

## ВЛИЯНИЕ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕНИЙ НА СООБЩЕСТВА ПОЧВЕННЫХ ИНFUЗОРИЙ И НЕМАТОД В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Н. А. Залялетдинова, С. А. Антропова, А. Г. Карташев

ФГБОУ ВПО «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники»

Поступила в редакцию 23.11.2015 г.

**Аннотация.** В лабораторных условиях изучалось воздействие нефтезагрязнения на почвенных инфузорий и нематод с концентрацией 20; 100; 200 г/кг свежей почвы; подсолнечного масла, с концентрацией 200 г/кг (для снижения почвенной аэрации), в качестве контроля служила не загрязненная почва. Для оценки влияния нефти на сообщество почвенных нематод и инфузорий опыт проводился в лабораторных условиях, в течение 38-ми суток. Установлено дифференцированное влияние нефтезагрязнения на численность и видовое разнообразие инфузорий и нематод.

**Ключевые слова:** почвенные инфузории, почвенные нематоды, нефтезагрязнения, почвенная аэрация

**Abstract.** In the laboratory, researchers investigated the effects of oil pollution on soil ciliates and nematode with concentration of 20; 100; 200 g/kg of fresh soil; sunflower oil, with a concentration of 200 g/kg (decreasing soil aeration), as a control served contaminated soil. To assess the impact of oil on the community of soil nematodes the experiment was conducted in laboratory conditions, during 38 days. Set the differentiated impact of oil pollution on the abundance and species diversity of ciliates and nematodes.

**Keywords:** soil insects, soil nematodes, oil pollution, soil aeration

Одним из наиболее распространенных загрязнителей окружающей среды антропогенного происхождения является загрязнение почвы нефтью. Разливы нефти происходят в процессе транспортировки, добычи и переработки. Наблюдаются изменения почвенной фауны, интенсивности и направленности почвообразующих процессов, что приводит к перестройке микробиоценоза почвенных простейших [1].

Загрязнение почвы нефтью приводит к закупориванию капилляров почвы, уменьшению объема порового пространства. Меняется порозность почвы и геометрия порового пространства, которые ведут к нарушениям водно-воздушного и окислительно-восстановительного режимов почвы, поступления питательных веществ. Ухудшаются морфологические и физические свойства почвы, что отражается на микрофауне педобионтов [2-3].

В ранее опубликованных работах, нами проведены исследования по влиянию нефтезагрязне-

ний на сообщества почвенных инфузорий [4-6]. Сведения о влиянии нефтезагрязнения на сообщество почвенных нематод в доступной литературе отсутствуют. Адаптации почвенных простейших при нефтезагрязнении происходят по двум основным направлениям: адаптации к снижению почвенной аэрации и токсическому влиянию нефти [6]. Целью экспериментальных исследований являлось выявление особенностей адаптации сообщества почвенных инфузорий и нематод в контролируемых лабораторных условиях к нефтезагрязнению.

### МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Для оценки влияния нефти на сообщество почвенных инфузорий и нематод в лабораторных условиях использовали кюветы - материал - пластмасса, размеры: длина 0,5 м; высота - 0,15 м; ширина - 0,2 м. В лабораторные кюветы помещался универсальный питательный грунт, предназначенный для выращивания рассады и цветочных растений, высота почвенного слоя ( $A_1$ , 0-20

см), по одному килограмму почвы в каждой кювете. Опыты проводились при комнатной температуре +20°C. Исследования включали пять опытов, со следующими дозами внесения нефти: 20; 100; 200 г/кг (характеристика используемой нефти: плотность 0,8235 г/см<sup>3</sup>, содержание серы - 0,3 %, массовая доля воды - 0,14 %, массовая доля парафина - 2,8 %, массовая доля сероводорода менее 2.0 ppm, содержание органических хлоридов менее 1.0 ppm, Лугинецкое месторождение). Так же в кювету вносили подсолнечное масло, с концентрацией 200 г/кг для снижения почвенной аэрации. Параллельно использовалась аналогичная кювета с незагрязнённой почвой. Нефть вносилась таким образом, чтобы просачивалась по почвенному профилю равномерно, на одинаковую глубину.

