

## АДАПТИВНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЧИСЛЕННОСТИ И СТРУКТУРЫ СООБЩЕСТВ РАКОВИННЫХ АМЕБ ПРИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕНИЯХ

Карташев А.Г.<sup>1</sup>, Денисова Т.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники», Томск, Россия (634050, г. Томск, пр. Ленина, 40), e-mail: kartag@rambler.ru

<sup>2</sup>Юргинский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Юрга, Россия (652055, г. Юрга, ул. Ленинградская, 26), e-mail: stv136@mail.ru

---

Показано влияние различных концентраций нефти на численность и структуру сообществ раковинных амёб в почвах подтаежной зоны Западной Сибири. Нефть вносили в концентрациях 10, 20, 50, 100 и 200 г/кг почвы. Наибольшее воздействие на структуру и численность сообществ оказывает нефтезагрязнение концентрацией 200 г/кг. Показано, что раковинные амёбы родов *Plagiopyxis*, *Centropyxis*, *Cyclopyxis* наиболее устойчивые, а раковинные амёбы родов *Corytion*, *Trinema*, *Nebela*, *Hyalosphenia* менее устойчивые к нефтезагрязнению. Устойчивость трех основных родов (*Plagiopyxis*, *Centropyxis*, *Cyclopyxis*) обусловлена строением раковинки. Выделены четыре основные стадии развития адаптаций сообществ тестацей: резистентности, снижения численности и видового разнообразия сообществ, депрессивная стадия цистирования и вымирания, восстановительная стадия. Каждый из этапов перестройки сообществ обратим и при уменьшении действующих факторов способен к восстановлению.

Ключевые слова: нефтезагрязнение, раковинные амёбы, адаптация.

## ADAPTIVE CHANGE OF THE NUMBER AND STRUCTURE OF TESTATE AMOEBAE COMMUNITIES IN OIL POLLUTION

Kartashev A.G.<sup>1</sup>, Denisova T.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Tomsk, Russia (634050, Tomsk, Lenina Prospect, 40), e-mail: kartag@rambler.ru

<sup>2</sup>Yurga Institute of Technology, TPU Affiliate, Yurga, Russia (652055, Yurga, street Leningradskaya, 26), e-mail: stv136@mail.ru

---

We have done the effect of different concentrations of oil on the testate amoebae community structure in soils of sub-taiga zone of Western Siberia. Oil concentrations were 10, 20, 50, 100 and 200 g/kg of soil. The greatest impact on the structure and number of communities had oil pollution concentration of 200 g/kg. Testate amoebae genus *Plagiopyxis*, *Centropyxis*, *Cyclopyxis* the most sustainable, and testate amoebae genus *Corytion*, *Trinema*, *Nebela*, *Hyalosphenia* less resistant to oil pollution. Stability of three main genera (*Plagiopyxis*, *Centropyxis*, *Cyclopyxis*) caused by a structure of shell. There are four main stages in the development of adaptations communities testate amoebae: resistance, reduction in the numbers and species diversity of communities, the depressive stage of cyst and extinction, restorative stage. Each of the stages of restructuring communities pay with the decrease of the factors capable to recover.

Keywords: oil pollution, testate amoebae, adaptation.

Раковинные амёбы являются неременным компонентом естественных и антропогенных биоценозов и широко распространены в почвах Западной Сибири [2]. Тестацеи устойчивы к различным химическим загрязнениям компонентов окружающей среды, а также к изменениям параметров окружающей среды [3-8]. Изучение влияния нефтезагрязнений, представленное в проведённой нами работе [1], выявило высокую устойчивость раковинных амёб к нефтезагрязнениям. В то же время особенности приспособляемости сообществ тестацей к химическим загрязнениям почв описаны недостаточно. Целью настоящей работы являлось изучение особенностей адаптации сообществ раковинных амёб к длительному

влиянию нефти различной концентрации. Для оценки влияния нефти на популяцию раковинных амеб был заложен полевой модельный эксперимент на сухом луге. Опытные площадки размером 1 м<sup>2</sup> поверхностно загрязнялись товарной нефтью. Схема опыта включала следующие варианты с дозированным внесением нефти: контроль (без нефти), нефтезагрязнения: 10, 20, 50, 100, 200 г/кг. Отбор проб осуществлялся еженедельно в 7, 14, 21, 28, 35, 41, 48, 55, 61, 68, 75, 83, 90, 97, 104, 372, 379, 386, 393, 400, 407, 414, 421, 428, 435, 442, 449, 456, 463 и 470 сутки нефтезагрязнений. Изучались изменения численности и структуры сообществ раковинных амеб родов *Corytion*, *Trinema*, *Nebela*, *Hyalosphenia*, *Centropyxis*, *Cyclopyxis*, *Plagiopyxis* под влиянием различных доз нефтепродуктов, действующих в течение исследуемого периода.

