

Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение города Москвы
Школа № 1574

**МИКРОГОРОЖАНЕ. ВЛИЯНИЕ ЧЕЛОВЕКА НА
ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ И ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТЬ
ГИДРОБИОНТОВ ГОРОДСКИХ ПРУДОВ**

Авторы: Иващенко Мария Ильинична,
Клочкова Полина Юрьевна,
Федорова Ирина Евгеньевна,
9 «Б» класс

Руководитель: учитель биологии Школы № 1574
Феоктистова Елена Николаевна

2018 г.

Оглавление

Оглавление	1
ВВЕДЕНИЕ	2
ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	3
1. Методика биоиндикации	3
2. Количественный анализ фитопланктона	7
3. Методы сбора проб фитобентоса	7
ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	9
РЕЗУЛЬТАТЫ	11
1. Результаты гидрологического исследования	11
1.1 <i>Общие гидрологические показатели</i>	11
1.2 <i>Показатель рН</i>	11
1.3 <i>Температурные показатели</i>	11
2. Результаты гидрохимического исследования	11
3. Результаты биологического исследования	12
4. Анализ состояния городских стоячих водоёмов в сравнении с природным	12
Список источников информации:	16
ПРИЛОЖЕНИЯ	17

ВВЕДЕНИЕ

Во все времена небольшие стоячие водоёмы были украшением города. Их устраивали в парках, на бульварах и даже просто среди городских улиц. И где бы ни располагался водоём, он всегда привлекал к себе жителей города: это возможность отдохнуть от городской суеты и немного прикоснуться к природе.

Принято считать, что промышленная деятельность человека негативно влияет на все живые организмы, снижая многообразие и численность живых существ. Особенно если речь идёт о водных обитателях. Но всегда ли антропогенное влияние столь негативно? Меняется ли видовой состав, особенности жизнедеятельности и размеры водных организмов под влиянием деятельности человека?

Цель данной работы: изучить биологические и физико-химические особенности городских стоячих водоёмов с разной степенью антропогенного воздействия и сравнить их с природным водоёмом.

Задачи:

- 1) изучить проблему городских водоёмов;
- 2) провести исследование биологического и физико-химического состояния водоёмов города с учётом разной степени антропогенного влияния;
- 3) провести исследование биологического и физико-химического состояния природного водоёма и сравнить с результатами городских прудов;
- 4) оценить степень и окраску воздействия человека на обитателей водоёма на примере микроскопических гидробионтов;
- 5) сравнить видовой состав и продолжительность годовой активности гидробионтов путём составления осенних каталогов и сопоставить с данными химических исследований.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1. Методика биоиндикации

Перспективной системой контроля за состоянием водных экосистем является оценка уровня накопления различных веществ в организмах гидробионтов.

Оценка качества воды водоемов и водотоков может быть проведена с использованием физико-химических и биологических методов. Биологические методы оценки - это характеристика состояния водной экосистемы по растительному и животному населению водоема.

При сбросе в водоем токсических веществ, содержащихся в промышленных сточных водах, происходит угнетение и обеднение фитопланктона. При обогащении водоемов биогенными веществами, содержащимися, например, в бытовых стоках, значительно повышается продуктивность фитопланктона. При перегрузке водоемов биогенами возникает бурное развитие планктонных водорослей, окрашивающих воду в зеленый, сине-зеленый, золотистый, бурый или красный цвета («цветение» воды). «Цветение» воды наступает при наличии благоприятных внешних условий для развития одного, редко двух-трех видов. При разложении избыточной биомассы, выделяется сероводород или другие токсичные вещества. Это может приводить к гибели зооценозов водоема и делает воду непригодной для питья. Многие планктонные водоросли в процессе жизнедеятельности нередко выделяют токсичные вещества. Увеличение в водоемах содержания биогенных веществ в результате хозяйственной деятельности человека, сопровождаемые чрезмерным развитием фитопланктона, называют антропогенным эвтрофированием водоемов.

Наиболее перспективными объектами для оценки состояния вод и экосистем, по нашему мнению, являются водоросли - первичное и очень информативное звено трофической цепи. Кроме того, в отличие от других групп гидробионтов, водоросли встречаются практически везде, где есть вода.

Биоиндикация - способ оценки антропогенной нагрузки по реакции на нее живых организмов и их сообществ.

Биотестирование - использование в контролируемых условиях биологических объектов (тест-объектов) для выявления и оценки действия факторов (в том числе и токсических) окружающей среды на организм, его отдельную функцию или систему организмов.

Хорошим биоиндикатором является водоросль Ностак сливовидный. Наличие этого вида говорит о чистой воде. Первый признак тревоги - измельчение и нарушение правильной округлой формы изумрудных "шаров" этой водоросли.

Бурное развитие других сине-зеленых водорослей, например, осциллятории - хороший индикатор опасного загрязнения воды органическими соединениями.

Изучение фитопланктона водоемов производится путем сбора проб.

Для определения видового состава фитопланктона из пробы на предметное стекло наносится капля материала, закрывается покровным стеклом и анализируется под микроскопом. Идентификация видов осуществляется с помощью определителя.

Сине-зеленые водоросли - прокариотические организмы, встречаются повсеместно и могут обитать в таких экстремальных биотопах, как горячие источники и каменистые пустыни. Некоторые виды сине-зеленых водорослей могут вызвать токсичное «цветение» в эвтрофированных местообитаниях, представляющие опасность для человека и домашнего скота.

Диатомовые водоросли - микроскопические организмы, встречаются во всех видах вод. Образуют основную массу состава продуцентов в водоеме, они являются началом пищевой цепи. Их поедают беспозвоночные животные, некоторые рыбы и молодь. Массовое развитие некоторых диатомовых водорослей может иметь и отрицательные последствия (вливают на качество воды, вызывают гибель личинок рыб, забивая им жабры). Многие диатомеи можно использовать как индикаторы качества воды водоема.

Зеленые водоросли - один из самых обширных отделов водорослей. В котором имеются все известные у водорослей структуры, кроме амебоидной и тканевой.

Эвгленовые водоросли - распространены исключительно в пресных водоемах, богатых органическими веществами, в клетках содержат многочисленные кроваво-красные гранулы. При массовом развитии эти виды образуют на поверхности воды налет: красный - на солнечном свете, зеленый в тени или после захода солнца, некоторые виды вызывают «цветение» воды, окрашивая ее в коричневый цвет.

