

ИНДИКАЦИОННОЕ ЗНАЧЕНИЕ ЦИЛИОФАУНЫ МАЛЫХ РЕК ОКРЕСТНОСТЕЙ г. Хабаровск

Работа посвящена изучению видового состава и индикационной роли инфузорий в малых реках окрестностей г. Хабаровск. Выявлено 47 видов инфузорий, установлены индикационные комплексы цилиат. Полученные данные свидетельствуют о высокой антропогенной нагрузке на исследуемые биоценозы.

Введение

Рост промышленности и связанное с этим формирование индустриальных и городских мегаполисов, увеличение транспортных потоков, интенсификация производства в сельском и лесном хозяйствах ведут к усилению давления на биосферу и чрезмерной эксплуатации природных ресурсов [1]. В связи с этим проблема загрязнения окружающей природной среды приняла облик глобальной экологической катастрофы.

Малые реки представляют собой самый многочисленный тип водных объектов на территории Дальневосточного региона. Осуществляя постоянный мониторинг, можно прогнозировать дальнейшие изменения в более мощных водных системах [2]. Сегодня малые реки окрестностей г. Хабаровск испытывают серьезное антропогенное давление со стороны предприятий, находящихся в водоохранной зоне водоемов, коммунально-бытовых хозяйств и населения. Данные ежегодных отчетов об экологическом состоянии водных объектов на территории Хабаровского края подтверждают ухудшающееся состояние водоемов [3, 4]. Большинство малых рек по гидрохимической оценке качества поверхностных вод отнесены к категориям «очень грязная» (р. Красная) и «экстремально грязная» (р. Черная и р. Березовая). Во всех водоемах отмечается дефицит растворенного кислорода в воде, хроническое загрязнение соединениями железа и марганца, а также легкоокисляемыми органическими веществами (БПК₅) [5, 6].

Л.И. Никитина*,
доктор биологических наук, профессор,
заведующая кафедрой «Химия и экология», ФГОУ ВПО Дальневосточный государственный университет путей сообщения

М.М. Трибун,
аспирант, ФГОУ ВПО Дальневосточный государственный университет путей сообщения

А.В. Жуков,
аспирант ФГОУ ВПО Дальневосточный государственный университет путей сообщения

Таким образом, качество вод малых рек, дренирующих территорию г. Хабаровск, продолжает оставаться низким. Необходимо полное прекращение сброса загрязняющих веществ в эти водотоки.

При оценке степени загрязнения водных объектов широкое распространение получили методы биотестирования и биоиндикации [7-11], подразумевающие использование живых организмов как тест-объектов при определении степени токсичности окружающей среды. Применение в качестве индикаторных организмов инфузорий обусловлено рядом преимуществ [12, 13]:

- ♦ быстрая реакция клеток на действие токсиканта даже в незначительных концентрациях;
- ♦ высокая скорость воспроизводства генетически однородных особей;
- ♦ возможность проведения эксперимента в любое время года;
- ♦ методы биотестирования не требуют особой материально-технической базы по сравнению с другими видами анализа.

Цилиата представляют собой сложную систему, чутко реагирующую на изменение внешних условий, при этом проявление реакций на внешнее воздействие можно достаточно легко зарегистрировать [14, 15].

В основе оценки степени загрязнения водных экосистем лежит принцип показательного значения видов. Пионерами в области создания системы показательных организмов были Кольквитц и Марссон [16-18]. Ученые установили 4 зоны сапробности:

1. полисапробная зона – чрезвычайно грязная вода. Условия среды анаэробные, в воде много сероводорода. Характер биохимических процессов восстановительный;
2. α-мезосапробная зона – условия среды полуанаэробные. В воде присутствуют аминокислоты, а также сероводород;
3. β-мезосапробная зона – в воде регистрируются соединения азота в форме солей аммония, нитритов и нитратов, кислорода обычно

* Адрес для корреспонденции: nikitinali@mail.ru

много, но возможны заморы у дна и ночью из-за прекращения фотосинтеза;

4. олигосапробная зона – незагрязненные, чистые воды, насыщенные кислородом, сероводород отсутствует, углекислоты мало.

