

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого»  
(ФГБОУ ВПО «ТГПУ им. Л.Н. Толстого»)

Кафедра биологии и экологии

## **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

на тему:

### **Биоиндикация пруда города Ефремова**

Выполнена: студенткой 5 курса группы «БХ»  
очной формы обучения факультета  
естественных наук специальности  
"Биология" с дополнительной  
специальностью "Химия"  
Долговой Екатериной Михайловной

Содержание.

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	6
ГЛАВА 2. МЕСТО И МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ	11
2.1 Характеристика водоема	11
2.2 Методы проведения исследования	11
ГЛАВА 3. ФАУНА ЭКОСИСТЕМЫ ПРУДА	14
3.1 Видовой состав беспозвоночных животных пруда	14
3.2 Трофические группы беспозвоночных животных пруда	19
3.3 Экологические группы беспозвоночных животных пруда	23
3.4 Оценка качества экосистемы пруда	27
ВЫВОДЫ	34
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	35

## **ВВЕДЕНИЕ**

### **Актуальность исследования**

На урбанизированных территориях располагается значительное количество водных объектов, имеющих высокое хозяйственное и рекреационное значение. В этом плане особую актуальность представляют городские пруды, которые являются неотъемлемой частью лесопарковой зоны города.

В отличие от других экосистем Земли, экосистемы открытых вод поддерживают основные количества биомассы на втором трофическом уровне при крайне низком содержании биогенных веществ в воде. Поэтому эвтрофикация водоемов в результате неразумной хозяйственной деятельности человека может приводить к "цветению" водоёмов - перераспределению биомассы в сторону увеличения основного её содержания на первом трофическом уровне, что в свою очередь ведёт к повышению мутности, появлению аноксидных зон, деградации и гибели водных экосистем.

Данные закономерности относятся и к искусственным водным экосистемам.

На территории Тульской области проблема экологического состояния данных водных объектов должна быть первостепенной задачей, выполнение которой необходимо для сохранения биоразнообразия природных комплексов Тульской области.

**Целью исследования** является изучение беспозвоночных животных экосистемы пруда г. Ефремова.

#### **Задачи исследования:**

1. Выявление видового состава беспозвоночных животных.
2. Определение трофических групп беспозвоночных животных.
3. Выявление экологических групп беспозвоночных животных.
4. Провести оценку качества среды водоёма.

**Объект исследования.** Объектом исследования избран комплекс беспозвоночных животных экосистемы пруда.

**Предмет исследования.** Видовая, трофическая и экологическая структуры фауны экосистемы, а так же оценка качества водной среды.

Работа выполнялась на кафедре биологии и экологии ТГПУ им. Л.Н. Толстого, под руководством профессора, к.б.н. Булухто Н.П. В процессе работы автор пользовался консультацией д.б.н, профессора А.А. Коротковой.

## ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

Пруды и малые озера. Стоячие водоемы небольших размеров, причем искусственные пруды в нашем регионе гораздо более распространены, чем естественные (малые озера). Существуют разночтения в определении прудов и отделении их от озер и водохранилищ. Пруды могут как питаться грунтовыми водами, так и не иметь к ним выхода - лежать выше водоносных горизонтов грунта на водоупорном слое. Создаются пруды человеком для хранения воды, водопоя скота, разведения рыбы, побочно при копании карьеров и т.п. Соответственно, могут быть пруды плотинные (на реках и ручьях) и копаные (непроточные). Кроме того, они могут образоваться в результате запруживания речек и ручьев бобрами. Малыми озерами становятся старицы небольших рек. Пруды, предоставленные сами себе, подвержены быстрому зарастанию – в силу малой глубины. В зависимости от обстоятельств, их покрывает рогоз, тростник, ряска, телорез. Дно при этом быстро заиливается, пруд становится эвтрофным, а через несколько десятков лет – дистрофным.

Население прудов сильно отличается видовым однообразием, хотя по своей численности и биомассе оно часто богаче озерного. Ведущую роль в фауне прудов играют вторичноводные организмы, преимущественно представленные эврибионтными формами, что отражает большую неустойчивость температурного, кислородного и других факторов среды, в которой они обитают. Число бактерий в прудах может достигать нескольких десятков миллионов в 1 мл, как это наблюдается, например, в случае внесения в них органических удобрений. Автотрофный планктон в основном представлен зелеными водорослями, особенно протококковыми и синезелеными, меньшее значение имеют диатомовые.

### *Классификация гидробионтов.*

Гидробионты — организмы, постоянно обитающие в водной среде. Толщу вод населяют две группы организмов – планктон и нектон. Планктон составляют организмы слишком мелкие, чтобы иметь возможность противостоять силам движения воды и контролировать свое положение в воде. Они парят в толще воды и переносятся ею. Животные, представленные в планктоне, - зоопланктон. В эту группу входит множество простейших, коловраток, мелких рачков. Кроме того, в зоопланктон включаются личинки насекомых, многих организмов бентоса. Организмы, проводящие в планктоне лишь часть своего жизненного цикла, называются меропланктоном, в отличие от голопланктона – постоянных планктонов. Обитатели биотопа вода/дно составляют бентос. Животные – обитатели дна именуется зообентосом и отличаются большим, как правило, разнообразием, чем планктон. Здесь можно встретить моллюсков, ракообразных, личинок насекомых [14].

Биотоп граница воздух/вода населен своеобразными организмами, составляющими целое сообщество, удерживающееся в поверхностной пленке воды. Это – нейстон [1].

### *Водные экосистемы.*

Экосистемы характеризуются определенным уровнем структурной и функциональной организации. Их структурированность зависит от особенностей пространственного распределения взаимосвязанных между собой косных и живых компонентов, а так же термодинамических характеристик гидросферы по горизонтали и вертикали. Функциональная организация экосистем проявляется в согласованности процессов, обеспечивающих круговорот веществ и биогеохимические циклы. В результате функционирования экосистем происходит непрерывная миграция атомов в форме биогеохимических циклов и новообразование органических веществ из минеральных. Оба процесса, имеющие планетарное значение, осуществляется за счет связывания, трансформации и аккумуляции в водных экосистемах солнечной энергии.

