

УДК 579.8:(502.51:504.5)

## ВИДОВОЙ СОСТАВ МИКРООРГАНИЗМОВ СЕННОГО НАСТОЯ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В БИОТЕСТИРОВАНИИ

Минченко Е.Е., Пахомова Н.А.

ФГБОУ ВПО «Мурманский государственный технический университет»,  
Мурманск, e-mail: minchenok.elena@yandex.ru

В работе описаны типичные представители гетеротрофных микроорганизмов, культивируемых в сенном настое. Появление и смена гетеротрофов на ранних сроках наблюдения (5–15 суток) происходит по схеме: Colpoda sp. → Euplotes sp. → Oxytricha sp. (Stylonychia sp.) → Paramecium sp., а на поздних сроках (1–2 месяца): коловратки → нематоды → ресничные черви. Приведены результаты биотестирования нефтепродуктов при помощи свободноживущих инфузорий Colpoda steini, Paramecium caudatum, Oxytricha sp. и червей сем. Stenostomidae. Установлено, что чувствительность Colpoda steini увеличивается на постцистной стадии развития. Наиболее чувствительными тест-организмами были Paramecium caudatum и Oxytricha sp. Поддержание популяции этих свободноживущих инфузорий в экспоненциальной фазе роста является необходимым условием успешного применения в биотестировании. Выявлена роль коловраток Philodina sp. в утилизации нефтяного загрязнения.

**Ключевые слова:** сенной настоей, тест-организмы, биотестирование, биоиндикация, инфузории, коловратки, нефтяное загрязнение

## THE SPECIES COMPOSITION AND THE USE IN BIOTESTING OF MICROORGANISMS FROM HAY INFUSION

Minchenok E.E., Pakhomova N.A.

Murmansk State Technical University, Murmansk, e-mail: minchenok.elena@yandex.ru

The typical representatives of heterotrophic microorganisms cultured in a hay infusion are described in the paper. The appearance and change of heterotrophs composition in the early observation (5–15 days) takes place according to the scheme: Colpoda sp. → Euplotes sp. → Oxytricha sp. (Stylonychia sp.) → Paramecium sp. And at the later stages (1–2 months): rotifers → nematodes → turbellarians. The results of biotesting of oil products by means of free-living ciliates Colpoda steini, Paramecium caudatum, Oxytricha sp. and turbellarians of the Stenostomidae family are represented in the paper. It was found that the sensitivity of Colpoda steini is increased in post-cyst stage of development. It was shown that Paramecium caudatum and Oxytricha sp. are the most sensitive test-organisms. Maintenance of these free-ciliate genera populations in the exponential phase of growth is requirement for successful application in toxicological evaluation of the environment. The role of rotifers Philodina sp. in the disposal of oil pollution was revealed during this research work.

**Keywords:** hay infusion, test-organisms, biotesting, bioindication, ciliates, rotifers, oil pollution

Загрязнение окружающей среды носит сложный характер и вызывает в природных экосистемах глубокие изменения, снижающие их устойчивость. Трансформации подвергаются как наземные, так и водные экосистемы. Одним из таких изменений является увеличение токсичности компонентов природной среды вследствие накопления загрязняющих веществ [3, 5, 6, 13].

Для оценки токсичности природных вод, промышленных сбросов, почвы, кормов и прочих объектов окружающей среды используют тесты на различных живых организмах [1, 4, 7, 10, 11, 13, 14]. Чаще всего в качестве тест-объектов используются организмы, которые широко распространены в природе, участвуют в процессах самоочищения вод и обладают коротким жизненным циклом. Таким требованиям отвечают Protozoa. Методы биотестирования при помощи простейших обладают высокой чувствительностью, экспрессностью, надежностью, универсальностью и малой себестоимостью. Они просты в проведении, поддаются инструментализации и автома-

тизации, а их результаты легко интерпретируемы [4, 7, 8].

**Цель исследования:** изучение возможности использования микроорганизмов сенного настоя для эколого-токсикологической оценки состояния объектов окружающей среды (природных и сточных вод, снега, почвы, донных осадков и др.).