Цель работы – выявление индикационной роли инфузорий при оценке степени загрязнения малых рек окрестностей г. Хабаровск. Для реализации цели были поставлены следующие задачи:

- 1) определение видового состава инфузорий малых рек окрестностей г. Хабаровск (реки Красная, Черная и Березовая);
- 2) распределение цилиат по категориям сапробности;
- 3) выявление индикационных комплексов инфузорий.

Материал и методы исследования

Отбор гидробиологического материала осуществлялся в течение 2009-2011 гг. с территории малых рек (Красная, Черная и Березовая) в окрестностях г. Хабаровск (рис. 1).

Р. Красная берет начало в северо-западных отрогах хребта Малый Хехцир на высоте около 200 м и протекает в южной части г. Хабаровск. В районе завода «Амуркабель» впадает в Амурскую протоку. Протяжен-



Рис. 1. Карта-схема окрестностей г. Хабаровск. Цифрами указаны места отбора проб.

1–3 – р. Красная; 4–6 – р. Черная; 7–8 – р. Березовая.

ность реки 16 км, ширина в истоке не превышает 2 м, а в среднем и нижнем течениях увеличивается до 5 м. На химический состав воды влияют золоотвал ТЭЦ-1, КГУП «Амуркабель» и лодочная станция.

Р. Черная берет начало на восточной окраине г. Хабаровск, впадает в р. Сита близ села Князе-Волконское. Длина реки 48 км. Около трети водосбора занимают пахотные земли.

Р. Березовая берет начало у северо-восточной окраины г. Хабаровск и впадает в Хохлацкую протоку (система р. Амур). Длина реки 30 км, ширина поймы до 200 м. Две трети прибрежной зоны водоема распаханно и занято строениями.

Отбор проб осуществлялся с использованием пробоотборников, в качестве которых использовались стеклянные широкогорлые сосуды. Сбор материала производился простым зачерпыванием воды вместе со слоем грунта. Изучение цилиофауны производилось под микроскопами «Leica DME» и «Motic VA300» с использованием камеры «Webbers MyScore 300M».

Видовое определение инфузорий осуществляли с помощью определителей [19-26].

Цитохимические и гистологические методы, применяемые нами для иммобилизации представителей протистофауны, а также для выявления ядерного и ресничного аппаратов клеток, подробно изложены в различной зоологической и цитологической литературе [27-29].

Инфузории систематизировались на основе классификации Small & Lynn [30]. При недостаточной степени концентрации цилиат пробы предварительно центрифугировали.

Для определения степени сходства двух биоценозов использовали коэффициент видового сходства Серенсена, который рассчитывали по формуле:

$$K_s = \frac{2C}{A + B} \times 100\%$$

где K_s – коэффициент видового сходства Серенсена;

A – число видов в первой группировке;

B – число видов во второй группировке;

C – число видов, общих для двух сравниваемых группировок.

Результаты и их обсуждение

В ходе исследования в пробах из рек Красная, Черная и Березовая выявлено 47 видов цилиат (табл. 1), относящихся к двум подтипам и 10 классам. Самые многочисленные классы – *Oligohymenophorea* (17 видов или 36 %) и *Spirotrichea* (8 видов или 17 %).