Водные экосистемы резко отличаются от наземных как в структурном, так и в функциональном отношении. Высокая плотность воды, позволяющая организмам существовать во взвешенном состоянии, обусловила массовое развитие микроскопических продуцентов, лишенных органов прикрепления и многих других структур. Только в водных экосистемах существуют прикрепленные и малоподвижные животные. Существование их возможно лишь благодаря высокой подвижности воды, приносящей пищу и кислород, уносящий метоболиты и обеспечивающей их расселение [15].

*История изучения фауны водных экосистем.*

Первые гидробиологические исследования начались в конце XIX века и ограничивались разработкой систематики отдельных групп животных и выяснением видового состава водных сообществ. Изучение планктона, проведенное А.С. Скориковым в начале нашего столетия, было первым шагом по одному из основных путей развития гидробиологии – биологической оценке санитарного состояния воды [16].

В 20-х годах в области гидробиологии начали работать крупнейшие зоологи - Г.Ю. Верещагин, В.М. Рылов и А.Л. Бенинг, исследования которых были направлены на изучение ветвистоусых и веслоногих рачков [1]. Работы С.С. Смирнова по систематике, эволюционной морфологии и географическому распространению Copepoda, Phyllopora и Entomostraca внесли весьма много в изучение этих существенных групп. В исследовании низших ракообразных много сделано Н.А. Акатовой, которая изучила зоопланктон ряда рек и описала несколько новых видов веслоногих раков. Изучением хирономид занимались А.А. Черновский и В.Я. Панкратова, а с 1975 года изучение систематики хирономид продолжила Е.В. Балушкина. С 1934 г. к изучению коловраток приступила Е.С. Неизвестнова-Жакина, а с 50-х годов - Л.А. Кутикова, которая в 1970 г. публикует определитель коловраток фауны СССР и сопредельных стран [1].

В 1970-90-е гг. продолжалось изучение систематики гидробионтов. Крупным обобщением в области изучения экологии гидробионтов явилась вышедшая в 2000 году монография С.М. Голубкова «Функциональная экология личинок амфибиотических насекомых». В ней обобщены материалы по продукционным характеристикам и стратегии жизненных циклов у 783 видов, относящихся к 8 отрядам водных насекомых [1].

В 60-е годы проводились исследования рек, направленные на выявление изменений под влиянием загрязнений. В 1956 году было организовано экспедиционное обследование реки Оки. Первое



исследование этой реки так же под руководством В.И. Жадина выполнено в 1929 году на Окской биологической станции. В 1962-1964 гг. исследование реки Невы и устьевые части ее притоков. Впервые получены подробные сведения о составе фауны и флоры, гидрохимии изученных рек, оценено качество вод отдельных участков по показательным организмам и их сообществам [16].

Общая оценка пресноводного водоема дается С.Ю. Вертьяновым [13]. Им описываются трофические связи, развитие, саморегуляция и целостность водных экосистем. Метод оценки качества воды и определение состояния пресноводного водоема с помощью донных организмов указана А.Р. Ляндсбергом [18]. Им описана основная методика оценки состояния водоема.

На территории Тульской области исследования микрофауны водоемов и оценка сапробности воды с помощью простейших начались с 1993 года. Были изучены беспозвоночные животные как индикаторы экологического состояния р. Упы в работе Булухто Н.П. [3]. Ряд авторов: Булухто Н.П., Домнина В.Л., Короткова А.А., Терехова В.А. [4, 5] исследовали воду в Комаркинском ручье, дигрессию и возможные пути восстановления экосистемы ручья. Фауну гидробионтов стоячих водоемов (Шатское водохранилище, Яснополянский пруд, Центральный парк г. Тулы), а также их использование в качестве индикаторов сапробности воды изучались Булухто Н.П. и Коротковой А.А. [6, 7, 8, 9, 10, 11]. Оценка сапробности малых рек области с помощью простейших была проведена Булухто Н.П., Коротковой А.А. и Шумиловой Ю.В. [12]. Исследования фауны водных беспозвоночных и позвоночных прудов были проведены Чеворыкиной Е.Ю. [20, 21] и Т.Лакеевой [17].

## **ГЛАВА 2. МЕСТО И МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ**

### **2.1 Характеристика водоема**

В качестве места проведения исследования был выбран Поселковый пруд, расположенный на территории города Ефремова. Пруд по происхождению является наливным. Вблизи пруда, на расстоянии 40-90 м располагаются жилые дома, городская роща, дорога, мусорная свалка. Протяжённость пруда – 108 м, ширина – 44 м, глубина около 4,5 м. Прозрачность воды - 1,2 м. Тип грунта: глинистый, илистый, гниющие растительные остатки, так же содержится крупный мусор (строительный мусор, бытовой мусор, автомобильные покрышки).

Береговая растительность пруда представлена следующими видами растений: камыш лесной, осока сближенная, осина, крушина ломкая, берёза бородавчатая, ольха чёрная, вербейник обыкновенный, зюзник европейский, дербенник иволистный, паслен сладко-горький, иван-чай, ива ломкая.

### **2.2. Методы проведения работы**

Исследование водоема проводилось с середины июня до середины сентября 2012 года. Отбор проб проводился с периодичностью раз в 10 дней водным (гидробиологическим) сачком. Для получения достоверной информации о водоемах отлов беспозвоночных проводился в нескольких точках в разных участках прудов. Сбор водных беспозвоночных животных проводился на разной глубине прудов: с поверхности, в толще воды, по водной растительности и дну прудов.

Все отловленные беспозвоночные с помощью пинцета были собраны в пробирки, на которые были наклеены этикетки с указанием, откуда были выловлены организмы, и даты сбора, и фиксировались в растворе формалина.

Отловленные беспозвоночные (личинки и имаго) были определены до вида с помощью определителя пресноводной фауны Е. М. Хейсина [19].

Среди отловленных животных были отмечены наиболее часто встречающиеся виды и отряды, доминирующие по видовому обилию.

Также была изучена трофическая и экологическая структура беспозвоночных животных исследуемого водоёма. Для определения сапробности воды пруда использовался модифицированный индекс Пантле-Букка (Чертопруд, 2002), который рассчитывается по формуле:

$$I = \frac{\sum SJ}{\sum J}, \text{ где}$$

S – сапробность каждого найденного в пробе индикаторного таксона (от 0 до 4);

J – его индикаторный вес (от 1 до 4) [6].