**Задачи:**

1. изучить таксономический состав микронаселения сенного настоя;

2. выявить индикаторные виды микроорганизмов, которые могут быть использованы в качестве тест-объектов (тест-систем);

3. провести работы по культивированию индикаторных тест-организмов.

В работе впервые представлена таксономическая характеристика микроорганизмов сенного настоя; выделены организмы, которые отвечают требованиям, предъявляемым к тест-объектам в биотестировании; проведены работы по культивированию генетически однородного штамма инфузорий Colpoda sp.

### Материалы и методы исследования

Приготовление сенного настоя осуществлялось по общепринятой методике [2]. Сенной настой разделяли на три емкости: «чистый» сенной настой, настоем с добавлением аквариумной воды и почвы. В качестве подкормки использовали сухие хлебопекарные дрожжи. Наблюдения за Protozoa проводили в течение нескольких месяцев при  $t = 20 \pm 2^\circ\text{C}$ . Идентификацию простейших проводили под микроскопом при увеличении: об.40х, ок.10х. Для получения однородной культуры производили пересадку микроорганизмов в стерильные пробирки с питательной средой.

Для проведения биотестирования использовали сенной настой разной степени зрелости (от 5 суток до 2-х месяцев и более), содержащий свободноживущие инфузории родов Colpoda, Oxytricha, Stylonychia, Euplotes, Paramecium, а также червей сем. Stenostomidae, Philodinidae и Dicranophoridae.

Эксперименты по биотестированию проводили с дизельным топливом (ДТ), моторным маслом (ММ). Нефтепродукты разводились в дистиллированной воде в концентрациях 0,1 мг/л, 1,0 мг/л и 10,0 мг/л. В чашках Петри в равных пропорциях смешивали сенной настоем с водными растворами (эмульсиями) нефтепродуктов. Биотестирование проводили в течение 6 суток. Просмотр проб проводили через 15 мин., 1 час, 24 часа, 2 сут., 4 сут., 6 сут. при увеличении: об.10х, ок.10х. Подсчет организмов производили в 10 полях зрения. Пробы фотографировали при увеличении 1х, 1,5х, 2х, 3х. Критерием

острой и хронической токсичности являлось статистически достоверное различие с контролем или снижение численности инфузурий на 50% и 25% по сравнению с контролем в течение 24-х и 96-часовой и более экспозиции соответственно. Проба являлась токсичной также при стимуляции клеток простейших более чем на 30% [8]. Результаты были подвергнуты статистической обработке при помощи Microsoft Office Excel.

### Результаты исследования и их обсуждение

На начальных сроках опытов (1–5-е сутки) в пробах сенного настоя встречаются бесцветные жгутиконосцы, равноресничные инфузории родов *Aspidisca* и *Holophrya* (рис. 1).

Популяции этих микроорганизмов характеризуются взрывным ростом численности, который сменяется резким спадом. Такая нестабильность и маленький размер особей затрудняет их использование в качестве тест-организмов.

Инфузории рода *Colpoda* появляются в сенном настое на 5–10 сутки культивирования. Типичными представителями этого рода в лабораторном микрокосме являются *C. steini*, *C. cucullus* и *C. aspera* (рис. 2).

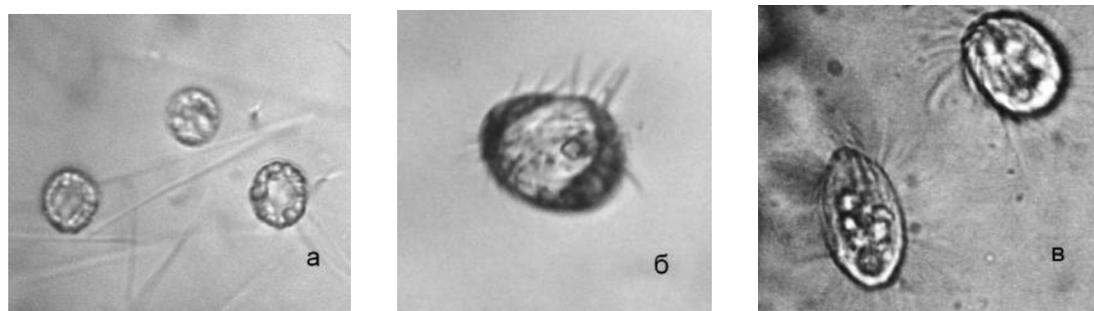


Рис. 1. Жгутиконосцы и ресничные инфузории: а – жгутиконосцы *Mastigophora*, б – инфузория *Aspidisca* sp., в – инфузория *Holophrya* sp. Ув. микроскопа: об.40х, ок.10х; ув. фотоаппарата: 1х