Результаты исследований выживаемости основных видов раковинных представлены в таблице 1.

Таблица 1

Выживаемость различных видов раковинных амеб в зависимости от концентрации нефтезагрязнения

Виды раковинных амеб	Первоначальная концентрация нефти (г/кг)											
	7-й день						60-й день					
	0	10	20	50	100	200	0	10	20	50	100	200
<i>Arcella catinus</i>	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	-	-
<i>Centropyxis aerophila</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>C. elongata</i>	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	-
<i>Cyclopyxis eurystoma v. parvula</i>	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	-	-
<i>C. kahli</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Plagiopyxis penardi</i>	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+
<i>P. declivis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Heleopera petricola</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>H. sylvatica</i>	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	-	-
<i>Hyalosphenia elegans</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>H. papilio</i>	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+
<i>Nebela collaris</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>N. tubulosa</i>	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	-	-
<i>Euglypha laevis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>E. compressa</i>	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	-	-
<i>E. ciliata</i>	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	-
<i>Assulina muscorum</i>	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	-	-
<i>Trinema lineare v. minuskula</i>	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+
<i>T. lineare</i>	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	-
<i>T. penardi</i>	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+
<i>T. complanatum</i>	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	-

<i>Corytion dubium</i>	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	-
<i>C. orbicularis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Анализ результатов позволил разделить исследуемое сообщество раковинных амёб по степени их устойчивости к влиянию нефти. В загрязненной почве на 7 и 60 сутки преобладали раковинные амёбы родов *Plagiopyxis*, *Centropyxis*, *Cyclopyxis*. Следовательно, можно считать, что раковинные амёбы родов *Plagiopyxis*, *Centropyxis*, *Cyclopyxis* наиболее устойчивые, а раковинные амёбы родов *Corytion*, *Trinema*, *Nebela*, *Hyalosphenia* менее устойчивые к нефтезагрязнению. Устойчивость трех основных родов (*Plagiopyxis*, *Centropyxis*, *Cyclopyxis*), вероятно, обусловлена строением раковинки - наличием второй камеры.

На рис. 1 показано изменение численности двухкамерных амёб при концентрации нефти 20 г/кг. В течение первых 28 суток происходит постепенное снижение численности двухкамерных тестаций. В 28-69 сутки наблюдается снижение численности до 50% и, начиная с 76 суток нефтезагрязнений, происходит восстановление численности амёб.



Рис. 1. Изменение численности родов двухкамерных раковинных амёб при концентрации нефти 20 г/кг на 7-98 сутки

Динамика изменений однокамерных амёб при нефтезагрязнении 20 г/кг представлена на рис. 2. Значительное снижение численности простейших до 70% наблюдается в первые 35 суток нефтезагрязнений, высокий уровень колебаний численности и неустойчивый период восстановления в 90-104 сутки. Следовательно, при относительно невысоком уровне загрязнений почв нефтью происходит дифференциация структуры сообществ раковинных амёб по степени их устойчивости к конкретному типу загрязнений.

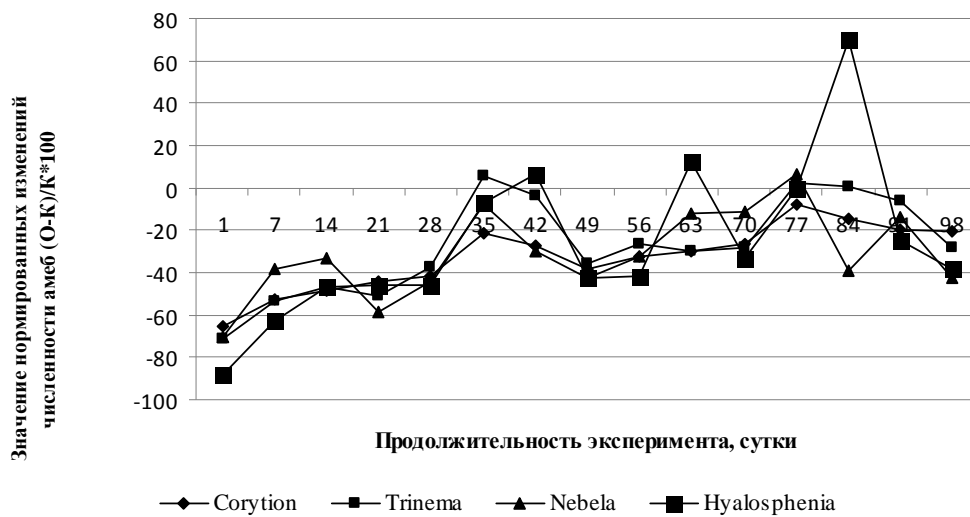


Рис. 2. Изменение численности родов однокамерных раковинных амёб при концентрации нефти 20 г/кг на 7-98 сутки