Таблица 1

Видовой состав инфузорий, выявленный в малых реках окрестностей г. Хабаровск

№	ВИДОВОЙ СОСТАВ	БИОЦЕНОЗЫ		
		р. Красная	р. Черная	р. Березовая
Тип <i>Ciliophora</i> Doflein, 1901				
I	Подтип <i>Postciliodesmatophora</i> Gerasimova et Seravin, 1976			
1	Класс <i>Karyorelictea</i> Corliss, 1974			
	<i>Loxodes rostrum</i> O.F. Muller, 1786	+	+	–
2	Класс <i>Heterotrichea</i> Stein, 1859			
	<i>Blepharisma steini</i> Kahl, 1932	+	–	–
	<i>Condylostoma vorticella</i> Ehrenberg, 1833	–	–	+
	<i>Spirostomum teres</i> Claparede et Lachmann, 1859	+	+	+
	<i>Stentor polymorphus</i> O.F. Muller, 1773	–	+	–
	<i>S. roeseli</i> Ehrenberg, 1835	–	+	–
II	Подтип <i>Intramacronucleata</i> Lynn, 1996			
1	Класс <i>Spirotrichea</i> Butschli, 1889			
	<i>Aspidisca costata</i> Dujardin, 1842	+	+	+
	<i>Euplotes patella</i> Ehrenberg, 1833	+	+	–
	<i>Oxytricha pelionella</i> Stein, 1859	+	+	+
	<i>Paruroleptus piscis</i> Kowalewski, 1882	+	+	–
	<i>Strobilidium caudatum</i> Fromentel, 1874	+	–	–
	<i>Strombidium</i> sp.	+	+	+
	<i>Stylonychia mytilus</i> Ehrenberg, 1838	+	+	+
	<i>Stylonychia</i> sp.	+	+	–
2	Класс <i>Armophorea</i> Lynn, 2002			
	<i>Caenomorpha medusula</i> Perty, 1852	–	–	+
	<i>Metopus</i> sp.	–	+	+
3	Класс <i>Litostomatea</i> Small et Lynn, 1981			
	<i>Didinium balbiani</i> Fabre-Domerdus, 1888	+	+	–
	<i>Hemiophrys procera</i> Penard, 1922	+	–	–
	<i>Lacrymaria olor</i> O.F. Muller, 1776	+	–	–
	<i>Litonotus</i> sp.	–	–	+
4	Класс <i>Phyllopharyngea</i> Puytorac et al., 1974			
	<i>Chilodonella cucullus</i> Ehrenberg, 1833	+	–	–
	<i>Chilodonella</i> sp.	+	+	–
	<i>Podophrya fixa</i> Muller, 1786	+	–	–
	<i>P. maupasi</i> Bütschli, 1889	+	–	–
	<i>Tokophrya quadripartita</i> Claparede et Lachmann, 1858	–	+	–
5	Класс <i>Nassophorea</i> Small et Lynn, 1981			
	<i>Nassula ornata</i> Ehrenberg, 1833	+	+	–
6	Класс <i>Colpodea</i> Small et Lynn, 1981			
	<i>Colpoda maupasi</i> Enriquez, 1908	–	–	+
	<i>C. steini</i> Maupas, 1883	+	+	–
7	Класс <i>Prostomatea</i> Schewiakoff, 1896			
	<i>Coleps hirtus</i> Nutzs, 1817	+	+	+
	<i>Coleps hirtus var. lacustris</i> Faure-Fremiet, 1924	+	–	–
8	Класс <i>Oligohymenophorea</i> De Puytorac et al., 1974			
	<i>Carchesium batorligetiense</i> Stiller, 1953	–	+	+
	<i>C. polipinum</i> Linnaeus, 1758	–	+	–