*Рис. 1. Место проведения исследования. Пруд города Ефремова*

## ГЛАВА 3. ФАУНА ЭКОСИСТЕМЫ ПРУДА

### 3.1 Видовой состав беспозвоночных животных пруда

За период исследования в экосистеме пруда нами выявлен 21 вид беспозвоночных животных, относящихся к 12 отрядам, 4 классам и 2 типам (табл. 1). Встречаемость гидробионтов в течение летнего периода в экосистеме пруда отображено в таблице 2.

*Таблица 1*

Видовой состав беспозвоночных животных экосистемы пруда

Систематическая принадлежность.	Название вида.
Тип Моллюски (Mollusca) Класс Брюхоногие моллюски (Gastropoda) Отряд Лёгочные моллюски (Pulmonata)	1.Прудовик обыкновенный (Limnaea stagnalis) 2.Катушка-завиток 3.Роговая катушка (Planorbarius corneus)
Тип Членистоногие (Arthropoda) Класс Ракообразные (Maxillopoda) Отряд циклопы (Cyclopidae)	4.Циклоп (Cyclopidae)
Класс Паукообразные (Arachnida) Отряд Пауки (Araneae) Отряд Клещи (Acari)	5.Паук Серебрянка (Argyroneta aquatica) 6.Водный клещик (Acari)
Класс Насекомые (Insecta) Отряд Жесткокрылые (Coleoptera)	7.Гребец пёстрый (Platambus maculatus) 8.Плавунчик (Phalaropus) 9.Вертячка (Gyrinidae) 10.Пузанчик 11.Водомерка (Gerridae) 12.Личинка гладыша (Notonecta)
Отряд Двукрылые (Diptera)	13.Огневка-кувшинница (Nymphula nymphaeata) 14.Комары-долгоножки (Tipulidae) 15. Иловая муха, или пчеловидка, или ильница (Eristalis tenax L.)
Отряд Подёнки (Ephemeroptera)	16. Подёнка (Ephemeroptera)
Отряд Полужесткокрылые (Hemiptera)	17. Водяной скорпион обыкновенный (Nepa cinerea)

Отряд Вислокрылки (Megaloptera)	18. Вислокрылка (Megaloptera)
Отряд Стрекозы (Odonata)	19. Настоящая стрекоза (Odonata)
Отряд Веснянки (Perlidae)	20. Веснянка (Perlidae)
Отряд Ручейники (Trichoptera)	21. Ручейник (Trichoptera)

Анализ таблицы 1 показал, что в экосистеме пруда было обнаружен 21 вид беспозвоночных животных из 12 отрядов: Отряд Лёгочные моллюски, Отряд Циклопы, Отряд Пауки, Отряд Клещи, Отряд Жесткокрылые, Отряд Двукрылые, Отряд Подёнки, Отряд Полужесткокрылые, Отряд Вислокрылки, Отряд Стрекозы, Отряд Ручейники, Отряд Веснянки.

Таблица 2

Встречаемость беспозвоночных животных пруда в течение 2012 г.

№ п/ п	Название вида	Июнь	Июль				Август		
		Декады							
		Ш	І	ІІ	ІІІ	І	ІІ	ІІІ	
1	Личинка настоящей стрекозы	+			+	+			
2	Водомерка	+	+	+	+	+	+		
3	Личинка гладыша	+	+		+	+	+		
4	Личинка комара	+	+	+	+	+			
5	Гребляк				+		+		
6	Водный клещик	+							
7	Плавунчик			+	+	+	+		
8	Личинка подёнки			+	+	+	+		
9	Гребец						+		
10	Личинка веснянки			+	+	+	+		
11	Личинка вислокрылки				+				
12	Вертячка				+				
13	Пузанчик								
14	Паук Серебрянка	+							
15	Прудовик обыкновенный	+		+	+	+	+		
16	Водный клещик		+						
17	Ручейник		+		+				

18	Иловая муха	+						
19	Водяной скорпион	+	+					
20	Огневка-кувшинница	+						
21	Циклоп		+				+	

Анализ таблицы 2 показал, что наибольшее количество видов было отловлено в 3 декаду августа. Преобладают: водомерки, гладыши, личинки комара. Наименьшее количество видов было обнаружено в 1 декаду июня, что объясняется биологическими циклами гидробионтов.

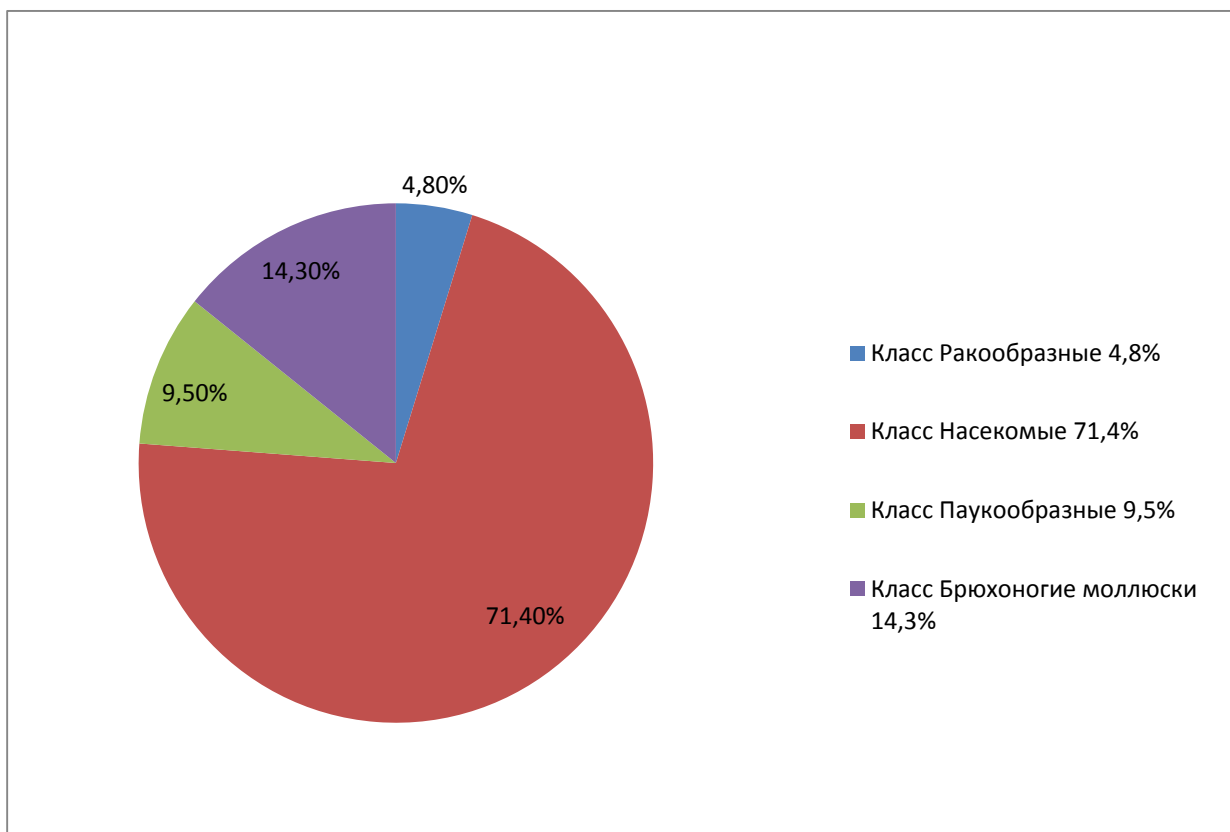
Соотношение видового обилия гидробионтов отображено в таблице 3 и на рисунке 2.