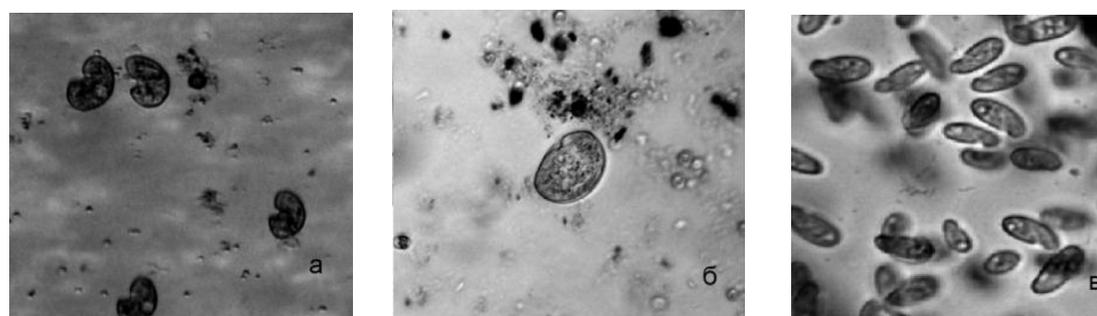


Рис. 2. Инфузории рода *Colpoda*: а – *C. steini*; б – *C. cucullus*; в – *C. aspera*. Ув. микроскопа: об.10х, ок.10х; ув. фотоаппарата: 2х, 3х

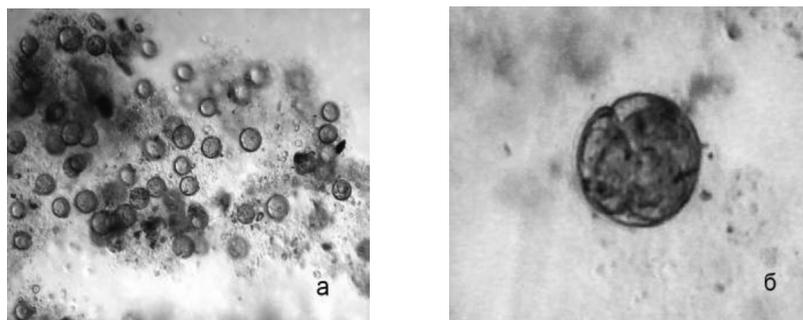


Рис. 3. Инфузория *C. steini*: а – цисты покоя; б – циста в состоянии деления.  
Ув. микроскопа: об.10х, ок.10х; об.40х, ок.10х; ув. фотоаппарата: 1х, 1,5х

Среди инфузорий рода *Colpoda* наиболее устойчивую популяцию образует *Colpoda steini* Enriquez, 1908. Это широко распространенный вид, обитающий в почвах и пресных водоемах. При неблагоприятных условиях *C. steini* способна образовывать цисту покоя (рис. 3, а). *C. steini* способна в течение 12 часов эксцистироваться. При этом в период эксцистирования происходит деление клетки. Количество будущих особей может колебаться от 4 до 128 [15]. В опыте мы наблюдали в цисте от 4 до 8 особей (рис. 3, б). Размножение длится 1–2 суток. При наступлении неблагоприятных условий кольподы снова цистируются. Добавление сухих дрожжей стимулирует новый цикл размножения.