Последующий анализ восстановительного этапа численности двухкамерных раковинных амёб, проведённый через год, свидетельствует о повышенной численности простейших в первой половине лета (рис. 3). Высокая численность тестацей свидетельствует об активной микробиологической деятельности почвенных микроорганизмов, входящих в пищевой рацион тестацей.

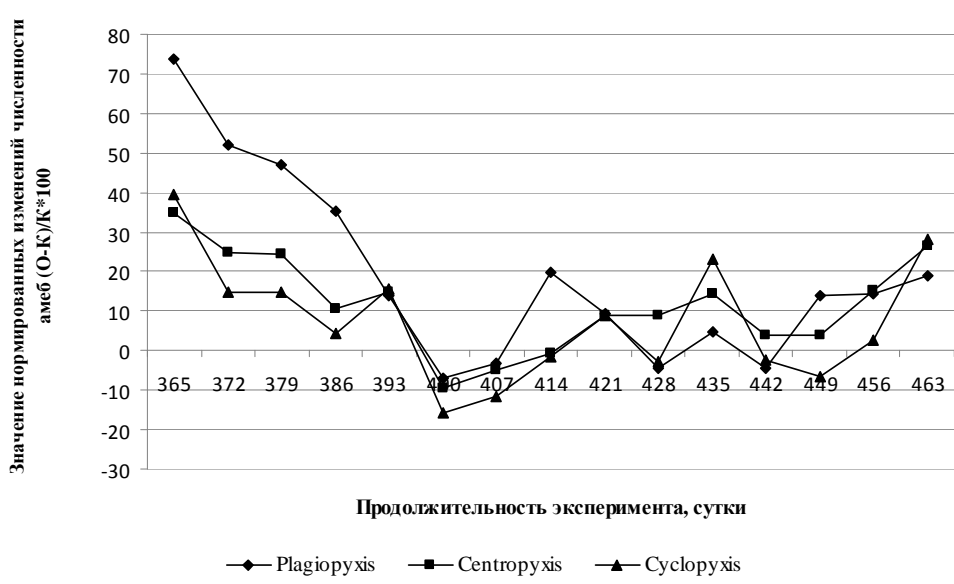


Рис. 3. Изменение численности родов двухкамерных раковинных амёб при нефтезагрязнении 20 г/кг на 372-470 сутки

Восстановительный период однокамерных амёб начинается с депрессии численности на уровне 50-80% (рис. 4). Повышение численности простейших наблюдается в период снижения численности двухкамерных амёб. Явно выраженная обратно пропорциональная зависимость колебаний численности между двумя группами морфологически различных

тестаций предполагает конкурентные взаимоотношения между ними за экологические ниши. В условиях химических загрязнений, как показали наши исследования, преимущества в конкурентной борьбе находятся на стороне двухкамерных амёб.

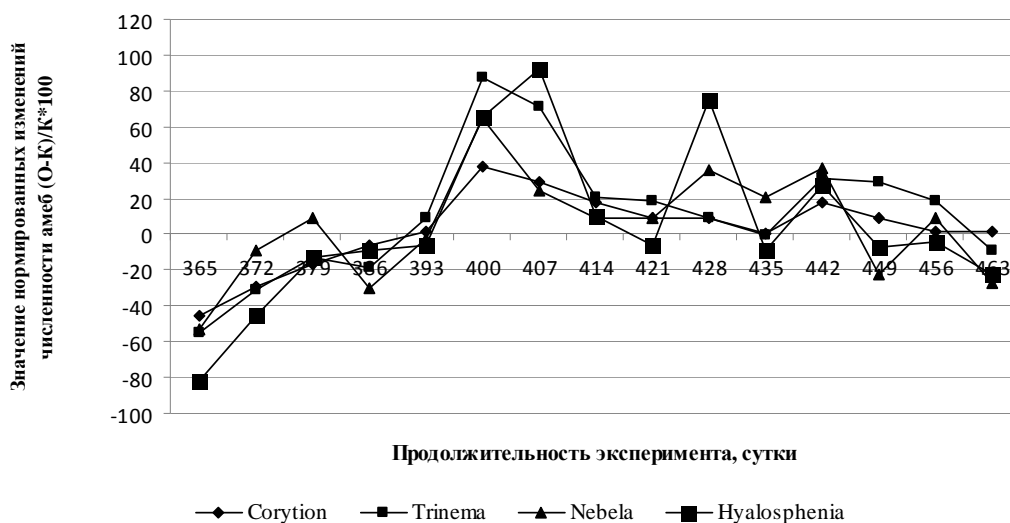


Рис. 4. Изменение численности родов двухкамерных раковинных амёб при нефтезагрязнении 20 г/кг на 372-470 сутки