№	ВИДОВОЙ СОСТАВ	БИОЦЕНОЗЫ		
		р. Красная	р. Черная	р. Березовая
	<i>Colpidium campylum</i> Stokes, 1886	+	+	+
	<i>C. colpoda</i> , Stein, 1860	+	+	+
	<i>Epistylis plicatilis</i> Ehrenberg, 1838	–	+	–
	<i>Frontonia</i> sp.	+	+	–
	<i>Lembadion</i> sp.	+	–	–
	<i>Opercularia</i> sp.	–	+	–
	<i>Paramecium caudatum</i> Ehrenberg, 1838	+	+	+
	<i>Paramecium</i> sp.	+	–	–
	<i>Uronema marinum</i> Dujardin, 1841	+	+	+
	<i>Urocentrum turbo</i> Nitzsch, 1827	+	–	–
	<i>Vorticella campanula</i> Ehrenberg, 1831	+	–	–
	<i>V. convallaria</i> Linnaeus, 1757	+	+	+
	<i>V. geispicae</i> Banina, 1983	–	–	+
	<i>V. microstoma</i> Ehrenberg, 1830	–	–	+
	<i>V. striata</i> var. <i>octava</i> , Stokes, 1885	–	+	+
	ИТОГО	32	29	20

Итого, в р. Красная было зарегистрировано 32 вида, что составляет 68 % от всей выявленной цилиофауны, в р. Черная 29 видов (61,7%) и в р. Березовая 20 видов или 42,5%. Из обнаруженных 47 видов инфузорий 11 (23,4 %) были отмечены во всех исследуемых биоценозах: *Spirostomum teres*, *Aspidisca costata*, *Oxytricha pelionella*, *Strombidium* sp., *Stylonychia mytilus*, *Coleps hirtus*, *Colpidium campylum*, *C. colpoda*, *Paramecium caudatum*, *Uronema marinum*, *Vorticella convallaria*.

К редким видам можно отнести следующих представителей цилиофауны: *Blepharisma steini*, *Condylostoma vorticella*, *Stentor polymorphus*, *S. roeseli*, *Strobilidium caudatum*, *Caenomorpha medusula*, *Hemiophrys procera*,

Lacrymaria olor, *Litonotus* sp., *Chilodonella cucullus*, *Podophrya fixa*, *P. maupasi*, *Tokophrya quadripartita*, *Colpoda maupasi*, *Coleps hirtus* var. *lacustris*, *Carchesium polipinum*, *Epistylis plicatilis*, *Lembadion* sp., *Opercularia* sp., *Paramecium* sp., *Urocentrum turbo*, *Vorticella campanula*, *V. geispicae*, *V. microstoma*. На долю редких видов приходится 51 % от всей выявленной цилиофауны. Наибольшее число таких видов (12) было зарегистрировано в р. Красная.

Таким образом, фаунистический анализ водных экосистем окрестностей г. Хабаровск убедительно свидетельствует как о наличии сходных видов, обитающих в большинстве малых рек, так и специфичных видов, при-



Таблица 2

Видовое сходство цилиофаун малых рек окрестностей г. Хабаровск (коэффициент Серенсена, в %)

Биотопы	Р. Красная	Р. Черная	Р. Березовая
Р. Красная	–	65,5	42,3
Р. Черная	65,5	–	57,1
Р. Березовая	42,3	57,1	–

Таблица 3

Сезонная динамика доминантных видов инфузорий для малых рек окрестностей г. Хабаровск (по данным 2010 г.)

р. Красная			р. Черная		
Весна	Лето	Осень	Весна	Лето	Осень
<i>Colpidium colpoda</i>	–	<i>Paramecium caudatum</i>	–	–	<i>Paramecium caudatum</i>
–	–	<i>Uronema marinum</i>	–	–	<i>Metopus sp.</i>

Примечание: «–» – отсутствие доминантных видов

уроченных только к какому-то одному биоценозу, что наиболее характерно для р. Красная. Сравнивая между собой видовое сходство цилиофаун малых рек окрестностей г. Хабаровск, получаем следующие результаты: наибольшее сходство зарегистрировано между реками Красная и Черная, где коэффициент Серенсена составил 65,5 %, высокий показатель (57,1 %) отмечался также у рек Черная и Березовая (табл. 2).

