нефти: 1 – контроль, при концентрации нефти, мл/л: 2 – 5, 3 – 10, 4 – 20

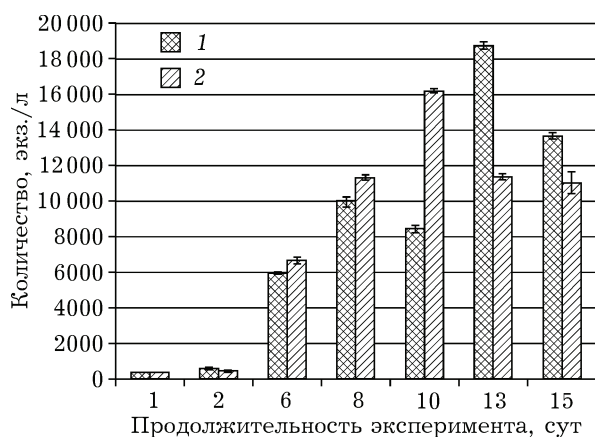


Рис. 2. Изменение численности коловраток в зависимости от дозы внесения нефти: 1 – контроль; 2 – при концентрации 40 мл/л

Увеличение численности может быть связано с развитием нефтебактерий, которыми стали дополнительно питаться коловратки.

При увеличении дозы нефти до 40 мл/л воды в течение 10 сут происходит рост численности коловраток до $(16\ 160 \pm 262,5)$ экз./л, что значительно больше по сравнению с контролем – $(8440 \pm 177,1)$ экз./л. Начиная с 13-суточного периода наблюдений происходит снижение численности до $(13\ 660 \pm 158,1)$ экз./л на 15-е сут (рис. 2).

При загрязнении 80, 160, 320 мл/л наблюдается снижение численности на 4-е сут до $(325 \pm 23,7)$; $(100 \pm 15,8)$; $(400 \pm 47,4)$ экз./л. В течение последующих суток численность также снижается до $(1200 \pm 63,2)$; $(18 \pm 2,8)$;

$(49 \pm 9,2)$ экз./л по сравнению с контролем – $(18\ 950 \pm 679,9)$ экз./л (рис. 3).

Анализ данных показал, что количество самок с созревшими яйцами недостоверно изменяется в течение всего периода наблюдений при уровне нефтезагрязнений 5 и 10 мл/л (табл. 1). При концентрации нефти 20 мл/л наблюдается снижение численности самок в первые 8 сут последствия с последующим повышением численности коловраток на 12-е и 15-е сут. Аналогичная зависимость изменения численности характерна и для неполовозрелых особей. Повышение численности исследуемых беспозвоночных при используемых уровнях нефтезагрязнений наблюдается на 12-е и 15-е сут наблюдений. В то же время численность половозрелых особей при действии нефти после существенного повышения на 12-е сут опускается ниже контрольного уровня на 15-е сут последствия. Следовательно, стимулирующий эффект повышения численности коловраток при относительно небольших уровнях нефтезагрязнений в большей степени характерен для самок и неполовозрелых особей.

Результаты исследований по влиянию нефти (40 мл/л) свидетельствуют о развитии стадии резистентности, т. е. устойчивой адаптации популяции коловраток к соответствующей концентрации нефтезагрязнений (табл. 2). Так, количество самок с созревающими яйцами после снижения во 2-е сут по-



Рис. 3. Изменение численности коловраток в зависимости от дозы внесения нефти: 1 – контроль, при концентрации нефти, мл/л: 2 – 80, 3 – 160, 4 – 320

Т а б л и ц а 1

Изменения численности (экз./л) возрастных групп коловраток в зависимости от концентрации нефтезагрязнений

Доза нефти, мл/л	Период наблюдений, сут					
	1	2	5	8	12	15
<i>Неполовозрелые коловратки</i>						
Контроль	74 ± 2	167 ± 40	399 ± 72	433 ± 127	4167 ± 187	2084 ± 463
5	72 ± 2	67 ± 9	383 ± 48	317 ± 48	2750 ± 237	3250 ± 395
10	79 ± 3	183 ± 46	383 ± 24	633 ± 37	4563 ± 217	4416 ± 899
20	73 ± 3	117 ± 24	550 ± 47	333 ± 36	4083 ± 365	4750 ± 553
<i>Половозрелые коловратки</i>						
Контроль	268 ± 3	150 ± 27	350 ± 57	383 ± 75	2625 ± 198	10 166 ± 476
5	273 ± 3	250 ± 16	167 ± 24	167 ± 40	4417 ± 241	6000 ± 158
10	265 ± 3	183 ± 33	333 ± 9	533 ± 46	3729 ± 80	8666 ± 398
20	273 ± 4	133 ± 46	150 ± 16	217 ± 37	3500 ± 285	6750 ± 316
<i>Самки коловраток с созревающими яйцами</i>						
Контроль	31 ± 1	100 ± 16	317 ± 9	517 ± 93	2375 ± 316	3500 ± 158
5	30 ± 2	125 ± 8	300 ± 42	367 ± 33	1667 ± 241	3875 ± 277
10	29 ± 2	67 ± 9	400 ± 42	683 ± 48	2250 ± 237	3000 ± 474
20	30 ± 1	83 ± 18	300 ± 3	450 ± 27	3417 ± 299	6167 ± 165