Золотистые водоросли - преимущественно пресноводные водоросли, чаще всего встречаются в чистых водоемах. Обычно они развиваются в холодное время года.

Криптофитовые водоросли - наиболее обширные порядок криптомонадальные включает водоросли, распространенные в пресных водах и морях. Среди бесцветных криптомонадовых наиболее известен часто встречающийся в загнивающей воде род Хиломонас.

Динофитовые водоросли - существуют в пресных водах и в морях. Среди них существуют паразиты, которые уничтожают личинок устриц, есть виды вырабатывающие яд, смертельный для рыб. Кроме того, разлагаясь после своего массового развития, так называемых «красных приливов», они могут отравлять воду на многие километры вредными продуктами распада, вызывая замор рыбы и других водных животных.

Желто-зеленые водоросли - большинство видов пресноводные, широко распространены в различных местообитаниях (Табл. 1, 3).

Забор проб проводится в начале осени, что является благоприятным периодом для развития сине-зеленых водорослей. Это свидетельствует о перспективности выделения региональных индикаторов среди альгофлоры фитопланктона.

Среди планктонных фитоиндикаторов также выделяется группа постоянных широких индикаторов, которые индицируют содержание в водоёмах тех или иных веществ или ионов не своим присутствием в водоёме, а количеством особей, содержащихся в 1 литре воды. Такие фитоиндикаторы имеют чёткую тенденцию изменения численности при воздействии того или иного химического компонента. При этом численность вида-индикатора или возрастает, или убывает (Табл. 1). На этом основании выделяют среди альгофлоры фитопланктона широкие положительные или отрицательные индикаторы. Например, с ростом содержания в воде катионов магния количество особей *Pinnularia* в 1 л. уменьшается.

При возрастании содержания сурьмы в водоёме количество *Chroocokk* в 1 л. воды растёт.

Таблица 1. Абсолютные узкие фитоиндикаторы химического состава слабоминерализованной и слабозагрязненной тяжелыми металлами воды.

Химические компоненты воды	Фитоиндикаторы	Показатели фитоиндикации (мг/дм ³)
Калий	Clorococcum, Volvox, Closterium Ankistrodesmus Ulotrix Melosira Navicula Synedra Aphanizomenon Anabaena	6-7
Натрий		150-200
Кальций		140-180
Магний		49-60
Железо		10
Аммоний		0,1-0,3
Кремневая кислота		20-40
Бор		0,5-0,10
Нитрит-ионы		3-10
Нитрат-ионы		10-40
Хлорид-ионы		300-350
Сульфат-ионы		200-400
Гидрокарбонат-ионы		300-360
Бром		до 0,7
Марганец		до 0,1
Литий		до 5
Цинк		до 0,07

Всего было выявлено 4 широких постоянных планктонных альгоиндикатора. К ним относятся *Pandorina*, *Pinnularia*, *Oscillatoria* и *Chroocokk*.

В таблице 1 показаны тенденции в изменении их численности при действии различных химических компонентов, попадающих в водоём.

Из полученных данных следует, что для одного химического компонента один и тот же фитоиндикатор может быть положительным, а для другого – отрицательным.

Например, *Chroocokk* является положительным фитоиндикатором для калия, железа, аммония, кремниевой кислоты, нитратов, карбонатов, брома, бериллия, селена. И отрицательным фитоиндикатором для натрия, магния, бора, хлоридов, сульфатов и сурьмы.

Более узкие индикаторы на изменение концентрации химических загрязнителей в воде приведены в таблице 2.

Таблица 2. Абсолютные узкие фитоиндикаторы химического состава сильноминерализованной и сильнозагрязненной тяжелыми металлами воды.

Химические компоненты воды	Фитоиндикаторы	Показатели фитоиндикации (мг/дм ³)
Калий	Eudorina Cymbella Tabellaria Gomphonema Nitzschia Pinnularia	10
Натрий		больше 300
Кальций		больше 180
Магний		больше 80
Железо		1 больше 0
Аммоний		больше
Кремневая кислота		12-20
Бор		0,1
Нитрит-ионы		10
Нитрат-ионы		20-25
Хлорид-ионы		200-260
Сульфат-ионы		700-800
Карбонат -ионы		8-12
Гидрокарбонат- ионы		больше 380
Бром		больше 0,7
Марганец		больше 0,6
Литий		больше 0,5
Цинк		0.09 и больше

Таблица 3. Постоянные широкие индикаторы химического состава воды.

Химический состав воды	Фитоиндикатор	Тенденция изменения численности индикатора с возрастанием компонента
Кальций, кремневая кислота, нитрат-ионы, хлорид-ионы	Pandorina	Увеличивается
Марганец		Снижается
Натрий, магний	Pinnularia	Снижается
Кальций, аммоний		Увеличивается

Калий, железо, аммоний, кремневая кислота, нитратионы, карбонат-ионы, бром, селен, бериллий	Oscillatoria	Увеличивается
Натрий, магний, бор, хлорид-ионы, сульфат-ионы, сурьма		Снижается
Калий, железо, аммоний, кремневая кислота, нитратионы, бром, бериллий, селен	Chrookokk	Увеличивается
Натрий, магний, бор, хлорид-ионы, сульфат-ионы, сурьма		Снижается

Так же общими свидетельствами высокой степени загрязнённости воды являются такие диатомовые водоросли, как *Oscillatoria limosa*, *Cyclotella meneghiniana*, *Nitzshia hungarica*, *Anabaena schermetievi* [7].

2. Количественный анализ фитопланктона

В реках и на мелководьях воду зачерпывают с поверхности в объеме 0,5-1,0 л.

Наиболее распространенным методом концентрирования фитопланктона является осаждение, а также метод фильтрации через мелкопористые мембранные фильтры. При осадочном методе сгущение фитопланктона проводят таким образом: пробу воды помещают в 0,5-1,0 литровые бутылки и консервируют их фиксатором (формальдегидом). Через 3-4 дня отстаивания пробы в темноте воду над осевшим осадком осторожно по каплям сливают сифоном до 100 см³ пробы. За 2-3 дня до количественной обработки пробы разливают в мерные цилиндры и после отстаивания их в темноте доводят объем до 5-10 см³. Затем пробу переносят без потерь в пенициллиновые склянки и фиксируют 1-2 каплями 40% формалина или медицинского спирта [3].

3. Методы сбора проб фитобентоса

Существующие методы отбора проб фитобентоса предусматривают сбор водорослей, обитающих на поверхности донных грунтов и отложений, в их толще (глубиной до 1 см) и в специфическом придонном слое воды толщиной 2-3 см.