Рассматривая изменения численности двухкамерных раковинных амёб в условиях высокого уровня нефтезагрязнений 100 г/кг, представленные на рис. 5, необходимо отметить относительно короткий депрессионный период в течение первых семи дней влияния нефти. В течение последующих 21 суток происходит интенсивное увеличение численности тестаций с выходом на уровень колебаний в пределах 20% относительно значений численности контрольных групп простейших. Восстановление численности однокамерных раковинных амёб происходит более медленными темпами в течение 62 суток (рис. 6).

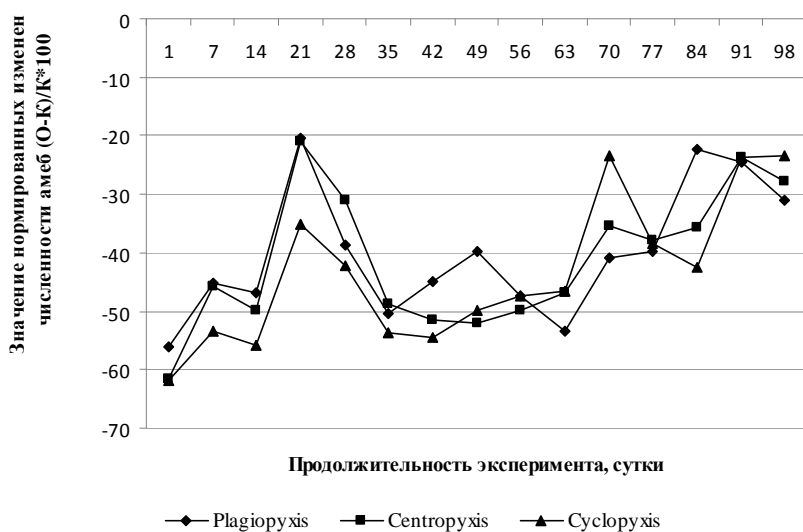


Рис. 5. Изменение численности родов двухкамерных раковинных амёб при нефтезагрязнении 100 г/кг на 7-98 сутки

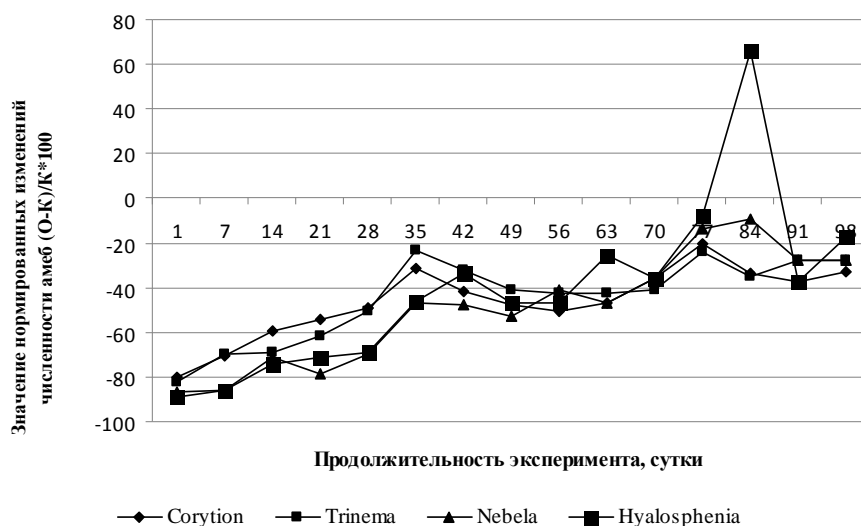


Рис. 6. Изменение численности родов однокамерных раковинных амёб при нефтезагрязнении 100 г/кг на 7-98 сутки

В динамике повышения численности наблюдается рассогласование в темпах изменения численности различных родов амёб и флуктуационные колебания. В течение всего периода наблюдений численность однокамерных амёб находится на более низком уровне по сравнению с исследуемыми представителями двухкамерных.

Виды двухкамерных амёб характеризуются повышенной относительно однокамерных выживаемостью и способностью к восстановлению первоначальной численности.