На действие растворов ДТ *C. steini* реагируют как цистируванием, так и резкой вспышкой численности. Эта характеристика может быть успешно использована как тест-функция в биотестировании. Быстрый переход от стадии покоя к активной жизнедеятельности позволяет получать на основе культуры *C. steini* удобный в использовании сухой препарат-диагностикум с длительным сроком годности. Для получения диагностического препарата нами был использован метод синхронизации [4]. В июне 2012 г. культуру *C. steini*, полученную в сенном настое, поместили в три чашки Петри, высушили и в состоянии цисты оставили на хранение. Через 4 месяца в чашки Петри добавили дистиллированную воду. А через 2 суток получена синхронизированная культура *C. steini*.

На 10–15 сутки опыта среди свободноживущих инфузорий можно выделить представителей родов *Paramecium*, *Vlepharisma*, *Oxytricha*, *Stylonychia* и *Euplotes*. Из них наиболее устойчивую популяцию образуют *Paramecium caudatum* и *Oxytricha sp.*

*Paramecium caudatum* Ehrenberg, 1838 – это широко распространенная ресничная инфузория, предпочитающая альфа-мезоса-

пробные условия. Температурный оптимум лежит в пределах 24–28°C, предпочитает рН, близкую к нейтральной (6,5–7,5). Основной пищей парамеции являются бактерии, водоросли и мелкие простейшие. Питание инфузорий осуществляется через глотку – фагоцитоз, или через клеточную мембрану – пиноцитоз. Короткий жизненный цикл, высокий темп деления, возможность клонирования позволяют эффективно использовать ее в биотестировании и токсикологических исследованиях в течение всего года [8].

На начальных стадиях эксперимента при  $C_{ДТ} = 0,1, 1,0$  и  $10,0$  мг/л парамеция активно фагоцитирует капли ДТ, ее клетка увеличивается в размерах в 2–3 раза (рис. 4, а). В эти сроки опыта отмечается резкий рост численности парамеции. Факт скачкообразного увеличения численности инфузорий объясняется тем, что в водных растворах ДТ при  $t = 20^\circ\text{C}$  активно развиваются нефтеокисляющие бактерии, которые являются источником пищи для инфузорий-бактериофагов. Потребление нефтесодержащей органики происходит по схеме: ДТ – нефтеокисляющие бактерии – инфузории [5]. Простейшие способны не только быть непосредственными потребителями органики, но и оказывать стимулирующее влияние на активность бактерий. В течение последующих суток происходит постепенная утилизация нефтеуглеводородов (рис. 4, б). В эти же сроки опыта численность парамеции резко снижается. В опытах с ММ показано, что при  $C_{ММ} = 0,1$  и  $1,0$  мг/л численность парамеции снижается уже в первые часы и сутки наблюдения. Остро токсична для инфузорий  $C_{ММ} = 10,0$  мг/л. Спустя 1 час было отмечено разрушение клеточной оболочки парамеции (рис. 4, в). Следует отметить, что фактор токсичности для парамеций в опыте с ММ преобладает над пищевым фактором.

Динамика численности *P. caudatum* в опытах с растворами ДТ и ММ представлена на рис. 5.

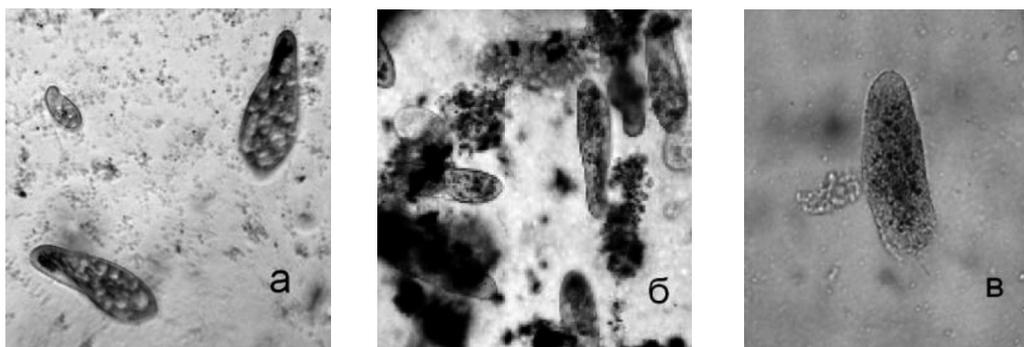


Рис. 4. Биотестирование нефтепродуктов с помощью *P. caudatum*:  
 а – опыт с ДТ (через 24 часа); б – опыт с ДТ (на 2-4 сутки); в – опыт с ММ (спустя 1 час).  
 Ув. микроскопа: об.10х, ок.10х; ув. фотоаппарата: 1,5х, 2х, 3х