Взятие проб для анализа численности и видовой структуры сообществ почвенных инфузорий проводилось каждые шесть дней, в течение 38-ми суток, в пяти точках. Оценивался видовой состав и численность почвенных инфузорий на 100 грамм сырой почвы по вертикальному профилю. Учет инфузорий проводился методом предельных разведений навески почвы жидкой питательной средой сенного настоя с почвенной вытяжкой. Подсчет и анализ беспозвоночных организмов проводился с использованием светового микроскопа «Биомед 3» и цифрового микроскопа Motic DM-BA300 с увеличением в 100 раз. Пробы обрабатывались счетным методом в камере Горяева [8]. Видовое определение инфузорий производили с использованием определителей [9-10].

Так же в 3-кратной повторности отбирались пробы для выделения нематод, с помощью модифицированного метода Бермана, экспозиция выделения – 48 часов. Фиксатор – ТАФ (триэтаноламин:формалин:вода в соотношении 2:7:91). Численность нематод рассчитывалась на 100 г сырой почвы. На временных микроскопических препаратах анализировали систематическую принадлежность нематод [11]. Нематод определяли до рода с использованием цифрового микроскопа Motic DM-BA300 с увеличением в 40 раз.

Регулярно проводились замеры температуры, влажности и pH почвы по стандартным методикам [7].

Статистическая обработка материала проводилась в табличном процессоре Microsoft® Excel 2010 и пакете Statistica 7.0.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

На основании проведенного статистического анализа данных, можно выделить четыре вида ин-

фузорий: *Chilodonella uncinata* (Ehrenberg, 1838); *Colpoda stein* (Enriquez, 1908); *Prorodon teres* (Ehrenberg, 1838) и *Uroleptus piscis* (O.F. Muller, 1786) динамика которых прослеживалась в течение всего периода наблюдений и цисты, неполовозрелых особей.

Фауна нематод в почвенных образцах, использованных для лабораторного эксперимента, характеризуется малым таксономическим разнообразием. В исследуемых почвенных образцах были обнаружены почвенные нематоды 4 родов: *Diplogaster*, *Rhabditis*, *Panagrolaimus*, *Helicotylenchus*. Трофическая группа бактериотрофов является доминирующей в структуре нематодного сообщества.

После предварительной статистической обработки полученных результатов, данные по динамике численности почвенных нематод в контрольных условиях представлены на рисунке 1.

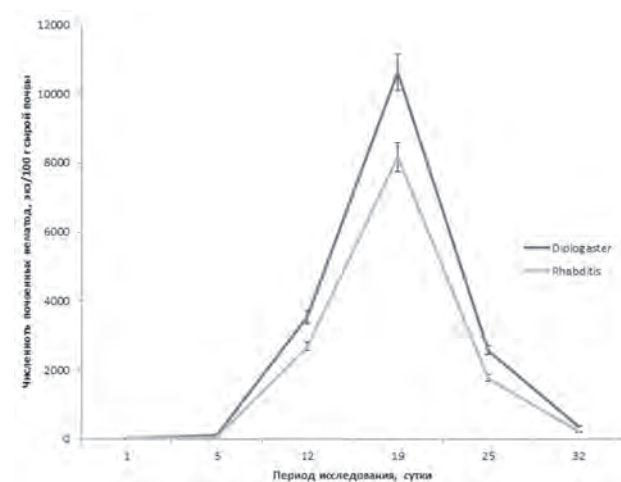


Рис. 1. Динамика численности почвенных нематод в контрольных условиях

В контрольном участке обнаружены 2 рода почвенных нематод: *Diplogaster* и *Rhabditis*. Анализ представленных данных на рисунке 1 позволяет отметить синхронность в изменении численности обоих родов нематод. Для них характерно увеличение численности особей с 12 суток наблюдения, достижение максимальной численности в 8 и 10 тысяч особей в 100 г почвы на 19 сутки и снижение до минимальной численности на 32 сутки наблюдения. Необходимо отметить, что физико-химические показатели почв изменяются в малом диапазоне в течение периода наблюдений (табл.1). Аналогичные колоколообразные динамические кривые численности животных характерны при ограниченных пищевых ресурсах и активном их выедании.