Для изучения видового состава фитобентоса достаточно извлечь на поверхность некоторое количество донного грунта с отложениями. На мелководье (до 0,5-1,0 м глубины) это достигается при помощи опущенной на дно пробирки или сифона - резинового шланга со стеклянными трубками на концах, в который засасывают наилок. На больших глубинах качественные пробы отбирают с помощью ведерка или стакана, прикрепленного к палке, а

также различными грабелями, «Цкошками», драгами, дночерпателями, илососами, из которых наиболее прост в изготовлении и удобен в работе илосос Перфильева. Основная часть этого прибора - U-образная трубка с неровными концами. К короткому концу трубки подведена тонкая металлическая трубочка, к которой присоединен длинный резиновый шланг с зажимом на свободном конце. На этом же конце U-образной трубки с помощью резиновой пробки закреплена широкогорлая склянка. На длинном открытом конце трубки прикреплен груз. Прибор с помощью веревки опускают на дно водоема, где под действием груза длинный конец U-образной трубки врезается в толщу донных отложений; после этого конец резинового шланга, оставшийся на поверхности, освобождают от зажима, давая выход воздуху, и ил с силой засасывается в банку через длинный конец трубки.

Затем прибор извлекают на поверхность, и содержимое банки переносят в приготовленную для пробы посуду. Для отбора количественных проб фитобентоса используют микробентометр Владимировой. Основная часть его - латунная трубка длиной 25-30 см с внутренним диаметром 4-5 см, на основании которого рассчитывают площадь внутреннего сечения трубки. На верхнем конце этой трубки находится втулка с конусообразной воронкой, в которую на рычаге герметически входит притертая крышка-клапан. Трубку с открытой крышкой на разборной деревянной штанге опускают на дно и врезают заточенным нижним концом в толщу донного грунта на несколько сантиметров. Потянув за веревку, закрепленную на свободном конце рычага, закрывают верхнюю втулку трубки крышкой, после чего прибор осторожно извлекают на поверхность. При выходе трубки из воды нижнее отверстие трубки закрывают ладонью, чтобы не допустить выпадения грунта. Открыв крышку, осторожно сливают верхние слои воды в стеклянную посуду до появления мути. Эту первую порцию воды, содержащую планктонные организмы, выливают за борт. Оставшиеся в трубке воду, ил и грунт легко встряхивают и переносят в приготовленную для пробы посуду, предварительно замерив ее объем. Микробентометр Владимировой удобен в работе на глубинах 2,0-2,5 м [9].

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перед началом исследования была изучена вся доступная литература, посвящённая видам загрязнения водоёмов, способам определения чистоты воды, методам забора проб воды и биоиндикации [1-2, 3, 6-9, 11-17].

Для изучения многообразия гидробионтов была выбрана методика сбора и изучения водных проб Винберга [3], а определение видового состава водорослей проводили по методике Храмцова [10]. В работе были использованы гидрологические, гидрохимические методы, а также методы микроскопии и компьютерного моделирования.

Для проверки гипотезы было изучено 4 стоячих водоёма: один лесной с минимальным антропогенным влиянием (пруд естественного происхождения в 5 километрах от посёлка Искра Владимирской области) и 3 в черте города Москвы с разной степенью антропогенного воздействия – пруд Ботанического сада, Андроповский пруд и Чистые пруды. Объектом исследования были мелкие планктонные и придонные организмы животного и растительного происхождения, а предметом – изучение гидрологических и гидрохимических показателей проб воды.

Каждый из городских водоёмов был ориентирован по сторонам света (зонирован) с целью установления факторов, предположительно влияющих на состояние воды в водоёме. Природный водоём зонирован не был, так как вокруг него отсутствовала деятельность человека.

Пробы собирались из толщи воды и придонных слоёв специальной банкой на длинной верёвке или проволоке со всех четырёх сторон света в специальные стаканчики для анализов, которые подписывались. Пробы собирались с октября месяца 2016 года по октябрь 2018 года с 3-х – 5-кратной повторностью ежегодно для установления изменений, происходящих в жизнедеятельности микроскопических организмов.

Были изучены гидрохимические особенности воды из разных водоёмов: цветность (в сравнении с дистиллированной водой), прозрачность (по методу шрифта), наличие запаха, показатель рН, температура, наличие в пробах опасных химических ионов.

Так как основным предметом исследования являлся примерный видовой состав водорослей с отдельным акцентом на диатомовые и сине-зелёные водоросли, которые выступали в нашем исследовании биоиндикаторами степени загрязнённости воды, мы проводили тщательный микробиологический анализ проб. Он проводился в биологической лаборатории с помощью изготовления временных препаратов.

Пробы, собранные в придонном слое водоёмов, сначала просматривались в живом состоянии: на предметное стекло помещались кусочки грунта и исследовались под микроскопом (2-3 препарата), а затем проводилось заливание спиртом и отстаивание в течение 5 дней. После чего проводилось микроскопическое обследование проб (10 микропрепаратов с каждой пробы).

В ходе исследования проб воды под микроскопом делались фотографии обнаруженных организмов. На основании сделанных фотографий проводилось их определение, и составлялся общий каталог многообразия микроскопических организмов для каждого водоёма. По окончании биологического исследования осенних проб были составлены 4 отдельных осенних каталога гидробионтов для каждого из исследуемых водоёмов с целью определения богатства видового состава, а затем результаты сравнивались с химическими анализами. (Табл. 5)

Особое внимание при исследованиях уделялось фитопланктону, как основному индикатору базовой загрязнённости водоёмов.

РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Результаты гидрологического исследования

1.1 Общие гидрологические показатели.

По результатам гидрологических исследований было установлено, что качество воды постепенно ухудшалось по мере усиления антропогенного воздействия. Самого плохого качества была вода в Чистых прудах. Она обладала сероватым оттенком (в сравнении с дистиллированной водой) и сильным болотным запахом. Прозрачность этой воды по методу шрифта составила всего 35 см из 60. Вода из лесного озера также обладала слабым болотным запахом, но была бесцветна с почти максимальной прозрачностью (56 см) (Приложения, Табл. 1, Рис. 1, 2).