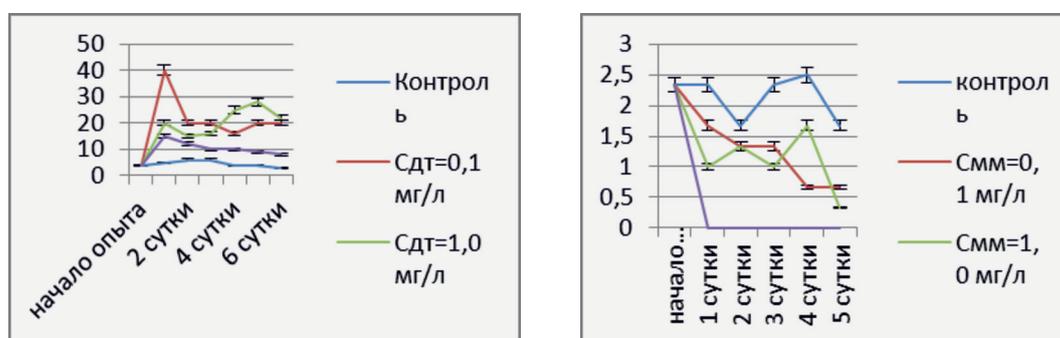


Рис. 5. Динамика численности *P. caudatum* в опыте с нефтепродуктами

Эксперименты показали, что чувствительность *P. caudatum* проявляется на стадии экспоненциального роста, поэтому поддержание в лабораторных условиях популяции в данной фазе развития является необходимым условием для использования ее в качестве тест-объекта.

Проведены опыты по биотестированию тяжелых нефтепродуктов с помощью *Oxytricha sp.* Эта инфузория широко распространена в пресных водоемах и почвах. Основной пищей окситрихи являются бактерии, дрожжи, детрит. Размножение происходит путем поперечного деления клетки. В зависимости от условий выращивания время генерации может составлять от нескольких часов до нескольких суток. Изменение внешних условий (температура, химический состав среды и другие факторы) воспринимаются клеткой, и первая ответная реакция – изменение характера движения: уменьшение или увеличение скорости, частоты остановок и разворотов, разнообразные таксисы.

Биотестирование тяжелых НП (мазута) дало следующую картину. Просмотр проб в рабочем (неразведенном) растворе показал, что в первые минуты опыта инфузория

резко замедлила скорость движения вплоть до полной остановки. Затем в течение 5 минут инфузория совершала круговые вращательные движения. Через 10–15 минут мы наблюдали прекращение движения и разрушение структуры клетки. Реакция инфузорий на действие водных эмульсий НП в разведении 1:2 и 1:3 была идентичной. Размеры перистомального поля уменьшались. Просматривалось изменение внутренней структуры организмов: уплотнение макро- и микронуклеуса, нарушение функций сократительной вакуоли и др. Спустя 30 минут отмечалась 100% гибель окситрихи во всех пробах.

Среди других представителей свободноживущих инфузорий сеного настоя можно отметить инфузорию рода *Euplotes*. Появляется на 5–10 сутки после закладки опыта. Численность инфузории колеблется в пределах 1–4 экз/п.зр. микроскопа. *Euplotes sp.* характеризуется высокой подвижностью, резкими колебаниями численности, что ограничивает ее использование в биотестировании. На 10–15 сутки в пробах сеного настоя эпизодически встречается инфузория рода *Stylonuchia*. Стилонихию достаточно легко содержать в лаборатор-

ных условиях, она может быть использована в биотестировании.