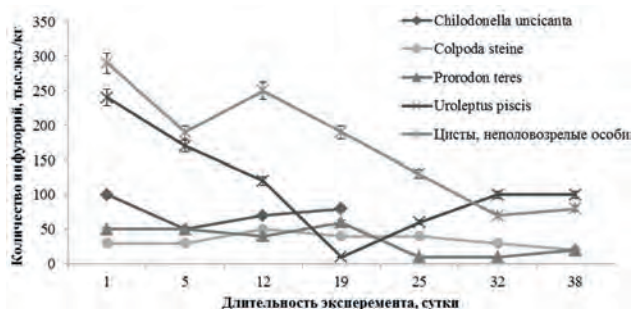


Рис.2. Динамика численности почвенных инфузорий в контрольных условиях.

Из анализа данных, представленных на рисунке 2, видно, что для всех 4-х видов почвенных инфузорий характерно снижение численности особей в течение всего периода наблюдений. Вероятно, процесс снижения численности связан с уменьшением ресурсов питания в ограниченном пространстве кюветы. Необходимо отметить, что контролируемые физико – химические показатели состояния почвы практически не изменялись (табл.1). Наиболее выраженное снижение численности характерно для видов: *Chilodonella uncicanta* и *Uroleptus piscis*, в то время, как два других вида, при исходной низкой численности, изменялись незначительно. Начиная с 19-ти суток, происходила элиминация неполовозрелых особей, что подтверждает предположение о сокращении ресурсов питания.

Добавление нефти в почву с концентрацией 20г/кг приводит к изменению динамичной структуры сообществ почвенных нематод.

Анализ данных, представленных на рисунке 3, позволят заметить появление рода нематод *Panagrolaimus*.

Увеличение численности начинается с 5 суток, и достигает своего максимального значения 17 тыс. экз./ 100 г почвы у нематод рода *Rhabditis* и 23 тыс. экз./ 100 г почвы у нематод рода *Panagrolaimus*. Снижение общей численности нематод происходит синхронно. Следовательно, добавление нефти в обеднённую углеводами почву положительно влияет на сообщества нематод.

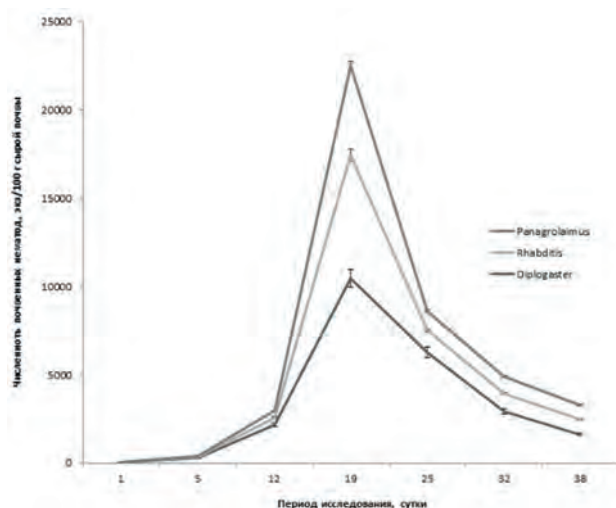


Рис. 3. Динамика численности почвенных нематод с концентрацией нефти 20 г/кг

Анализируя данные на рисунке 4, можно считать, что при концентрации нефтезагрязнения, равной 20 г/кг, не наблюдается сплошного покрытия поверхности почвы нефтью и аэрация почвы не нарушается. Первый этап адаптивного снижения численности инфузорий происходит в течение первых 12-ти суток, у вида *Colpoda steine*, в течение 5-ти суток. Наблюдается суще-