1.2. Показатель pH

Результаты измерения pH во всех пробах находились в пределах нормы (Табл.2). Как видно из графика (Приложения, Рис. 3) и результатов исследования, прямой зависимости значений pH от силы антропогенного влияния не прослеживается. Колебания результатов измерения незначительны и не превышают 0,4 единиц около нейтрального значения и могут быть следствием особенностей концентрации ионов водорода в данном водоёме. Измерения производились датчиком pH микролаборатории Lab Quest.

1.3. Температурные показатели

В течении октября, во время забор проб, производились замеры температуры воды в каждом из исследованных водоёмов. В общей сложности были произведены по 3 замера ежегодно. Было отмечено, что постепенно значения температур снижались (Приложения, Табл.3, Рис. 4), однако температура в городских водоемах была существенно выше, чем в природном, и увеличивалась по мере усиления антропогенного влияния. По результатам проведенного исследования была составлена диаграмма средних значений температур (Приложения, Рис. 5).

2. Результаты гидрохимического исследования

Показатель химического загрязнения также повышался при усилении влияния человека. Качественными реакциями было установлено, что самая химически загрязнённая вода была в пробах из Чистых прудов, где были обнаружены в небольших количествах ионы Mg^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{3+} , Pb^{2+} , Cu^{2+} , Cl^- и в больших количествах SO_4^{2-} . Их источником могут послужить выхлопные газы автотранспорта. В пробах воды из Антроповского пруда были обнаружены

такие опасные химические ионы, как Fe^{3+} , Pb^{2+} , а также хлорид- и сульфат-ионы, и ионы Zn^{2+} , также в незначительных количествах. Их источником может послужить автотранспорт, а также типография. В пробах воды из пруда Ботанического сада были обнаружены в незначительных концентрациях ионы Fe^{3+} , Cu^{2+} , Cl^- и SO_4^{2-} , возможно, также попавшие в воду под действием транспорта. В воде из лесного озера качественными реакциями не было выявлено никаких опасных загрязнителей (Приложения, Табл. 4, Рис. 6).

Зонирование в плане химического загрязнения проявилось слабо и хорошо прослеживается только для пруда Ботанического сад, где можно чётко выделить пешеходную зону и автотранспортную.

3. Результаты биологического исследования

По результатам биологического исследования осенних проб были составлены 4 каталога гидробионтов по каждому из исследованных водоёмов. Результаты отражены в таблице 5 (Приложения).

По результатам составленных каталогов и подсчёта численности обнаруженных организмов, было установлено, что видовой состав гидробионтов экосистем прудов сильно менялся в зависимости от силы антропогенного воздействия. Например, в природном водоёме на период осени было обнаружено мало живых объектов, активность сохранили в основном крупные водные организмы (членистоногие и их личинки), тогда как в городских прудах видовое многообразие сильно возросло, но применительно к разнообразным водорослям. Было замечено, что усиление влияния человека приводит к увеличению численности и многообразия диатомовых водорослей. Как известно из литературного обзора вопроса [7], они являются видами-индикаторами загрязнения среды. Обнаруженные роды диатомовых водорослей (идентифицированные по определителям) соответствовали выявленному в ходе качественных реакций химическим ионам-загрязнителям, что подтверждает ухудшение качества воды в городских прудах. Соотношения обнаруженных организмов отражено в диаграммах на рис. 7 и 8 приложений.

4. Анализ состояния городских стоячих водоёмов в сравнении с природным.

Результаты биологического исследования показали, что многообразие микроскопических организмов в осенней серии проб постепенно падало. Это можно объяснить тем, что вода становилась всё холоднее, количество солнечного света и длина светового дня постепенно сокращались и большинство гидробионтов снизили активность своей жизнедеятельности на зимний период.

Однако было замечено, что снижение активности зависело от интенсивности антропогенного воздействия на водоёмы: чем сильнее воздействие, тем теплее вода, и, соответственно, тем выше активность организмов. Соответственно, наибольшее многообразие микроскопических

гидробионтов было обнаружено в пробах воды из Чистых прудов, расположенных в центре города, где с двух сторон находятся автодороги. Значительно меньшее – в Антроповском пруде, где рядом расположены небольшая автомобильная улица, типография и жилые кварталы. Ещё меньше разнообразие гидробионтов в пробах воды из пруда Ботанического сада, расположенного в парковой зоне. В пробах воды из лесного озера по результатам создания каталогов было обнаружено самое меньшее разнообразие водных обитателей, и то только в первых пробах.

С точки зрения оценки качества и чистоты воды, и химические, и гидробиологические исследования показали, что оба показателя повышаются по мере усиления антропогенного воздействия. Самая химически загрязнённая вода была в пробах воды из Чистых прудов, а самая чистая - вода лесного озера (Приложения, рис. 6, табл.2).

Метод биоиндикации подтвердил химические исследования. В пробах воды из Чистых прудов и Антроповского пруда были обнаружены в больших количествах диатомовые водоросли (Табл.5).

В Чистых прудах были найдены: *Symbella* (в больших количествах), *Tabellaria*, *Gomphonema*, *Nitzschia*, *Pinnularia* (в больших количествах), *Pandorina*, *Cyclotella* (в больших количествах), *Oscillatoria* (в больших количествах) (Приложения, табл. 6).

В Антроповском пруде: *Symbella* (в больших количествах), *Pinnularia* (в больших количествах), *Tetraedron*, *Synedra* (в больших количествах), *Fragilaria*, а также сине-зелёные *Oscillaoria* (много) и *Spirulina* (в больших количествах) (Приложения, табл. 6).

Их наличие и многочисленность свидетельствуют о загрязнении воды органикой и тяжёлыми металлами.

Увеличение в воде гниющей органики приводит к увеличению многообразия плоских и круглых червей, которые также были найдены в пробах воды из первых двух водоёмов.

ВЫВОДЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

На основании проведённых исследований можно сделать следующие выводы:

1. Физико-химические и гидрологические показатели для проб воды ухудшаются по мере усиления антропогенного воздействия на водоём;
2. Многообразие микроскопических гидробионтов в осенних пробах из городских водоёмов преобладает над видовым многообразием из проб природных прудов (Приложения, табл.5 и 6, рис. 8) Это можно объяснить более высокой температурой воды (Приложения, рис.5).
3. Многообразие организмов в городских прудах увеличивается прямо пропорционально увеличению силы антропогенного воздействия (Приложения, рис. 8). Это можно объяснить не только увеличением температуры, но и изменением химического состава воды (Приложения, табл.4).
4. В городских пробах активно развиваются диатомовые водоросли, численность которых увеличивается при попадании в водоёмы химических загрязнителей. Самое большое многообразие было обнаружено в пробах из Чистых прудов, где в качестве химических загрязнителей выступает автомобильный транспорт с активным движением (Приложения, рис. 7). Причём видовой состав фитопланктона проб соответствует обнаруженным химическим загрязнителям.
5. Увеличение температуры воды в городских прудах приводит к тому, что период активности микроскопических организмов в осенний период продлевается по сравнению с природными водоёмами, и они позднее впадают в состояние анабиоза (что и подтверждает их обнаружение).
6. Микроскопические гидробионты обладают большой скоростью размножения и успешно адаптируются к антропогенному воздействию в условиях города, активно размножаясь в отсутствии природных врагов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Привычное представление, что деятельность человека отрицательно влияет на все живые организмы, оказывается не совсем верно. Микроскопические гидробионты даже под действием сильного антропогенного давления адаптируются к изменяющимся условиям среды. Эту возможность им дает высокая скорость воспроизводства и, соответственно, большая возможность к адаптации, чем у крупных организмов. Некоторые организмы из зоо- и фитопланктона, оказавшись в условиях загрязнения среды ядовитыми веществами, наоборот получили преимущества: более крупные организмы, которые в естественных условиях являются их природными врагами, погибают. А к воздействию самих загрязнителей микроорганизмы приспособляются. Данное сочетание факторов приводит к активному размножению последних и увеличению их многообразия.

Причём обнаружено, что определённые ионы-загрязнители вызывают активное размножение определённых групп организмов, что позволяет использовать данных гидробионтов для индикации чистоты воды и качественного загрязнения её различными химическими веществами без проведения химического анализа.

Скорость самоочистки в стоячих водоёмах крайне низкая, а эффективность механической очистки оправдывает себя только на эстетическом уровне. Поэтому в городских прудах создаётся особый химический состав воды, резко отличающийся от исследованных природных источников.

Таким образом, благодаря соседству с человеком в городских стоячих водоёмах складываются особые экосистемы, способные успешно выдерживать давление города. Изучение таких экосистем в дальнейшем может помочь человеку найти механизмы взаимно эффективного сосуществования с живыми организмами планеты.

Однако состояние некоторых водоёмов, выявленное в ходе исследования, внушает опасения и требует комплексных мер помощи. Для этого мы разработали программу базовых мер по восстановлению и защите городских прудов от антропогенного воздействия, которая уже частично реализована для Антроповского пруда с помощью управы Тверского района. В дальнейшем мы планируем изучить эффективность принятых мер и предложить нашу программу префектуре центрального округа для восстановления и других городских водоёмов.

Список источников информации:

1. Бакеева Е.Н. Гидробионты в оценке качества вод суши/ Е.Н.Бакеева, А.М.Никаноров. – М.: Наука, 2006
2. Банников А.Г., Рустамов А.К., Вакулин А.А. Охрана природы. - М.: Агропромиздат, 1987
3. Винберг Г.Г. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях/ Винберг Г.Г. – М.: Прогресс, 1984
4. Голлербах М.М. «Определитель пресноводных водорослей СССР» в 14 томах, тома 2, 3, 4, 7, 8, 10, 11, - Ленинград: «Наука» Ленинградское отделение, 1982.
5. Голлербах М.М. Синезелёные водоросли/ М.М.Голлербах, Е.К.Косинская, В.И.Полянский. – М.: Совет.наука, 1953
6. Капинос П.И., Панесенко Н.А. Охрана природы. - Киев: “Выща школа”, 1991
7. Комисова Т.Е., Лесняк Л.И, Симчук О.В. Водоросли как индикатор загрязнения водоёмов урбоэкосистем (на примере г.Луганска). – Вестник ХНУ Тюмени В.Н.Каразина Серия «Экология» - 2012
8. Радченко И.Г., Капков В.и., Федоров В.Д. Практическое руководство по сбору и анализу проб морского фитопланктона. – М.: Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Биологический факультет, 2010
9. Фролова Г.И. Методические рекомендации по отбору, обработке и анализу гидробиологических проб воды и грунта. – М.: ГОУ ДОД Федеральный детский эколого-биологический центр «Всероссийская школа природолюбия», 2008
- 10.Храмцов А.К. Краткое руководство по определению родов пресноводных водорослей. – Минск: БГУ Биологический факультет, кафедра ботаники, 2004
- 11.<http://xreferat.ru/10/1203-2-biomonitoring-vodoiemov-po-sostoyaniyu-nizshih-vodnyh-rasteniyy-respubliki-belarusi.html>
- 12.<http://ecology-education.ru/index.php?action=full&id=518>
- 13.<http://www.eurolab.ua/encyclopedia/3863/34116/>
- 14.<http://fb.ru/article/274035/moskva-chistyie-prudyi-dostoprimechatelnosti-opisanie>
- 15.<http://moslenta.ru/article/2017/01/03/chistyepруды>
- 16.<http://www.liveinternet.ru/users/ugolieok/post188798763/>
- 17.http://optimisty.com/andropova_yama
- 18.<http://bvi.rusf.ru/index.htm>

ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица 1. Гидрологическое обследование проб воды

Место сбора пробы	Наличие и сила запаха	Прозрачность (по методу шрифта)	Цветность	Особые характеристики
Чистые пруды (главный пруд)	Сильный болотный запах	Высота столба воды – 35 см	Бесцветная сероватая	Вода мутная, дна не видно, видны водные растения вдали от берега
Антроповский пруд	Слабый рыбный запах, чуть отдаёт запахом ржавчины	Высота столба воды – 34 см	Желтоватый цвет	Вода прозрачная, видны водные растения, на дне видны железные банки
Пруд Ботанического сада	Слабый болотный запах	Высота столба воды – 43 см	Желтоватый цвет	Вода прозрачная, видны водные растения
Природный водоём (лесное озеро)	Слабый болотный запах	Высота столба воды – 56 см	Бесцветная	Вода прозрачная, видны водные растения