Видовой состав многоклеточных организмов сенного настоя в разных вариантах его приготовления характеризуется некоторыми отличиями. Так, в сенном настое с добавлением почвы многоклеточные организмы были представлены немногочисленными, но стабильно присутствующими экземплярами круглых червей (тип Nematelminthes): организмами, принадлежащими к классу брюхопесчаные, или гастротрихи (*Gastrotricha*); представителями класса коловратки (*Rotatoria*). Коловратки родов *Rotaria* и *Philodina* появились в пробах через месяц наблюдения. В сенном настое с добавлением аквариумной воды через 2 месяца отмечено начало развития ресничных червей *Turbellaria*, принадлежащих к семейству *Stenostomidae* [9].

Опыты по биотестированию проводили с червями семейства *Stenostomidae*. При действии НП в концентрации  $C_{MM} = 0,1$  мг/л наблюдалось замедление движения червей, образование малоподвижных скоплений. В случае высоких концентраций НП ( $C_{MM} = 1,0$  мг/л и  $C_{MM} = 10,0$  мг/л) тело червя сжималось, в среднем и хвостовом отделе формировались капсулы. В целом наблюдалась дезинтеграция внутренних органов, приводящая к гибели организмов. Черви сем. *Stenostomidae* являются чувствительными тест-организмами. Однако популяция *Stenostomidae* появляется в сенном настое время от времени, что затрудняет ее использование для целей биотестирования.

Спустя 20–30 дней в пробах отмечено присутствие коловраток – представителей семейств *Philodinidae* и *Dicranophoridae* [10]. Под действием микроорганизмов в течение месяца в сенном настое произошла флокуляция коллоидных частиц и образование агрегатов ДТ. В области этих сгустков и сосредоточилась жизнедеятельность инфузорий и коловраток. Первоначально *Philodina sp.* были представлены единичными экземплярами. В ходе опыта экспоненциальное увеличение численности коловраток совпадало с уменьшением численности инфузорий. ДТ образовало на поверхности раствора пленку, которая и послужила субстратом для массового развития коловраток. По мере уменьшения площади пленки был отмечен переход коловраток в состояние анабиоза, или высыхания. Результаты опыта демонстрируют возможность применения культуры коловраток как для биологической очистки (доочистки) нефтяного загрязнения среды, так и для биотестирования, что согласуется с результатами других исследователей [1, 12].

Изучение видового спектра микроорганизмов в сенном настое выявило закономерность появления и смены инфузорий на ранних сроках наблюдения (5–15 суток): *Colpoda sp.* → *Euplotes sp.* → *Oxytricha sp.* (*Stylonychia sp.*) → *Paramecium sp.* На поздних сроках опыта последовательность смены состава гетеротрофного сообщества происходила по схеме: коловратки → нематоды → ресничные черви. Что касается других микроорганизмов сенного настоя, то их таксономический состав определяется свойствами добавляемых ингредиентов (почва, аквариумная вода).

На начальных сроках опыта (5–10 суток) в сенном настое наиболее устойчивую популяцию образует инфузория *Colpoda steini*. Установлено, что чувствительность кольподы выше на постцистной стадии развития. Также выявлено, что наиболее чувствительными тест-объектами были *Paramecium caudatum* и *Oxytricha sp.* Поддержание популяции этих свободноживущих инфузорий в экспоненциальной фазе роста является необходимым условием успешного применения в биотестировании. Тщательное изучение культур инфузорий, выращенных в сенном настое, выявление закономерностей их ответных реакций, разработка единого метода подготовки проб и культуры инфузорий как тест-системы к проведению анализа позволяют получить объективную картину эколого-токсикологического состояния среды.

Таким образом, проведение серий экспериментов по выращиванию гетеротрофных организмов в сенном настое, выделение индикаторных тест-систем, чувствительных к токсиканту, опыты по получению синхронизированной культуры инфузорий и выявление роли коловраток в утилизации нефтяного загрязнения является эффективным инструментом в биотестировании и биоиндикации состояния окружающей среды.