Таблица 1

Физико-химические показатели исследуемых почв

Длительность наблюдений, сутки	Физико-химические показатели почв	Контроль	Нефть, 20 г/кг	Нефть, 100 г/кг	Нефть, 200 г/кг	Масло подсол., 200 г/кг
1-е	Влажность, %	53±3.2	53±3.2	53±3.2	53±3.2	53±3.2
	pH	7.11±0.65	7.11±0.65	7.11±0.65	7.11±0.65	7.11±0.65
5-е	Влажность, %	53±1.2	54±1.3	53±1.6	54±2.2	55±1.4
	pH	7.11±0.63	7.01±0.68	6.35±0.87	6.02±0.84	6.88±0.97
12-е	Влажность, %	56±3.3	50±1.2	52±3.3	52±1.6	53±1.02
	pH	7.10±1.2	6.98±0.85	6.35±0.72	6.04±0.55	6.89±0.61
19-е	Влажность, %	54±3.1	51±1.0	51±1.2	52±1.4	56±3.1
	pH	7.11±1.01	6.96±0.95	6.28±0.93	5.97±0.61	6.94±0.48
25-е	Влажность, %	55±2.2	50±1.1	47±0.95	49±0.74	55±1.2
	pH	7.11±0.59	7.01±0.96	6.26±0.49	5.99±1.03	6.91±0.684
32-е	Влажность, %	56±3.4	51±2.2	52±1.3	51±1.2	54±1.1
	pH	7.10±0.65	6.98±0.64	6.29±0.81	5.98±0.96	6.95±0.46
38-е	Влажность, %	54±1.2	51±0.64	51±2.2	50±1.8	55±2.3
	pH	7.09±0.63	6.97±0.91	6.25±0.61	5.99±0.68	6.94±0.65

ственное дифференциация в динамике численности сообществ инфузорий. Для видов инфузорий *Chilodonella uncicanta* и *Colpoda stein* характерно увеличение численности, начиная с 19-ти суток, с последующим снижением в 25-е сутки, что вероятно связано с увеличением численности бактерий, питающихся углеводородами. Два других вида инфузорий практически элиминируются к 32-м суткам наблюдений.

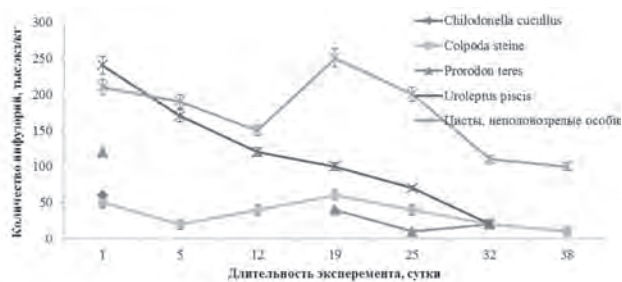


Рис. 4. Численность различных видов инфузорий в почве при концентрации нефти 20 г/кг.

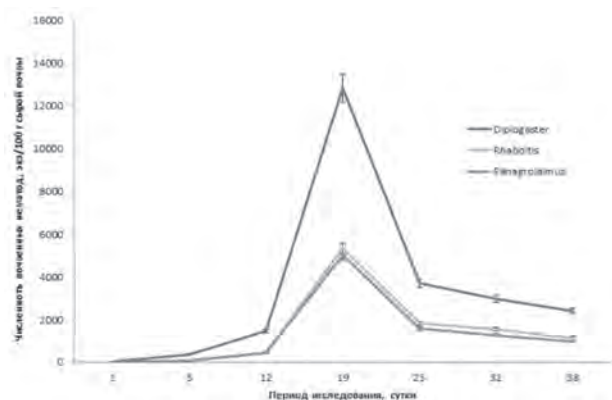


Рис. 5. Динамика численности почвенных нематод при концентрации нефти 100 г/кг.