*Таблица 3*

Соотношение видового обилия беспозвоночных животных

Систематическая принадлежность	Количество видов Абсолютное (%)	Количество видов Относительное (%)
Кл. Брюхоногие моллюски	3	14,3
Кл. Ракообразные	1	4,8
Кл. Паукообразные	15	71,4
Кл. Насекомые	2	9,5
Всего	21	100





*Рис.2. Соотношение видового обилия беспозвоночных животных*

Анализ таблицы 3 и рисунка 2 показывает, что наибольшим видовым обилием (71,4 %) представлен Класс Насекомые, наименьшим (4,8 %) – Класс Ракообразные. На долю паукообразных приходится 9,5 %, на долю брюхоногих моллюсков -14,3 % видового обилия беспозвоночных животных.

### 3. 2. Трофические группы беспозвоночных животных пруда

Структура является важнейшей характеристикой любой экосистемы. Под экологической структурой сообщества понимают определенное соотношение различных экологических групп организмов, входящих в него. Разнообразие и обилие представителей той или иной экологической группы характеризуют экосистему в наименьшей степени, чем показания измерений физических и химических параметров среды [16].

По результатам проведенных исследований беспозвоночные животные были распределены по 5 группам.

Трофические группы:

- Фитофаги — растительноядные организмы. В водных экосистемах основными фитофагами являются мелкие организмы зоопланктона (так называемый растительноядный планктон).

- Хищники – организмы, питающиеся другими беспозвоночными организмами.

- Паразиты – организмы, длительное время живущие внутри или на теле другого организма – хозяина и питающиеся за его счет.

-Сапрофаги (от греч. (греческий) *sapros* — гнилой и *phagos* — пожиратель), животные, питающиеся трупами других животных. Главным образом это некоторые ракообразные (особенно донные бокоплавцы, речные раки). Частичными сапрофагами являются многие хищники и всеядные животные. Уничтожая гниющие остатки, сапрофаги выполняют роль санитаров.

Соотношение трофических групп беспозвоночных животных отражено на рисунке 3.

Таблица 4

## Трофические группы беспозвоночных животных

№ п/ п	Систематическая принадлежность	Трофическая специализация				
		Фито- фаги	Хищни- ки	Сапро- фаги	Миксо- фаги	Пара- зиты
1	Тип Моллюски Класс Брюхоногие моллюски Отряд Лёгочные моллюски Прудовик обыкновенный	+				
2	Отряд Лёгочные моллюски Катушка-завиток	+				
3	Отряд Лёгочные моллюски Роговая катушка	+				
4	Тип Членистоногие Класс Паукообразные Отряд Клещи Водный клещ					+
5	Класс Ракообразные Отряд Циклопы Циклоп				+	
6	Класс Насекомые Отряд Жесткокрылые Плавунчик	+				
7	Отряд Жесткокрылые Гребец		+			
8	Отряд Жесткокрылые Плавунец		+			
9	Отряд Жесткокрылые Вертячка		+			
10	Отряд Жесткокрылые Пузанчик		+			
11	Отряд Полужесткокрылые Водомерка		+			
12	Отряд Полужесткокрылые Гладыш		+			
13	Отряд Полужесткокрылые Гребляк		+			

14	Отряд Полужесткокрылые Водяной скорпион обыкновенный		+			
15	Отряд Двукрылые Комар			+		
16	Отряд Стрекозы Настоящая стрекоза		+			
17	Отряд Подёнки Подёнка			+		
18	Отряд Веснянки Веснянка		+			
19	Отряд Ручейники Ручейник	+				
20	Отряд пауки Водяной паук		+			
21	Отряд Вислокрылки Вислокрылка		+			
	Всего	5	12	2	1	1