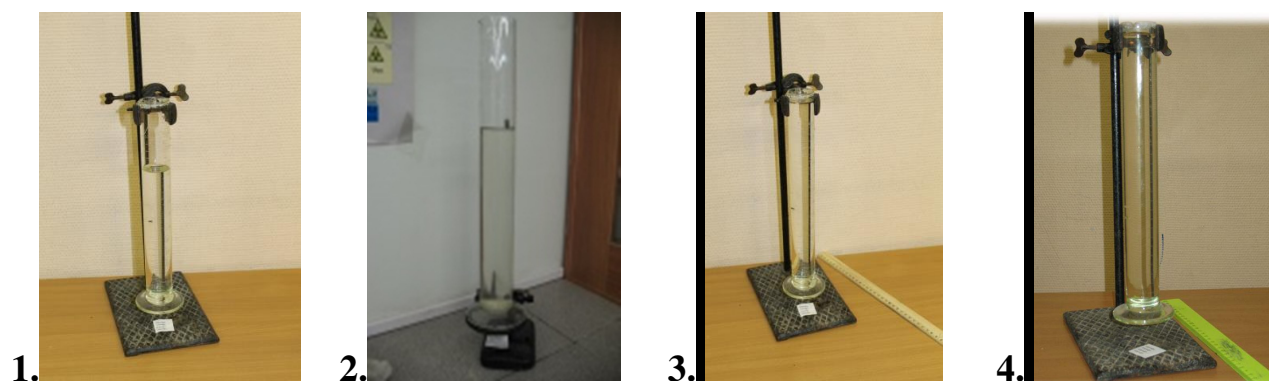


Рис. 1. Анализ прозрачности воды (1. вода из Чистых прудов, 2. вода из Антроповского пруда, 3. вода из пруда Ботанического сада, 4. вода из лесного озера)

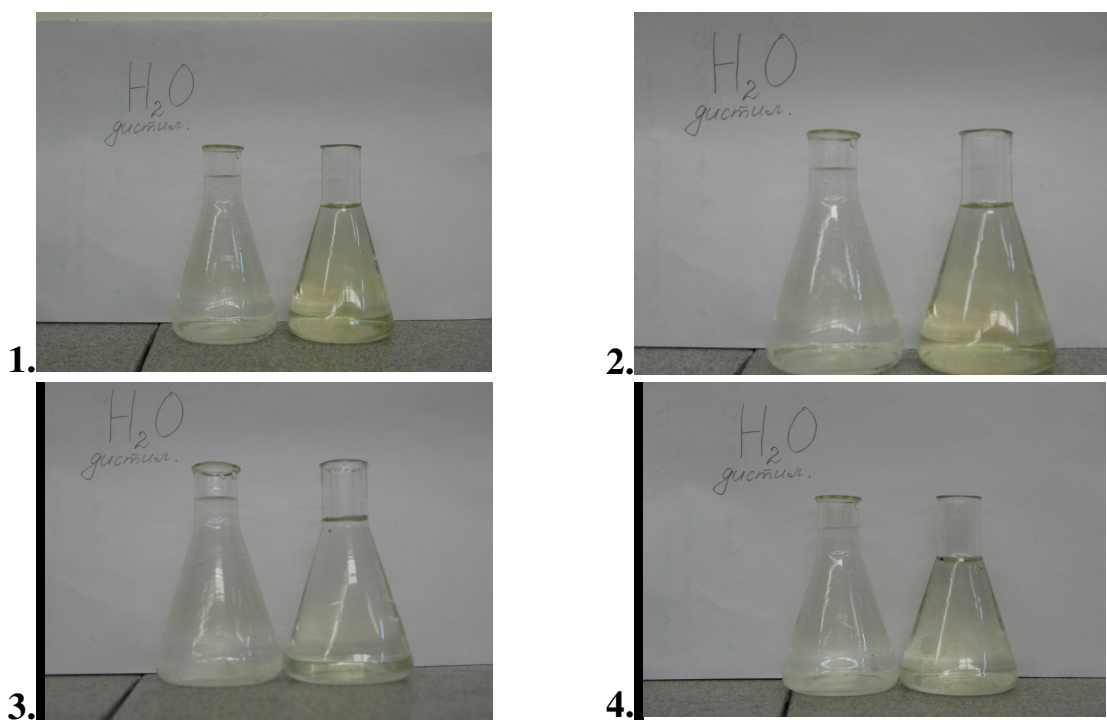


Рис. 2. Анализ проб воды на цветность (пробы: 1. вода из Ботанического сада, 2. вода из Антроповского пруда, 3. вода из Чистых прудов, 4. вода из лесного озера)

Таблица 2. Средний уровень pH для каждого водоёма:

Проба	Значения pH
Чистые пруды	6,9
Антроповский пруд	6,7
Пруд Ботанического сада	6,8
Лесное озеро	7,1

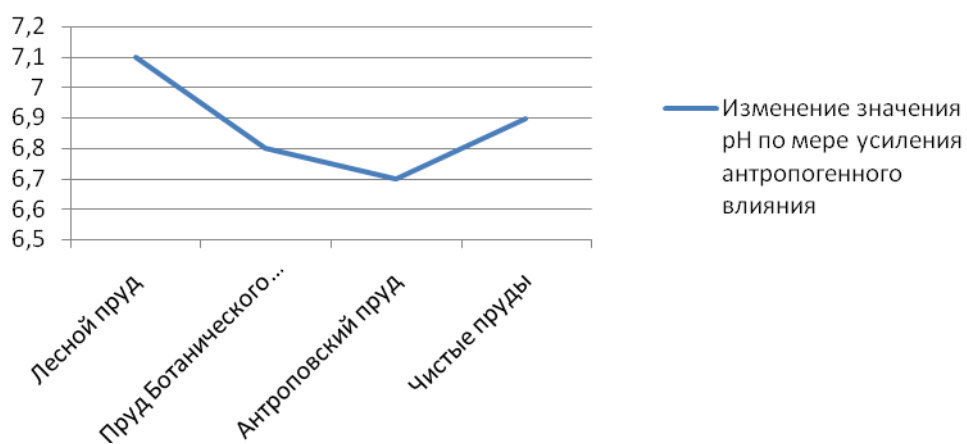


Рис.3. Кривая изменения значения pH

Таблица 3. Результаты измерения температуры воды в исследованных водоёмах

Водоём	Номер замера (средние значения)			Средняя по водоёму
	1 замер	2 замер	3 замер	
Чистые пруды	+10°	+11°	+8°	+9,7°
Антроповский пруд	+8°	+9°	+8°	+8,3°
Пруд Бот.сада	+5°	+6°	+4°	+5°
Лесной пруд	+6°	+5°	+4°	+5°