Увеличение концентрации нефти в почве до 100 г/кг приводит к избирательному изменению численности нематод и их конкуренции (рис.5). Неблагоприятное влияние нефтезагрязнений приводит к синхронному снижению численности двух родов нематод *Rhabditis*, *Panagrolaimus*. В тоже время наблюдается значительное увеличение численности рода нематод *Diplogaster*, занявшем доминантное положение. Сохраняется и колоколообразная динамика численности нематод.

Данные, представленные на рис. 6, позволяют считать, что увеличение количества нефти до 100 г/кг, приводит к сплошному нефтяному покрытию и снижению аэрации почвы аналогичному покрытию масляной плёнкой (рис.8). У 2-х видов наблюдается существенное снижение численно-

сти популяций с последующим развитием адаптивной колебательной реакции частичного восстановления численности инфузорий. Для вида *Colpoda stein* после кратковременного увеличения численности на 5-е сутки наблюдается монотонное снижение количества особей с последующей элиминацией к 32-м суткам наблюдений.

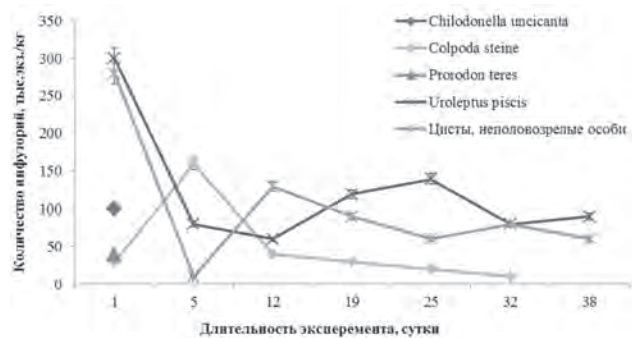


Рис. 6. Численность различных видов инфузорий в почве, с концентрацией нефти 100 г/кг.

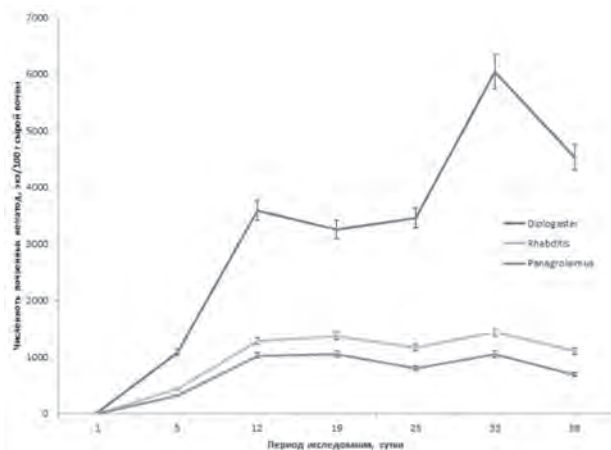


Рис. 7. Динамика численности почвенных нематод при концентрации нефти 200 г/кг

При увеличении концентрации нефти до 200 г/кг изменяется динамика численности сообществ нематод. Динамика численности беспозвоночных с ограниченными ресурсами питания (рис.1) трансформируется в динамику численности достаточного количества продуктов питания (рис.7). Увеличение численности нематод начинается с первых дней и продолжается в течение всего периода наблюдений. Наиболее выраженные изменения численности характерны для рода *Diplogaster*. Негативное, токсическое влияние нефти проявляется в относительно невысоком уровне численности нематод, как минимум в два раза ниже численности особей в контрольных условиях в период их максимума.



Следовательно, повышенное количество углеводов нефти расширяет питательные ресурсы, приводит к активации почвенных микробиологических процессов. При высоких концентрациях нефти проявляется токсическое влияние загрязнителей.