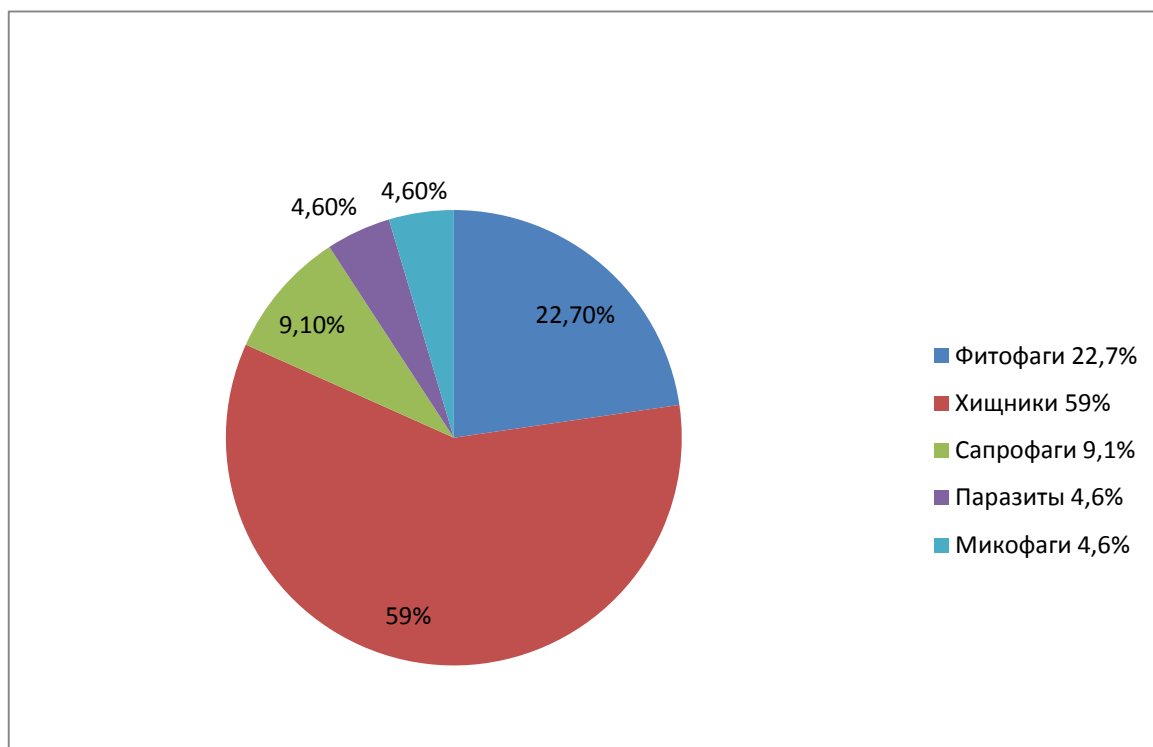


Рис. 3. Соотношение трофических групп

Исследования показали, что среди трофических групп доминируют хищники – 12 видов из 5 отрядов: отр. Жесткокрылые (5 видов), Полужесткокрылые (4 вида), отр. Вислокрылки (1 вид), отр. Стрекозы (1 вид), отр. Веснянки (1 вид), Сапрофаги представлены 2 видами из 2 отрядов: отряд Двукрылые -1 вид, отряд Поденки - 1 вид. Фитофагов обнаружено 5 видов из 3 отрядов: отряд Легочные моллюски (3 вида), отряд Жесткокрылые (1 вид), отряд Ручейники (1 вид), Паразиты представлены одним видом из отряда Клещи.

Трофическая структура беспозвоночных животных экосистемы пруда демонстрирует классическое соотношение для пирамид численности водных экосистем, вследствие чего пирамида имеет перевернутый вид.

### 3. 3. Экологические группы беспозвоночных животных

Экологические группы гидробионтов. Толща воды заселена организмами, которые обладают способностью плавать или удерживаться в определенных слоях. В связи с этим, водные организмы подразделяются на группы: нейстон, планктон, нектон, бентос.

1. Нейстон (от греч. *neustos* – плавающий) – сообщество организмов, обитающих у поверхностной пленки воды. Организмы, обитающие сверху поверхностной пленки – эпинеuston, снизу – гипонейстон. К нейстону относят также обитателей верхнего пятисантиметрового слоя воды. Нейстон составляют некоторые простейшие, одноклеточные водоросли, мелкие легочные моллюски, водомерки, вертячки, личинки комаров и др.

2. Нектон (*nektos* – плавающий) – это совокупность пелагических активно передвигающихся животных, не имеющих непосредственной связи с дном. Это главным образом крупные животные, которые способны преодолевать большие расстояния и сильные течения воды. Они имеют обтекаемую форму тела и хорошо развитые органы движения.

3. Планктон (*planktos* – блуждающий, парящий) – это совокупность пелагических организмов, которые не обладают способностью к быстрым активным передвижениям. Как правило, это мелкие животные – зоопланктон, которые не могут противостоять течениям. В состав планктона включают и «парящие» в толще воды личинки многих животных.

4. Бентос (*benthos* – глубина) – это совокупность организмов, обитающих на дне (на грунте и в грунте) водоемов. Он подразделяется на зообентос и фитобентос. Бентос большей частью представлен прикрепленными, или медленно передвигающимися, или роющими в грунте животными. На мелководье он состоит из организмов, синтезирующих органическое вещество (продуценты), потребляющих его (консументы) и разрушающих (редуценты) [14].

Экологические группы водных животных исследуемого пруда представлены в таблице 5.