следствия увеличивается на 6-е и 8-е сут, понижается на 10-е и превышает контрольный уровень на 13-е и 15-е сут. Для неполовозрелых особей характерно незначительное снижение общей численности в первые 8 сут последствия нефти, нормализация на 10-е сут с последующим статистически недостоверным снижением на 13-е и 15-е сут. Численность половозрелых особей повышается со 2-х сут действия нефти, достигает максимальных значений к 10-м сут после-

действия и статистически не отличается от контрольной группы на 13-е и 15-е сут.

Влияние нефтезагрязнений при концентрации 80, 160 и 320 мл/л на численность разновозрастных групп коловраток свидетельствует о развитии депрессионной стадии, характеризующейся снижением количества особей исследуемых популяций в результате вымирания (табл. 3). При данных концентрациях нефти на поверхности воды образуется нефтяная пленка на протяжении

Т а б л и ц а 2

Изменения численности (экз./л) возрастных групп коловраток в зависимости от концентрации нефтепродуктов

Период наблюдений, сут	Неполовозрелые коловратки		Половозрелые коловратки		Самки коловраток с созревающими яйцами	
	Контроль	40 мл/л	Контроль	40 мл/л	Контроль	40 мл/л
1	109 ± 5	108 ± 6	244 ± 3	241 ± 2	12 ± 2	10 ± 1
2	220 ± 19	80 ± 6	80 ± 2	160 ± 9	360 ± 2	200 ± 8
6	2420 ± 107	2080 ± 38	2900 ± 57	3820 ± 183	580 ± 6	760 ± 3
8	2880 ± 88	2760 ± 107	5400 ± 158	4800 ± 190	2560 ± 126	3720 ± 126
10	3520 ± 126	5440 ± 158	3120 ± 126	9920 ± 348	1240 ± 95	800 ± 32
13	8280 ± 152	4500 ± 133	9880 ± 253	6040 ± 291	560 ± 28	780 ± 6
15	4300 ± 70	2980 ± 183	8820 ± 70	7140 ± 323	540 ± 19	880 ± 88

Изменения численности (экз./л) возрастных групп коловраток в зависимости от концентрации нефтепродуктов

Доза нефти, мл/л	Период наблюдений, сут				
	1	4	7	11	14
<i>Неполовозрелые коловратки</i>					
Контроль	139 ± 10	675 ± 8	1750 ± 79	7850 ± 364	5650 ± 332
80	137 ± 9	125 ± 24	450 ± 16	1300 ± 32	400 ± 32
160	139 ± 9	25 ± 2	6 ± 1	4 ± 1	3 ± 1
320	138 ± 7	125 ± 24	150 ± 2	38 ± 2	18 ± 2
<i>Половозрелые коловратки</i>					
Контроль	234 ± 10	1250 ± 32	950 ± 79	8600 ± 348	8850 ± 285
80	238 ± 11	50 ± 2	275 ± 24	1175 ± 35	325 ± 55
160	237 ± 12	50 ± 3	9 ± 1	7 ± 1	4 ± 1
320	240 ± 12	125 ± 8	200 ± 32	46 ± 2	23 ± 1
<i>Самки коловраток с созревающими яйцами</i>					
Контроль	40 ± 1	400 ± 63	1900 ± 95	1000 ± 126	4450 ± 139
80	38 ± 2	150 ± 5	475 ± 55	625 ± 8	475 ± 16
160	35 ± 2	25 ± 2	35 ± 2	15 ± 1	11 ± 1
320	38 ± 1	150 ± 16	75 ± 8	16 ± 1	8 ± 1

всей продолжительности опыта. Для уровня нефтезагрязнений 80 мл/л характерно торможение относительно контрольной группы динамики численности коловраток. Количество самок за 14 сут наблюдений при действии нефти увеличилось в 12 раз, в контрольной группе – в 111, неполовозрелых особей – в 3, в контроле – в 41, половозрелых при действии нефти – в 1,4 и в контроле – в 38 раз.

Следовательно, к токсическому влиянию нефти наиболее устойчивы самки с созревающими яйцами, наименее устойчивы половозрелые особи.