В реках Красная и Черная в летний сезон 2010 г. было зарегистрировано по 12 видов инфузорий, численность которых была невысокой и варьировала от 10-15 до 300 клеток на 1 мл, что связано, по всей вероятности, с обильными муссонными осадками. Таким образом, в цилиофауне летнего периода как в р. Красная, так и в р. Черная отсутствовала группа доминантных инфузорий (табл. 3). Явным лидером среди доминантных видов являются инфузории *Paramecium caudatum*, численность которых достигала 1400 клеток на 1 мл. Инфузории *Spirostomum teres* хоть и были отмечены в течение всего периода исследования, но к доминантным видам не относятся в связи с невысокой численностью.

Для рек Красная и Черная определены индикационные комплексы видов инфузорий, которые убедительно свидетельствуют о большем антропогенном воздействии на р. Черная, чем на р. Красная:

♦ р. Красная – *Paramecium caudatum*, *Vorticella convallaria*, *Coleps hirtus*, *Aspidisca costata*, *Uronema marinum*, *Spirostomum teres*;

♦ р. Черная – *Paramecium caudatum*, *Spirostomum teres*.

Результаты по категориям сапробности исследованных биоценозов представлены на рис. 2 и 3, анализ которых позволил сделать вывод, что природные водоемы относятся к категории мезосапробных, причем в разные сезоны года преобладают виды, предпочитающие α-мезосапробную или β-мезосапробную зоны.

Следует отметить практически полное отсутствие олигосапробных видов в реках Красная и Черная, что свидетельствует о высокой антропогенной нагрузке на данные биоценозы.

Таким образом, полученные нами данные об индикационной роли цилиат свидетельствуют о возможности использования инфузорий в качестве индикаторов состояния окружающей среды.

Заключение

Видовой состав инфузорий малых рек окрестностей г. Хабаровск насчитывает 47 видов. 32 вида обнаружено в р. Красная, 29 в р. Черная и 20 видов в р. Березовая. Из выявленных 47 видов 11 встречаются в каждом исследуемом биоценозе, что составляет 23,4 %, а 24 вида обнаружены только в одном биотопе и являются редкими.

Для рек Красная и Черная выявлены индикационные комплексы цилиат:

♦ р. Красная – *Paramecium caudatum*, *Vorticella convallaria*, *Coleps hirtus*, *Aspidisca costata*, *Uronema marinum*, *Spirostomum teres*;

♦ р. Черная – *Paramecium caudatum*, *Spirostomum teres*.

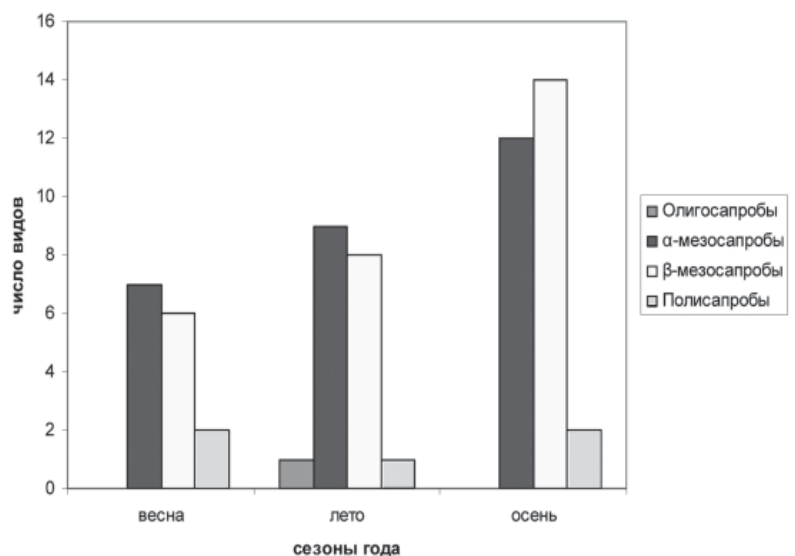


Рис. 2. Сезонная сапробность р. Черная по видовому составу инфузорий.