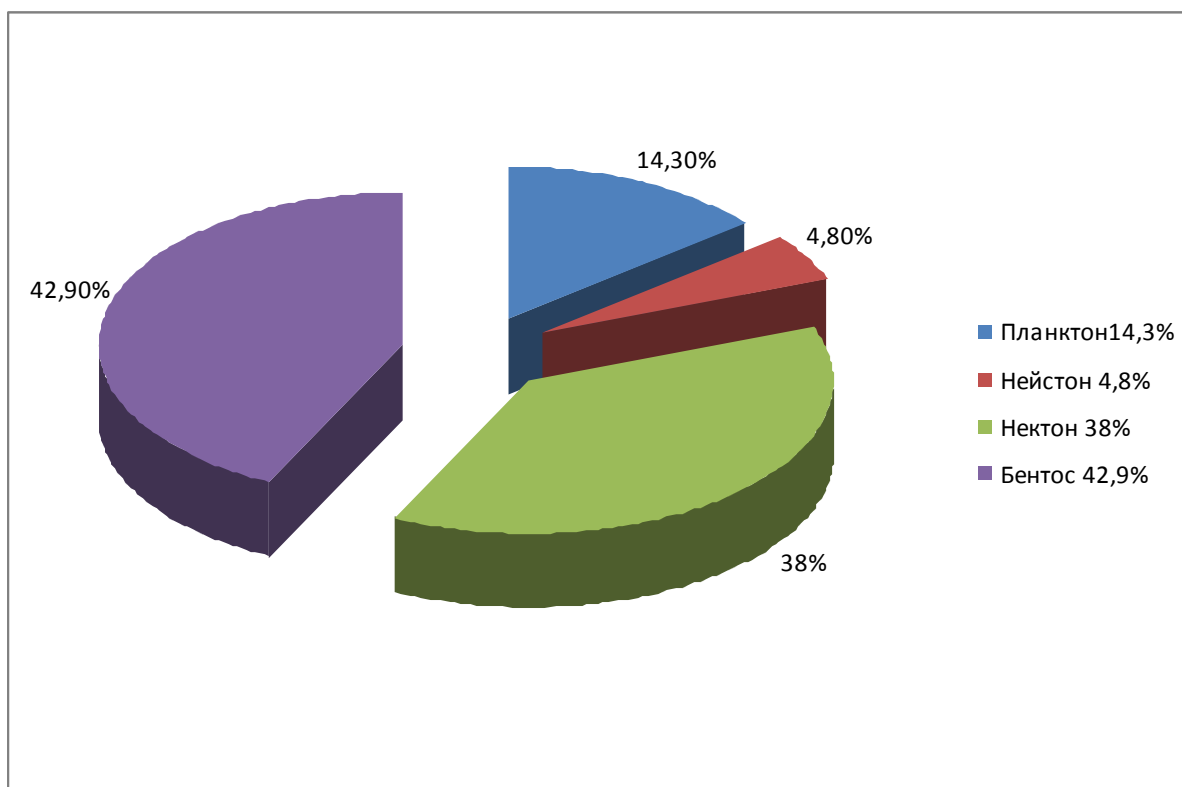
Таблица № 5

## Экологические группы водных животных

№ п/п	Систематическая принадлежность	Нейстон	Планктон	Нектон	Бентос
1	Прудовик обыкновенный				+
2	Катушка-завиток				+
3	Роговая катушка				+
4	Паук Серебрянка			+	
5	Водный клещик				+
6	Плавунчик			+	
7	Гребец			+	
8	Плавунец			+	
9	Вертячка	+			
10	Пузанчик			+	
11	Водомерка	+			
12	Гладыш	+			
13	Гребляк			+	
14	Водяной скорпион			+	
15	Личинки комара				+
16	Личинки стрекоз				+
17	Личинки подёнки				+
18	Личинки веснянки			+	
19	Личинки ручейника				+
20	Вислокрылка				+

21	Циклоп		+		
	Всего	3	1	8	9





*Рис. 4. Соотношение экологических групп беспозвоночных животных*

В экосистеме пруда доминируют беспозвоночные животные относящиеся к группе бентос – 42,9 % (9 видов), нектон представлен 8 видами (38%), планктон – 3 видов (14,3%), нейстон – представлен 1 видом (4,8%).

### 3.4 Оценка качества экосистемы пруда

Важнейшей комплексной характеристикой состояния водоема является уровень его сапробности. Сапробность – характеристика водоема, показывающая уровень его загрязненности органическими веществами и продуктами их распада. По нарастанию количества органических веществ различают водоемы олигосапробные (практически незагрязненные), бета-мезосапробные (слабо или умеренно загрязненные), альфа-мезосапробные (загрязненные) и полисапробные - сильно загрязненные органикой. Как правило, высокие концентрации органических веществ в водоемах вызываются сбросом в них сточных вод бытового и сельскохозяйственного происхождения. Под сапробностью какого-либо вида животных или растений понимают его способность обитать в воде с соответствующим уровнем органического загрязнения.

От олигосапробной к полисапробной зоне ухудшаются многие важные для водных обитателей показатели: уменьшается содержание растворенного в воде кислорода, необходимого для дыхания гидробионтов, нитраты превращаются в более токсичные нитриты и аммонийные соединения. Сульфаты переходят в сульфиты и далее в сульфиды вплоть до образования сероводорода. При этом уменьшается количество видов живых существ, требовательных к содержанию кислорода, вплоть до полного их исчезновения. В то же время виды, способные выдержать изменение химического состава воды и недостаток кислорода, могут даже увеличить свою численность за счет притока питательных веществ и исчезновения конкурентов. Этот процесс называется антропогенным эвтрофированием *водоема*. По мере дальнейшего загрязнения ситуация ухудшается: исчезает все больше видов, нарушаются пищевые связи, нарушаются круговороты веществ и использование энергии в системе. Снижается устойчивость экосистемы, ее способность к переработке веществ и "самоочищению",

экосистема деградирует. По разнообразию отмеченных в водоеме видов-индикаторов и их обилию определяют уровень сапробности водоема.

Попадание в водоем токсичных веществ вызывает, как правило, процессы деградации экосистемы, выраженность которых зависит от свойств токсиканта, его концентрации, степени разбавления, скорости разложения токсичного вещества, времени воздействия и ряда других причин. К токсичным веществам относятся соединения тяжелых металлов (ртути, свинца, кадмия, меди, цинка, олова и хрома), хлорорганические, фосфорорганические и другие пестициды, нефть и продукты ее переработки, синтетические поверхностно-активные вещества, кислоты, фенолы и другие соединения.

Комплексная характеристика качества воды, характеризующая ее загрязненность токсичными веществами – токсобность. В качестве быстрого метода интегрального определения токсичности воды используются методики биотестирования, то есть использования биологических объектов (тест-организмов) для выявления степени токсичности тех или иных веществ или их суммарного воздействия.

Выделяют две основные группы биологических методов: это методы биотестирования и биоиндикации.

В методиках биотестирования в качестве основного показателя используется физиологическая или поведенческая реакция на загрязнение воды определенного вида живых организмов. Существует ряд требований по выбору тест-организмов. Они должны быть некрупными, легко культивироваться, иметь короткий жизненный цикл и обладать средней степенью чувствительности к токсикантам.

На практике в качестве тест-организмов обычно используются простейшие, плоские черви, коловратки, моллюски, многие ракообразные и одноклеточные водоросли.

Методы биоиндикации применимы только к водоемам, имеющим

собственную биоту. Они учитывают реакцию на загрязнение целых сообществ водных организмов или же отдельных систематических групп. При этом исследователи непосредственно на водоеме учитывают факт присутствия в нем индикаторных организмов, их обилие, наличие у них патологических изменений.

Несмотря на то, что и естественные условия водоемов, и виды загрязнений очень разнообразны, можно выделить несколько универсальных реакций сообществ водных организмов на ухудшение качества воды. Прежде всего это:

1. Уменьшение видового разнообразия (в 2-4, а иногда и в десятки раз);
2. Изменение обилия водных организмов.

Причем обилие может как снижаться (при очень высоком уровне загрязнения или при наличии токсичных загрязнителей), так и расти по сравнению с нормальным состоянием сообщества. Этот рост объясняется тем, что в водоемах, особенно при их загрязнении органическими веществами, могут оставаться немногие, но устойчивые к загрязнению виды животных. Например: веснянки считаются индикаторами очень чистой воды. Но некоторые виды веснянок, в том числе *Nemoura cinerea*, обычны в мезотрофных, умеренно загрязненных водоемах. Говорить, что вода не загрязнена на основании того, что этот вид обнаружен в пробе было бы опрометчиво. Личинки комаров-звонцов (семейство Chironomidae) во многих методиках используются как организмы-индикаторы сильного органического загрязнения. Реально же среди хирономид есть немало видов, обитающих только в чистых, насыщенных кислородом водоемах. Их присутствие в пробе ни коим образом не говорит о загрязненности водоема органикой.