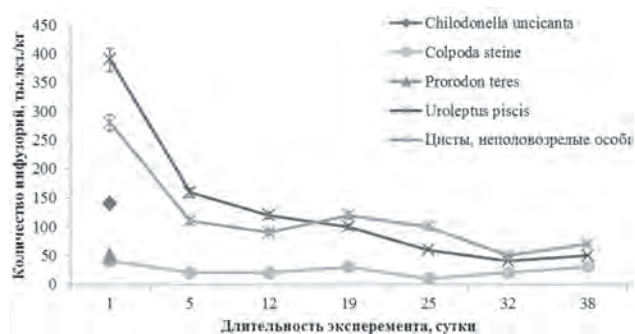


Рис. 8. Численность различных видов инфузорий в почве, загрязнённой подсолнечным маслом, с концентрацией 200 г/кг.

Загрязнение подсолнечным маслом и ухудшение аэрации приводит после начального внесения загрязнителя, в течение 5-ти суток, к снижению численности простейших и последующей стабилизации их на относительно низком уровне в течение всего периода наблюдений (рис.8).

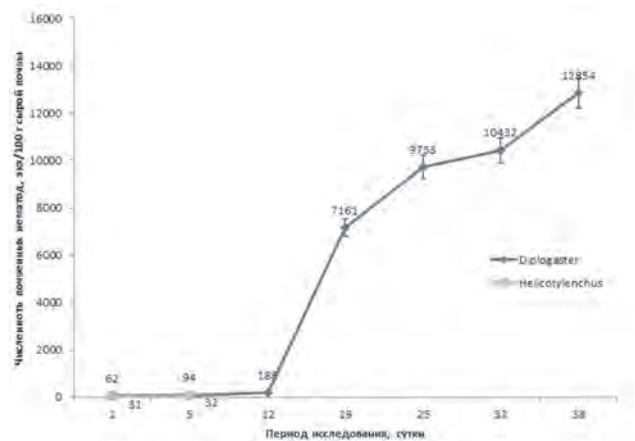


Рис. 9. Динамика численности почвенных нематод при покрытии почвы подсолнечным маслом 200 г/кг

Пример вырожденного сообщества представлен на рисунке 9 при покрытии почвы подсолнечным маслом, снижающим аэрацию почв. В течение 12 суток низкая численность нематод проявляется у обоих обнаруженных родов. Начиная с 19 суток, остается один род нематод *Diplogaster*, численность которого увеличивается в период всего эксперимента. Вероятно, вырождение

сообществ нематод связано со специализацией рода *Diplogaster*, выживать в анаэробных условиях и использовать для питания микроорганизмы, утилизирующее подсолнечное масло.

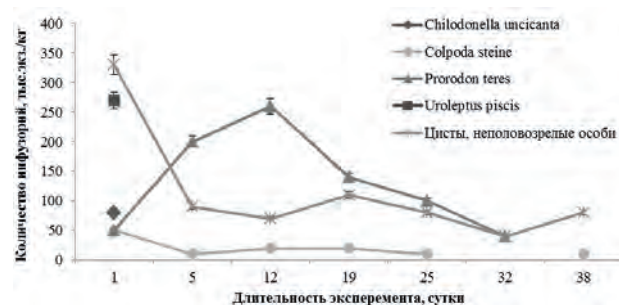


Рис. 10. Численность исследуемых видов инфузорий в почве с концентрацией нефти 200 г/кг.

Нефтезагрязнения с концентрацией 200 г/кг приводят к значительному изменению структуры сообществ почвенных инфузорий (рис.10). Элиминируется вид *Uroleptus piscis*, снижается численность видов *Colpoda stein* и *Chilodonella uncicanta*. Наблюдается значительное увеличение численности *Prorodon teres* на 5-е сутки наблюдения, с последующим снижением.