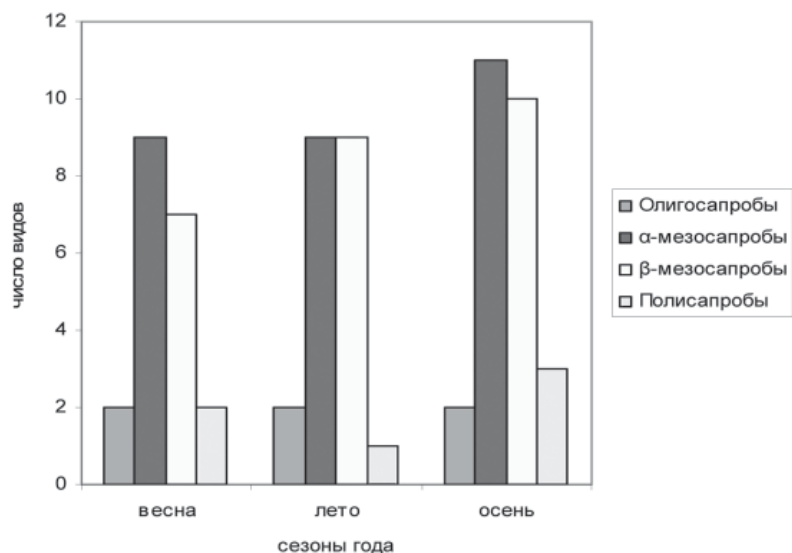


Рис. 3. Сезонная сапробность р. Красная по видовому составу инфузорий.

Полученные нами данные по категориям сапробности исследуемых водоемов свидетельствуют о средней степени загрязнения водных объектов, тем не менее, практически полное отсутствие олигосапробных видов инфузорий является результатом серьезного антропогенного давления на малые реки.

Работа выполнена при поддержке ФЦП "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России" 2009-2013гг. государственный контракт №14.740.12.0815

Литература

1. Основы экогеологии, биоиндикации и биотестирования водных экосистем: учеб. пособие / Под ред. В.В. Куриленко. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2004. 448 с.
2. Гаретова Л.А. Пресноводные экосистемы бассейна реки Амур / Количественные оценки экологического состояния малых рек Хабаровского края. Владивосток: Дальнаука. 2008. С. 111-122.
3. Экологическая ситуация в Хабаровском крае в 2006 году: Аналит. зап. / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Хабаровскому краю. Хабаровск: РИЦ ХГАЭП. 2007. 18 с.
4. Экологическая ситуация в Хабаровском крае в 2008 году: Аналит. записка / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Хабаровскому краю. Хабаровск «Принт Сити» Изд-во 2009. 23 с.
5. Шестеркин В.П. Гидрохимия речных вод г. Хабаровска / В.П. Шестеркин, Н.М. Шестеркина // Геохимические и биогеохимиче-

ские процессы в экосистемах Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука. 1999. Вып. 9. С. 112-119.

6. Морина О.М. Проблемы качества воды малых рек г. Хабаровск и его окрестностей / О.М. Морина, В.П. Шестеркин, Н.М. Шестеркина, Е.Г. Иванова // Города Дальнего Востока: экология и жизнь человека. Владивосток-Хабаровск: ДВО РАН. 2003. Вып. 1. С. 104-106.

7. Петросян А.Г. Инфузории рода *Euplotes* как тест-организмы в морском биотестировании / А.Г. Петросян, С.Е. Дятлов // Экология моря. Севастополь. 2000. Вып. 50. С. 105-108.

8. Васин А.Е. Адаптация инфузорий *Paramecium multimicronucleatum* к солям некоторых тяжелых металлов / А.Е. Васин // Вестник СамГУ. Естественнонаучная серия. Самара. 2006. №7. С. 12-18.

9. Захариков Е.С. Экологические исследования объектов природной среды в районах нефтедобычи с применением биотестирования. Дис. ... канд. биол. наук, Сургут, 2006. 131 с.