#### Список литературы

1. Бакаева Е.Н. Эффективность роста коловраток в условиях аквакультуры: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.18 / Бакаева Елена Николаевна. – Минск, 1992. – 22 с.
2. Биологический контроль окружающей среды. Биоиндикация и биотестирование: учеб. пособие для вузов / О.П. Мелехова [и др.]; под ред. О.П. Мелеховой и Е.И. Егоровой. – М.: Академия, 2007. – 287 [1] с.: ил.
3. Биотестирование и прогноз изменчивости водных экосистем при антропогенном загрязнении / Г.Г. Матишов [и др.]. – Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2003. – 468 с.
4. Виноходов Д.О. Научные основы биотестирования с использованием инфузорий: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.23 / Виноходов Дмитрий Олегович. – Санкт-Петербург, 2007. – 40 с.
5. Гордеева Ф.В. Оценка токсичности воды и донных отложений водоемов и почв территории Тюменской области с использованием инфузории *Paramecium caudatum*: ав-

торей. дис. ... канд. биол. наук: 03.02.08 / Гордеева Фаина Викторовна. – Борок, 2010. – 23 с.

6. Козицкая Ю.Н. Экологическая оценка урбанизированных территорий Хмао-Югры методами биотестирования: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16 / Козицкая Юлия Николаевна. – Екатеринбург, 2005. – 189 с.: ил.

7. Макрушин А.В. Биоиндикация загрязнений внутренних водоемов / А.В. Макрушин // Биологические методы оценки природной среды = Biological evaluation of natural environment: [сб. статей] / АН СССР, Науч. совет по пробл. биосферы, Ин-т эволюц. морфологии и экологии животных им. А.Н. Северцова, Сов. ком. по программе ЮНЕСКО «Человек и биосфера». – М., 1978. – С. 123–137.

8. Об утверждении Методических указаний по разработке нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения : приказ Росрыболовства от 4 авг. 2009 г. № 695 : зарегистрировано в Минюсте Рос. Федерации 3 июля 2009 г. № 14702 // Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти. – 2009. – № 43.

9. Пахомова Н.А. Биоэкологические аспекты изучения сукцессии в микроскоме сеного настоя / Н.А. Пахомова, Е.Е. Минченко // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 5. – С. 201–205.

10. Пахомова Н.А. Перспективы использования организмов-гетеротрофов сеного настоя для биотестирования нефтепродуктов / Н.А. Пахомова, Е.Е. Минченко // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 4(2). – С. 396–400.

11. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / Ин-т глобал. климата и экологии; [подгот. В.А. Абакумов и др.]; под ред. В.А. Абакумова. – Санкт-Петербург : Гидрометеиздат, 1992. – 317 [1] с.: ил.

12. Р 52.24.662-2004. Оценка токсического загрязнения природных вод и донных отложений пресноводных экосистем методом биотестирования с использованием коловраток. – Введ. 2006–01–01. – М.: Росгидромет. – 60 с.

13. Трояновская Е.С. Оценка состояния почв городских территорий методом комплексного биотестирования / Е.С. Трояновская, О.В. Абросимова, Е.И. Тихомирова // Теоретическая и прикладная экология. – 2011. – № 2. – С. 32–36.

14. Филенко О.Ф. Основы водной токсикологии / О.Ф. Филенко, И.В. Михеева. – М.: Колос, 2007. – 144 с.

15. Хаусман К. Протозоология / К. Хаусман при участии М. Мулиш, Д. Пэттерсона; пер. с нем. И.Б. Райкова. – М.: Мир, 1988. – 334 с.: ил.

## References

1. Bakaeva E.H. Jeffektivnost' rosta kolovratok v uslovijah akvakul'tury: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk: 03.00.18 / Bakaeva Elena Nikolaevna. Minsk, 1992. 22 p.

2. Biologicheskij kontrol' okruzhajushhej sredy. Bioindikacija i biotestirovanie : ucheb. posobie dlja vuzov / O.P. Melekhova [i dr.]; pod red. O.P. Melekhovoj i E.I. Egorovoj. M.: Akademija, 2007. 287 [1] p.: il.

3. Biotestirovanie i prognoz izmenchivosti vodnyh jekosistem pri antropogennom zagraznenii / G.G. Matishov [i dr.]. Apatity: Izd-vo KNC RAN, 2003. 468 p.