В предлагаемых ниже методиках эта ошибка корректируется необходимостью рассмотрения комплекса видов и надвидовых таксонов, а не одного таксона.

Большую роль для результатов биоиндикации состояния водоема играет выбор тех групп живых организмов, которые учитываются исследователем. Дело в том, что водные сообщества очень разнообразны и включают в себя несколько крупных экологических группировок, реакции которых на загрязнения могут серьезно различаться. Это экологические группы животных: зоопланктон, зообентос, перифитон, нектон. Каждая группа организмов в качестве индикатора имеет свои преимущества и свои недостатки.

Так, сообщества планктонных организмов очень быстро реагируют на любые изменения ее качества. Они представляют собой как бы "моментальный снимок" состояния водоема. Но методы биоиндикации, основанные на реакциях планктонных сообществ, применимы прежде всего для озер, и только с большой осторожностью – для текущих водоемов.

Организмы бентоса менее динамично реагируют на быстрые изменения уровня загрязненности. Зато, благодаря продолжительному жизненному циклу многих донных животных, их сообщества надежно характеризуют изменения водной среды за длительные периоды времени. Необходимо помнить, что в своем естественном состоянии различные природные водоемы могут сильно отличаться друг от друга. На водную фауну действуют такие показатели как глубина водоема, наличие и скорость течения, кислотность воды, мутность, температурный режим, количество растворенной органики, соединений азота и фосфора. На все эти параметры влияет как антропогенная нагрузка, так и естественные процессы, происходящие в водоемах. Значит, для водоемов разных типов в норме будет характерен разный видовой состав и обилие гидробионтов. Более того, в водоемах с наиболее чистой водой количество видов животных и растений, и их обилие обычно ниже, чем в тех водоемах, где органические вещества, соединения азота и фосфора присутствуют в умеренных концентрациях. Для многих водных организмов умеренный уровень загрязнения является

оптимальным состоянием среды обитания. Существуют также «виды-универсалы», обладающие высокой экологической пластичностью и способные переносить значительные колебания степени загрязненности водоема. Такие виды не представляют интереса для биоиндикации.

Существует большое количество методов биологического анализа пресных вод, позволяющие оценить сапробность экосистемы и облегчающие понимание результатов биологического анализа [20,21].

*Биотический индекс Вудивисса* - один из наиболее надёжных и широко используемых в мире методов биологической оценки качества воды. Методика Вудивисса дает оценку экологического состояния водоёмов по 15-балльной шкале. При проведении оценки качества воды по методу Вудивисса определяют, какие индикаторные группы организмов имеются в исследуемом водоеме, а также учитывают общее количество бентосных (придонных) организмов. Большим достоинством этой методики также является то, что нет необходимости определять всех пойманных животных с точностью до вида. Достаточно определить принадлежность организма к той или иной группе бентосных (придонных) животных [11]. В эти группы объединены животные, характеризующиеся определённой степенью сапробности. При повышении степени загрязнённости водоёма представители этих групп исчезают из него [2].

*Индекс Майера* - это более простая методика, основные преимущества которой: никаких беспозвоночных не нужно определять с точностью до вида; методика годится для любых типов водоемов. Метод использует приуроченность различных групп водных беспозвоночных к водоемам с определенным уровнем загрязненности. Организмы-индикаторы отнесены к одному из трех разделов (табл. 6):

Таблица 6

## Индикаторные группы исследуемого водоема

Обитатели чистых вод	Организмы средней степени чувствительности	Обитатели загрязненных водоемов
Нимфы веснянок Нимфы поденок Личинки ручейников Личинки вислокрылок	Личинки стрекоз Личинки комаров-долгоножек	Прудовики

*Метод измерения сапробности Пантле-Букка и его модификации* представляют собой наиболее разработанную систему биоиндикации. Однако применимость его весьма ограничена по нескольким причинам: требуется определение организмов до вида; необходимы сбор и обработка количественных данных; известные списки индикаторов включают западноевропейские виды, составляющие обычно менее трети состава сообществ Европейской России. Модификация индекса сапробности по М.В. Чертопруду более объективна для территории Европейской России, так как был доработан список таксонов-индикаторов, главным образом за счет его расширения [22,23].

Для определения сапробности воды исследуемых прудов нами использовался модифицированный индекс Пантле-Букка (Чертопруд, 2002). Основой для вычисления сапробных значений каждого таксона послужил показатель населенности антропогенной нагрузки изученных водоемов, переведённый в баллы. Для каждого таксона вычислено среднее значение антропогенной нагрузки, которое и стало сапробностью этого таксона. Индикаторный вес таксонов выбирался на основе меры разброса встречаемости таксона по водоемам с различной антропогенной нагрузкой [6].

Таблица 7

## Список таксонов – индикаторов сапробности

Таксон	S	J
<b>СТРЕКОЗЫ</b>		
Calopterygidae	2,5	2
<b>ПОДЕНКИ</b>		
Potamanthidae	2	3
<b>КЛОПЫ</b>		
Notonectidae	3	2
Nepidae	2,5	2
<b>ВИСЛОКРЫЛКИ</b>		
Sialidae	2	1
<b>БРЮХОНОГИЕ</b>		
Planorbidae	3	1

Индекс сапробности по нашим данным равен 2,61, что свидетельствует об отсутствии существенного загрязнения исследуемого водоема, и что соответствует показателям, характерным для прудов средней полосы России, размеры которых менее километра (М.В. Чертопруд). Данный пруд относится к бета-мезосапробным водоемам.