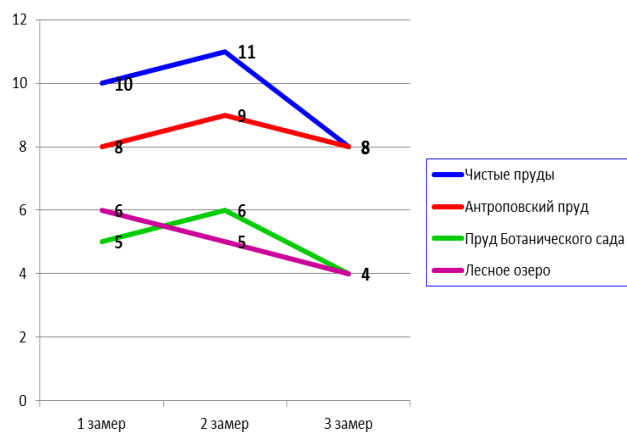


Рис 4. Изменение температуры воды в водоёмах на протяжении периода сбора проб

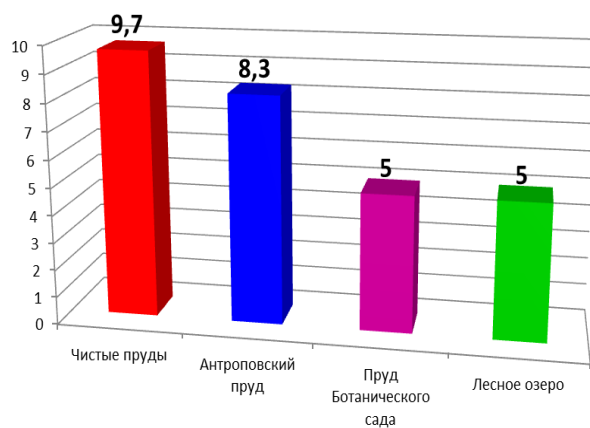


Рис 5. Соотношение средних показателей температуры воды в водоёмах

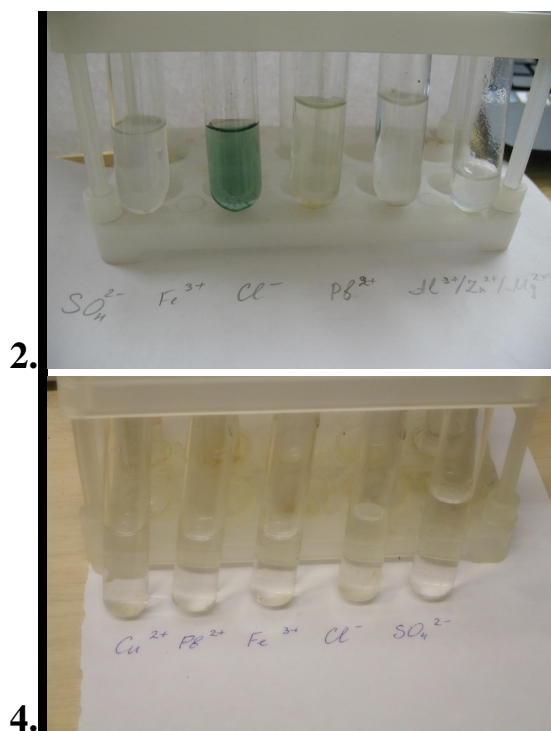
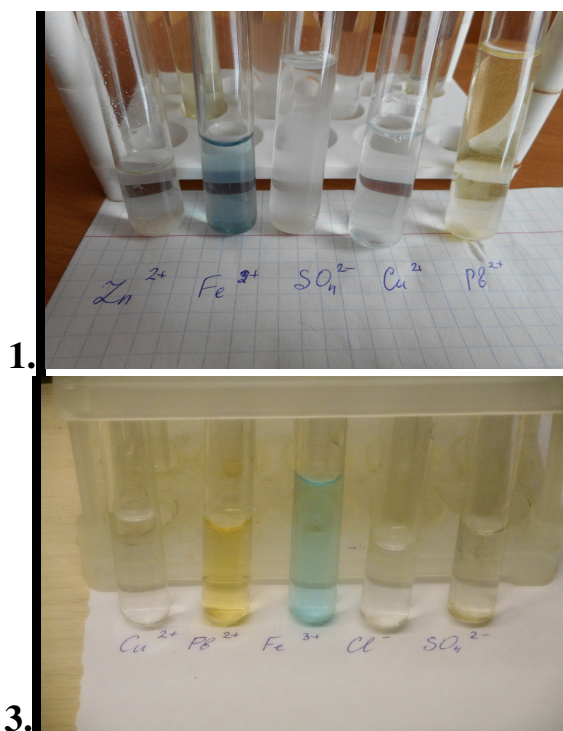


Рис. 6. Результаты качественных реакций химического анализа проб воды (1. из Чистых прудов, 2. из Антроповского пруда, 3. из пруда Ботанического сада, 4. из лесного озера)

Таблица 4. Результаты анализа воды на опасные ионы.

Проба	Качественный анализ на присутствие в воде									
	Mg ²⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Pb ²⁺	Cu ²⁺	Cl ⁻ , Br ⁻ , I ⁻	SO ₄ ²⁻	Cd ²⁺	Mn ²⁺	Al ³⁺ / Zn ²⁺
Чистые пруды	Следовые количества	Нет	Следовые количества	Следовые количества	Следовые количества	Следовые количества Cl ⁻	Высокое содержание	Нет	Нет	Следовые количества
Антропогенский пруд	Нет	Нет	Следовые количества	Следовые количества	Нет	Следовые количества	Следовые количества	Нет	Нет	Следовые количества
Пруд Бот-сала	Нет	Нет	Следовые количества	Нет	Следовые количества	Следовые количества	Следовые количества	Нет	Нет	Нет
Лесное озеро	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет

Таблица 5. Видовое многообразие организмов, обнаруженных в пробах воды [1, 4-5, 7-8].