4. Vinohodov D.O. Nauchnye osnovy biotestirovanija s ispol'zovanijem infuzorij : avtoref. dis. ... d-ra biol. nauk:

03.00.23 / Vinohodov Dmitrij Olegovich. Sankt-Peterburg, 2007. 40 p.

5. Gordeeva F.V. Ocenka toksichnosti vody i donnyh otlozhenij vodoemov i pochv territorii Tjumenskoj oblasti s ispol'zovanijem infuzorii Paramecium caudatum : avtoref. dis. ... kand. biol. nauk: 03.02.08 / Gordeeva Faina Viktorovna. Bork, 2010. 23 p.

6. Kozickaja Ju.N. Jekologicheskaja ocenka urbanizirovannyh territorij Hmao-Jugry metodami biotestirovanija : dis. ... kand. biol. nauk : 03.00.16 / Kozickaja Julija Nikolaevna. Ekaterinburg, 2005. 189 p.: il.

7. Makrushin A.V. Bioindikacija zagraznenij vnutrennih vodoemov / A.V. Makrushin // Biologicheskije metody ocenki prirodnoj sredy = Biological evaluation of natural environment: [sb. statej] / AN SSSR, Nauch. совет по probl. biosfery, In-t jevoljuc. morfologii i jekologii zhivotnyh im. A.N. Severcova, Sov. kom. po programme JuNESKO «Chelovek i biosfera». M., 1978. pp. 123–137.

8. Ob utverzhenii Metodicheskij ukazanij po razrabotke normativov kachestva vody vodnyh obektov rybohozajstvennogo znachenija, v tom chisle normativov predel'no dopustimyj koncentracij vrednyh veshhestv v vodah vodnyh ob'ektov rybohozajstvennogo znachenija: prikaz Rosrybolovstva ot 4 avg. 2009 g. no. 695 : zaregistrirvano v Minjuste Ros. Federacii 3 ijulja 2009 g. no. 14702 // Bjulleten' normativnyh aktov federal'nyh organov ispolnitel'noj vlasti. 2009. no. 43.

9. Pahomova N.A. Biojekologicheskije aspekty izuchenija suksessii v mikrokosme sennogo nastoja / N.A. Pahomova, E.E. Minchenok // Fundamental'nye issledovanija. 2011. no. 5. pp. 201–205.

10. Pahomova N.A. Perspektivy ispol'zovanija organizmov-geterotrofov sennogo nastoja dlja biotestirovanija nefteproduktov / N.A. Pahomova, E.E. Minchenok // Fundamental'nye issledovanija. 2012. no. 4(2). pp. 396–400.

11. Rukovodstvo po gidrobiologicheskomu monitoringu presnovodnyh jekosistem / In-t global. klimata i jekologii; [podgot. V.A. Abakumov i dr.]; pod red. V.A. Abakumova. Sankt-Peterburg: Gidrometeoizdat, 1992. 317 [1] p.: il.

12. R 52.24.662-2004. Ocenka toksicheskogo zagraznenija prirodnyh vod i donnyh otlozhenij presnovodnyh jekosistem metodom biotestirovanija s ispol'zovanijem kolovratok. Vved. 2006–01–01. M.: Rosgidromet. 60 p.

13. Trojanovskaja E.S. Ocenka sostojanija pochv gorodskih territorij metodom kompleksnogo biotestirovanija / E.S. Trojanovskaja, O.V. Abrosimova, E.I. Tihomirova // Teoreticheskaja i prikladnaja jekologija. 2011. no. 2. pp. 32–36.

14. Filenko O.F. Osnovy vodnoj toksikologii / O.F. Filenko, I.V. Miheeva. M.: Kolos, 2007. 144 p.

15. Hausman K. Protozoologija / K. Hausman pri uchastii M. Mulish, D. Pjettersona ; per. s nem. I.B. Rajkova. M.: Mir, 1988. 334 p.: il.

## Рецензенты:

Макаревич П.Р., д.б.н., профессор, первый заместитель директора по науке Мурманского морского биологического института КНЦ РАН, г. Мурманск;

Зензеров В.С., д.б.н., ведущий научный сотрудник, Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск.

Работа поступила в редакцию 31.12.2014.