Таким образом, на основании проведенных исследований по влиянию нефтезагрязнений на коловраток можно сделать следующие выводы:

1. Нефтезагрязнение различных концентраций вызывает существенное изменение численности солоноводных коловраток. Концентрация нефти порядка 20 мл/л стимулирует увеличение численности коловраток. Повышение концентрации нефти приводит к снижению численности и гибели беспозвоночных.

2. Выявлены три стадии адаптивных реакций коловраток в зависимости от концент-

рации нефти: стимуляции (при концентрации нефти 20 мл/л воды), резистентности (при 40 мл/л) и депрессии (при 80, 160, 320 мл/л).

3. Стимулирующий эффект повышения численности коловраток при относительно небольших уровнях нефтезагрязнений в большей степени характерен для самок с созревающими яйцами и неполовозрелых особей.

4. Выявлена возрастная устойчивость коловраток к нефтезагрязнениям: к токсическому влиянию нефти наиболее устойчивы самки с созревающими яйцами, наименее устойчивы половозрелые особи.

Работа выполнена в рамках реализации ФЦП “Научные и научно-педагогические кадры инновационной России” на 2009–2013 годы (государственный контракт № 14.740.11.0504).

ЛИТЕРАТУРА

1. Галковская Г. А., Вежновец В. В., Зарубов А. И., Молотков Д. В. Коловратки (Rotifera) в водных экосистемах Беларуси. Минск: БГУ, 2001. 185 с.
2. Segers H. Annotated checklist of the rotifers (Phylum Rotifera), with notes on nomenclature, taxonomy and distribution // J. Zootaxa. 2007. Vol. 1564. P. 1–104.
3. Кутикова Л. А. Коловратки фауны СССР (Rotatoria). Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1970. 744 с.

4. Коловратки (таксономия, биология и экология): тезисы и мат-лы IV Междунар. науч. конф. по коловраткам. Борок, 6–8 декабря 2005 г. Борок, 2005. 346 с.
5. Snell T. W., Moffat B. D., Janssen C., Persoone G. Acute toxicity Tests Using Rotifers. IV. Effects of Cysts Age, Temperature and Salinity on the Sensitivity of *Brachionus calyciflorus* // *J. Ecotoxicol Envir. Safety*. 1991. Vol. 24. P. 308–317.
6. Snell T. W., Janssen C. R. Microscale toxicity testing with rotifers // *Microscale Testing in Aquatic Toxicology* / P. G. Wells, K. Lee, Ch. Blaise (eds.). *Advances: Techniques and Practice*. CRC Press, 1998. P. 409–422.
7. Ferrando M. D., Andreu-Moliner E. Acute toxicity of toluene, hexane, xylene and benzene to the rotifers *Brachionus calyciflorus* and *Brachionus plicatilis* // *J. Bull. Envir. Cont. Toxic.* 1992. Vol. 49, P. 266–271.
8. Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем: материалы Междунар. науч. конф. СПб.: Изд-во ЛЕМА, 2007. 338 с.
9. Карташев А. Г. Биоиндикация экологического состояния окружающей среды. Томск: Водолей, 1999. 192 с.
10. Карташев А. Г. Экологические аспекты нефтедобывающей отрасли Западной Сибири. Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2007. 218 с.
11. Абдурахманов Г. М., Ахмедова Г. А., Гасангаджиева А. Г. Загрязнение западной части среднего Каспия нефтяными углеводородами и биологическое разнообразие // *Вестн. Астраханского гос. техн. ун-та*. 2006. С. 151–158.
12. Лоскутова О. А., Фефилова Е. Б. Зоопланктон и зообентос рек Печорского бассейна в условиях аварийного загрязнения нефтепродуктами // *Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление*. 2004. Т. 6, № 2. С. 146–162.
13. Чертопруд М. В., Чертопруд Е. С. Краткий определитель беспозвоночных пресных вод центра европейской части. М.: Макс-пресс, 2003. 184 с.
14. Киселев И. А. Планктон морей и континентальных водоемов. Т. 1. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1969. 657 с.

The Effect of Petropollution on Rotifera

A. G. KARTASHEV, M. V. KOVALSKAYA

*Tomsk State University of Control System and Radioelectronics
634050, Tomsk, Lenin ave., 40
E-mail: kovalsckaya.m@yandex.ru*

Results on the influence of petropollution on the number and age structure of rotifers *Brachionus plicatilis* under laboratory conditions are presented. The influence of petropollution on the population of rotifers was studied under modeling experimental conditions with the oil concentrations of 5; 10; 20; 40; 80; 160; 320 ml/l of water. Three stages of adaptive reactions of rotifers depending on the concentration of oil were revealed: stimulation, resistance and depression. The age stability of rotifers to petropollution was revealed.

Key words: Rotifers, petropollution, resistivity, age stability.