## ВЫВОДЫ

1. Адаптация сообществ почвенных инфузорий к пониженной аэрации почв при нефтезагрязнениях, происходит в течении первых 5-ти суток. В этот период снижается численность всех видов в зависимости от их устойчивости.
2. Адаптации к токсическому действию нефти развиваются с 12-ти суток, характеризуется колебательным типом численности видов и расслоением структуры сообществ, в зависимости от их видовой устойчивости.
3. Численности различных видов инфузорий существенно зависят от количества микроорганизмов, питающихся углеводами.
4. Исследуемые концентрации нефтезагрязнений увеличивают численность и родовое разнообразие нематод.
5. Происходит изменение структуры почвенных сообществ нематод в зависимости от концентрации нефти.
6. При высоких концентрациях нефти проявляется токсическое влияние загрязнителей, приводящее к снижению общей численности нематод.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карташев А.Г. Влияние нефтезагрязнений на почвенных беспозвоночных животных /

А.Г. Карташев, Т.В. Смолина. — В-Спектр, Томск, 2011. — 146 с.

2. Ситдииков Р.В. Экологические последствия загрязнения почв нефтью и нефтепромышленными сточными водами / Р.В. Ситдииков, М.П. Волокитин // Экология и почвы. Избранные лекции X Всероссийской Пущинской школы. — Пущино, 2004. — Т.4. — С. 325-330.

3. Узбеков Ф.М. Детоксикация отработанных буровых растворов и буровых шламов и их утилизация в качестве мелиорантов при рекультивации нарушенных почв / Ф.М. Узбеков, Л.В. Мотовилова // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. — 2003. — №5. — С. 15.

4. Залялетдинова Н.А. Адаптация сообществ почвенных инфузорий к нефтезагрязнениям / Н.А. Залялетдинова / Всероссийская научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых. Научная сессия ТУСУР-2015. В 5 т — Томск: В-Спектор, 2015. — Т.5. — С. 120-124.

5. Карташев А.Г. Адаптация животных к хроническим факторам. LAP LAMBERT Academic Publishing, Saarbrücken, 2014. — 260 с.

6. Карташев А.Г. Влияние нефтезагрязнения на сообщество инфузорий / А.Г. Карташев, Н.А. Залялетдинова // Теоретические и прикладные аспекты современной науки: сборник научных трудов по материалам VI Международной научно-практической конференции / под общ.ред. М.Г. Петровой. — Белгород, 2015. — С.82-87.

7. Гиляров М.С. Зоологический метод диагностики почв / М.С. Гиляров. М.: Наука, 1965. — 280 с.

8. Никитина Л.И. Цилиофауна природных и техногенных экосистем Среднего Приамурья / Л.И. Никитина. Хабаровск: изд-во ДВГПУС, 2011. — 160 с.

9. Протисты: Руководство по зоологии.- СПб.:Наука, 2007.-Ч.2.-1144 с.

10. Лепинис А.К. Определитель Protozoa почв Европейской части СССР/ А.К. Лепинис, Ю.Г. Гельцер, О.И. Чибисова. — Изд-во: Минтис. Вильнус, 1973. — 171 с.

11. Сушук А.А. Почвенные нематоды трансформированных экосистем Карелии: автореф. канд.биолог.наук: 03.00.16 / Сушук Анна Алексеевна – Петрозаводск, 2009. — 22 с.

*Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники*

*Залялетдинова Н. А., Аспирант кафедры радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга*

*E-mail: nina.zalyaletdinova@mail.ru*

*Тел.: 8 (952) 155 86 15*

*Антропова С. А., аспирантка кафедры радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга*

*E-mail: svetik\_antropova@mail.ru*

*Тел.: 89528815844*

*Карташев А. Г., Профессор, доктор биологических наук*

*E-mail: kartag@rambler.ru*

*Tomsk State University of control systems and Radioelectronics*

*Zalyaletdinova N. A., Post-graduate student of the Department of radio electronic technologies and environmental monitoring*

*E-mail: nina.zalyaletdinova@mail.ru*

*Ph.: 8 (952) 155 86 15*

*Antropova S. A., post-graduate student of radio electronic technologies and environmental monitoring*

*E-mail: svetik\_antropova@mail.ru*

*Ph.: 89528815844*

*Kartashev A. G., PhD, Full Professor*

*E-mail: kartag@rambler.ru*