10. Виноходов Д. О. Научные основы биотестирования с использованием инфузорий. Дис. ... докт. биол. наук. СПб., 2007. 262 с.

11. Weisse T. Biodiversity of freshwater microorganisms – achievements, problems and perspectives // Polish journal of ecology. 2006. P. 633-652.

12. Бойкова Э.Я. Применение простейших в токсикологических исследованиях // Экспериментальная водная токсикология. 1991. Вып. 15. С. 155-164.

13. Межевикина Ю.В. Влияние токсических веществ на скорость дыхания и выживаемость простейших / Ю.В. Межевикина, Н.С. Печуркин, Т.Ф. Силинская, Г.В. Андреева // Гидробиологический журнал. 1984. Т. 20. № 5. С. 61-65.

14. Новосадова Т.Г. Токсичность биоцида «Дубицин-14» для гидробионтов / Т.Г. Новосадова, Н.А. Стручкова // Экспериментальная водная токсикология. 1991. Вып. 15. С. 144-154.

15. Сазонова В.Е. Сравнительный анализ чувствительности двух биотестов для определения степени токсичности воды / В.Е. Сазонова, Е.В. Панькина // Водные ресурсы. 1998. № 1. С. 80-84.

16. Макрушин А.В. Биологический анализ качества вод. Л., 1974. 59 с.

17. Kolkwitz R. Oekologie der pflanzlichen Saprobien / Kolkwitz R., Marsson M. // Berichte über die Deutsche Botanische Gesellschaft. 1908. Bd. 26. P. 505-519.

18. Kolkwitz R. Oekologie der tierischen Saprobien / Kolkwitz R., Marsson M. // Intern.

Rev. Gesamten Hydrobiologie. 1909. Bd. 2. P. 126-152.

19. Kahl A. Wimpertiere oder Ciliata (Infusoria) // Die Tierwelt Deutschland. Jena. 1930-1935. 886 P.

20. Чорик Ф.П. Свободноживущие инфузории водоемов Молдавии. Кишинев:РИО АН МССР.1968. 251 с.

21. Corliss J.O. The Ciliated Protozoa. Oxford: Pergamon Press. 1979. 455 p.

22. Фауна аэротенков: атлас / Отв. ред. Л.А. Кутикова. Л.: Наука, 1984. 264 с.

23. Локоть Л.И. Экология ресничных простейших в озерах Центрального Забайкалья. Новосибирск: Наука. 1987. 153 с.

24. Никитина Л.И. Почвенные инфузории Среднего Приамурья: Монография. Хабаровск: Изд-во ХГПУ, 1997. 102 с.

25. Алекперов И.Х. Атлас свободноживущих инфузорий. Баку: Ин-т зоологии НАН Азербайджана. 2005. 310 с.

Ключевые слова:

инфузории,
цилиата,
биотестирование,
биоиндикация,
малые реки

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

27. Ромейс Б. Микроскопическая техника. М: Илл. 1953. 718 с.

28. Пирс Э. Гистохимия. М.: Иностранная литература, 1968. 962 с.

29. Семенова Л.М. Фиксация и подготовка материала для гистологического и гистохимического изучения почвообитающих беспозвоночных // В кн. Методы почвенно-зоологических исследований. М.:Наука, 1975. С. 241–247.

30. Small E.B. Phylum Ciliophora Doflein, 1901 / E.B. Small, D.H. Lynn // An Illustrated guide to the Protozoa. Kansas: Allen Press, 2000. P. 371-675.



L.I. Nikitina, M.M. Tribun, A.V. Zhukov

INDICATOR VALUE OF SMALL RIVERS TSILIOFAUNA OF KHABAROVSK AREA

The study deals with species composition and indicator role of ciliates in small rivers in Khabarovsk region. 47 species of ciliates, ciliates complexes have been identified. These data indicate high anthropogenic load of the studied biocoenoses.

Key words: ciliates, biological, bio indication, small rivers