## ВЫВОДЫ

1. В экосистеме пруда города Ефремова было выявлено 21 вид беспозвоночных животных относящихся к 4 классам и 2 типам. Преобладают представители класса Насекомые.
2. Беспозвоночные животные относятся к 5 трофическим группам, среди которых доминируют хищники, составляющие 59% видового обилия. Фитофаги – 22,7%, паразиты – 4,6%, микофаги – 4,6%.
3. Среди беспозвоночных животных, населяющих пруд, доминируют обитатели бентоса, который составляет – 42,9% видового обилия. Следующей по численности из экологических групп является нектон – 38% видового обилия, планктон - 14,3%, нейстон - 4,8%.
4. Уровень сапробности пруда бета-мезосапробный. Индекс сапробности равен 2,61, что соответствует показателю индекса сапробности для прудов средней полосы России.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Биологический энциклопедический словарь [Текст] / Гл. ред. М.С.Гиляров; Редкол.: А.А.Баев, Г.Г. Винберг, Г.А. Заварзин и др. – 2-е изд., исправл. – М.: Сов. Энциклопедия, 1986 – 864 с., ил.
2. Булгагов, Н.Г. Индикация состояния природных экосистем и нормирование факторов окружающей среды. Обзор существующих подходов [Текст] / Н.Г. Булгагов // Успехи современной биологии. – 2002. – Т.122. - №2. – С. 115-135
3. Булухто, Н.П. Беспозвоночные животные как индикаторы экологического состояния р.Упы. [Текст] / Н.П. Булухто // Сб. экология в теории и практике. Материалы межвузовской научн. - практ. конф. Белгород 1993.
4. Булухто , Н.П., Вода в колодце на комаринском ручье ( п.Комарки г.Тула) – Угроза здоровью населению поселка [Текст] / Н.П. Булухто, В.Л. Домина, А.А.Короткова, В.А.Терехова // Вестник новых медицинских технологий. – 2012 – Т. XIX, №1.- С. 11-13
5. Булухто, Н.П. Дигрессия и возможные пути восстановления экосистемы Комаринского ручья ( Тульская область ) [Текст] / Н.П. Булухто, В.Л. Домина, А.А.Короткова, В.А.Терехова // Проблемы региональной экологии. – 2012. - №2. – С. 147-153.
6. Булухто, Н.П. Биоиндикация сапробности водоемов. [Текст] / Н.П. Булухто, А.А.Короткова // Экология речных бассейнов: труды 5-й Междунар. научн.-практ. конф. Владим. Гос. Ун-т. – 2009. – С. 170-174.
7. Булухто, Н.П. Биоиндикация состояния прудов Центрального парка. Проблемы Северо-Запада. [Текст] / Н.П. Булухто, А.А.Короткова // Экология и образование: материалы научно-практической конференции. – 1999.- С.28.
8. Булухто, Н.П. Гидробионты Шатского водохранилища и их использование в качестве индикаторов сапробности воды. [Текст] / Н.П.

Булухто, А.А.Короткова // Материалы научно-практической конференции профессорского – преподавательского состава ТГПУ им. Л.Н.Толстого. – 1998.-С. 46-47.

9. Булухто, Н.П. Оценка сапробности малых рек с помощью простейших. [Текст] / Н.П. Булухто, А.А.Короткова // Материалы научно-практической конференции профессорского – преподавательского состава ТГПУ им. Л.Н.Толстого. –1998.-С.47-48.

10. Булухто, Н.П. Фауна простейших стоячего водоема. Фауна Центрального Нечерноземья и формирование экологической культуры. [Текст] / Н.П. Булухто, А.А.Короткова // Материалы 1-й региональной конференции.- Липецк, 1996. – С.18-20.

11. Булухто, Н.П. Фауна простейших и сапробность воды Яснополянского пруда. [Текст] / Н.П. Булухто, А.А.Короткова // Материалы научно-практической конференции, посвященной 50-летию образования Тульского областного общества охраны природы. - Тула, 1997. - С.70-72.

12. Булухто, Н.П. Применение оперативного метода для оценки экологического состояния вод р.Воронка. [Текст] / Н.П. Булухто, Ю.В. Шумилина// Междунар. экологич. Конгресс. – Спб,2000.

13. Вертьянов, С.Ю. Свойства экосистем [Электронный ресурс] / С. Вертьянов // Образовательный портал Слово. – Режим доступа: <http://www.portal-slovo.ru/art/36222.php?PRINT=Y/>.-

14. Зилов, Е.А. Гидробиология и водная экология: предмет, методы, цели и задачи, история, терминология гидробиологии. [Текст]: методические указания / А.Е. Зилов – Иркутск: Изд-во ун-та,2006.- 22с.

15. Константинов, А.С. Общая гидробиология. [Текст]: учеб. / А.С. Константинов.- 4-е изд.- М.: Высш.шк., 1986.- 472с.

16. Лаборатория пресноводной и экспериментальной гидробиологии. [Электронный ресурс].- <http://www.zin.ru>

17. Лакеева Т.С. «Фауна беспозвоночных животных пруда» Молодежь и наука III – тысячелетие. Сборник материалов студ. Научно – практической конференции. Тула: Изд. Тульский Государственный Педагогический Университет им.Л.Н.Толстого 2012. Т.2, с.3.

18. Ляндсберг, А.Р. Биоиндикация состояния пресноводного водоема с помощью донных организмов [Текст] / А.Р. Ляндсберг.- С-Петербург: Наука, 2004. – 48с. (Вудвисс).

19. Хейсин, Е.М. Краткий определитель пресноводной фауны. [Текст] / Е.М. Хейсин. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Учпедгиз,1962.- 146с.

20. Чеворыкина, Е.Ю. Видовой состав беспозвоночных животных искусственных водоемов [Текст] / Е.Ю. Чеворыкина // Исследовательский потенциал молодых ученых: взгляд в будущее: Сб. материалов VIII Всерос. науч.-практ. Конференции аспирантов, соискателей, молодых ученых и магистров. – Тула: Изд-во. Тул. гос. пед. Ун-та им. Л.Н. Толстого, 2012. – С. 173-174.

21. Чеворыкина, Е.Ю. Видовой состав фауны искусственных водоемов [Текст] / Е.Ю. Чеворыкина // Всероссийская молодежная конференция «Актуальные проблемы химии и биологии»: Сборник тезисов. – Пущино, 2012. – С. 124.

22. Чертопруд М.В. Модификация индекса сапробности Пантле – Бука для водоемов Европейской России [Текст] / М.В. Чертопруд // Сборник материалов международной конференции «Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем» (Санкт – Петербург, 23-27 октября 2006г.). – СПб., 2007 – С. 298-302.

23. Чертопруд М.В. Модификация метода Пантле – Бука для загрязнения водотоков по качественным показателям макробентоса [Текст] / М.В. Чертопруд // Водные ресурсы. – 2002. - Т. 29. – №3. - С. 337-342.