Хроническое нефтезагрязнение почв приводит к изменениям в структуре сообществ раковинных амёб в зависимости от уровня устойчивости входящих в сообщества видов.

Следовательно, хроническое нефтезагрязнение почв приводит к системным изменениям в сообществах раковинных амёб в зависимости от концентрации и длительности влияния нефти. В зависимости от длительности действия нефти рассматриваются четыре основные стадии развития адаптаций сообществ тестацей.

1. Стадия резистентности в течение первых шести суток, в течение которых сохраняется исходный уровень численности амёб.
2. Стадия снижения численности и видового разнообразия сообществ, которая наблюдается в течение последующих восьми суток и осуществляется в колебательном режиме.
3. Депрессивная стадия цистирования и вымирания, при которой происходит подавление развития, размножения, значительное снижение численности и видового разнообразия простейших.
4. Восстановительная стадия характеризуется повышением численности и видового разнообразия тестацей пропорционально деградации нефтезагрязнений, происходит в колебательном режиме.

В результате проведённых исследований по влиянию нефтезагрязнений почв на сообщества раковинных амёб установлено, что устойчивость амёб и их выживаемость существенно зависят от их морфологических особенностей: наличия двойной камеры в строении раковин. Виды двухкамерных амёб характеризуются повышенной относительно однокамерных тестацей выживаемостью и способностью к более быстрому восстановлению первоначальной численности. На основании проведённых исследований по хроническому влиянию нефтезагрязнений на сообщества раковинных амёб можно выделить основные процессы в изменении структуры и численности элементов сообществ. Первый процесс характеризуется увеличением амплитуды и частоты колебаний численности видов сообществ. Второй – временным смещением и десинхронизацией колебаний численности родов раковинных амёб. Третий – развитие антикорреляционных зависимостей в колебательных процессах динамики численности видовых групп сообществ. Наблюдается дифференциация уровней численности на доминантные, субдоминантные, рецессивные и вымирающие виды, вымирание неадаптированных групп и построение новой структуры сообществ. Четвёртый – восстановительный: повышение численности выживших видов и синхронизация колебаний сезонных динамик численности составляющих видов сообществ. Необходимо отметить, что каждый из этапов перестройки сообществ обратим и при уменьшении действующих факторов способен к восстановлению.

Таким образом, при действии нефти происходит значительное снижение численности тестацей с последующим периодом восстановления. Повышенные концентрации нефти оказывают влияние на длительность восстановительного периода простейших.

### Список литературы

1. Карташев А.Г., Денисова (Смолина) Т.В. Влияние нефтезагрязнений на почвенных беспозвоночных животных. – Томск : В-Спектр, 2011. – 146 с.
2. Рахлеева А.А., Корганова Г.А. К вопросу об оценке численности и видового разнообразия раковинных амёб (Rhizopoda, Testacea) в таежных почвах // Зоол. журн. – 2005. – Т. 84. - № 12. – С. 1427-1436.
3. Asada T., Warner B.G. Plants and testate amoebae as environmental indicators in cupriferous peatlands, New Brunswick, Canada // Ecol Indic. - 2009. - V. 9. - P. 129–137.
4. Nguyen-Viet H., Bernard N., Mitchell E.A.D, Badot P.M, Gilbert D. (2008) Effect of lead pollution on testate amoebae communities living in *Sphagnum fallax*: An experimental study // Ecotoxicol Environ Saf. - 2008. - V. 69. - P. 130–138.

5. Nguyen-Viet H., Gilbert D., Bernard N., Mitchell E.A.D, Badot P.M. Relationship between atmospheric pollution characterized by NO<sub>2</sub> concentrations and testate amoebae density and diversity // *Acta Protozool.* - 2004. - V. 43. - P. 233–239.
6. Payne R. Testate amoeba response to acid deposition in a Scottish peatland // *Aquat Ecol.* - 2010. - V. 44. - P. 373–385.
7. Payne R., Gauci V., Charman D. The impact of simulated sulfate deposition on peatland testate amoebae // *Microb Ecol.* - 2010. - V. 59. - P. 76–83.
8. Yang Z.-C., Wang Z.-H., Zhang Z.-H. Biomonitoring of testate amoebae (protozoa) as toxic metals absorbed in aquatic bryophytes from the Hg-Tl mineralized area (China) // *Environ. Monit. Assess.* - 2011. - V. 176. - P. 321–329.

**Рецензенты:**

Бабенко А.С., д.б.н., профессор, заведующий кафедрой защиты растений ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский государственный университет», г. Томск.

Куранов Б.Д., д.б.н., профессор кафедры экологического менеджмента ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский государственный университет», г. Томск.