Название водоёма	Обнаруженные зелёные водоросли и сине-зелёные	Обнаруженные диатомовые водоросли	Обнаруженные черви	Обнаруженные членистоногие	Обнаруженные моллюски	Обнаруженные кишечнорастные	Обнаруженные простейшие
Чистые пруды (главный пруд)	Chlorella Golenkinia Pandorina Closterium Spirogyra Ulorix Staurastrum Botrydiopsis Spirulina Oscillatoria Euglena	Melosira Gyrosigma Cyclotella Diploneise Cocconeis Navicula Nitzshia Amphora Pinnularia Chaetoceros	Nematoda Плоский водяной червь Олигохета Proales Ресничный червь Rotifera Philodina	Водяной клещ Cyclopidae Daphnia	-	Hydra	Dileptus Stylichia Actinosphaerium Vorticella

	viridis Pediastrum Coscinodisc ales	Achnanthe s Tabellaria Flagilaria Scoliopleu -ra Navicula cuspidate	brevipes				
Антропо вский пруд	Closterium Netrium Synechococ cus Pediastrum Spirogyra Oscillaoria Spirulina Scenedes- mus quadricauda	Tetraedron (Stauras- trum) Scoliotrop -is Pinnylaria Bacillaria Flagilaria Navicula Synedra Cocconeis Cymbella Nitzshia Melosira Cyclotella Ardissonia	Колония коловра- ток Многоще тинковый червь Плоский червь	-	-	-	Vorticella Actinosp haerium Parame- cium Dileptus Stylonych ia
Пруд Ботани че- ского сада	Clorella Pediastrum Chlamydo- monas Closterium	Navicula	Stylaria lacustris Nematoda Ресничны й червь	Daphnia	Парусни к (личинк а малого прудо- вика (Lymnae a Lamarck)	-	Stylonych ia Diffugia Vorticella linnaeus Dileptus
Лесное озеро	Chlorella Oscillatoria	Synedra Pinnularia	Rotaria neptunia	Cyclopida е Dytiscidae Daphnia Личинка жука плавунца (Dytiscida е) Личинка комара пискуна (Culex Linnaeus) Gyrinus Linnaeus	Lymnaea Lamarck Парусни к (личинк а малого прудо- вика (Lymnae a Lamarck)	Hydra	Цисты

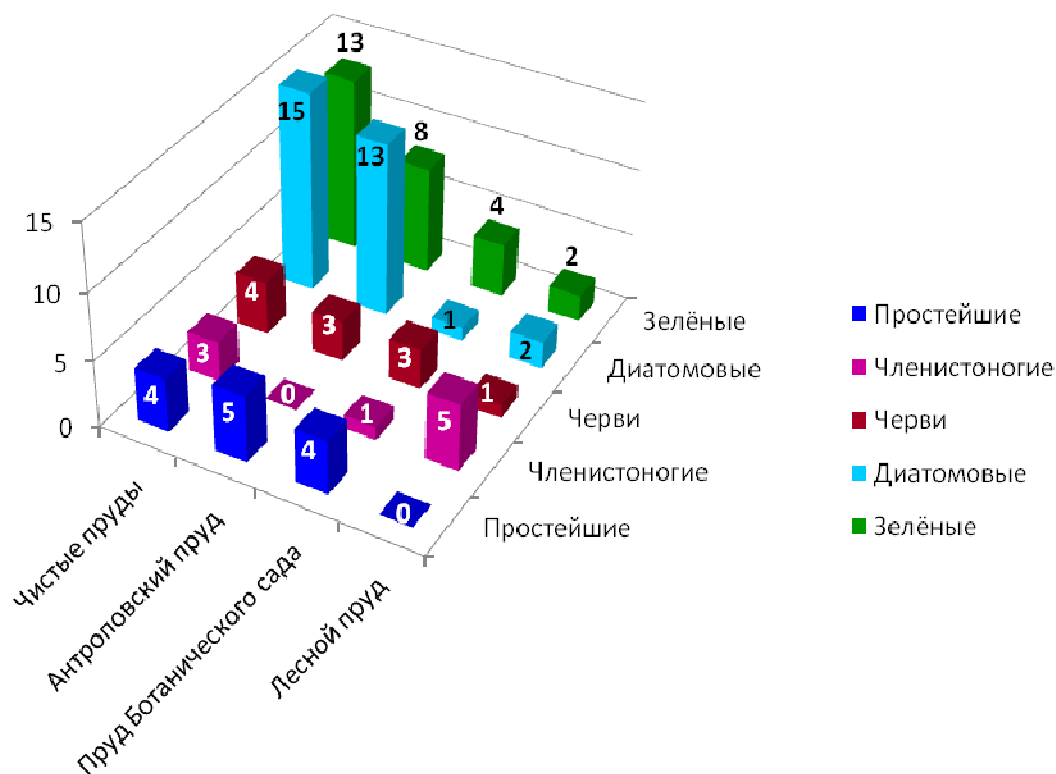


Рис. 7. Соотношение числа видов крупнейших групп организмов в исследованных водоёмах

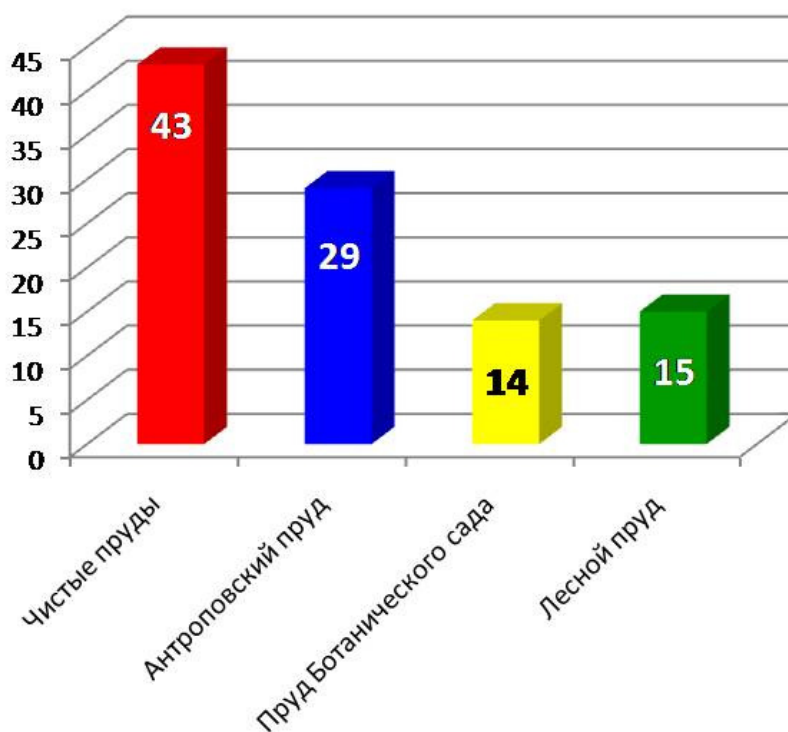


Рис. 8. Соотношение суммарного числа видов обнаруженных организмов в состоянии активности в исследованных водоёмах

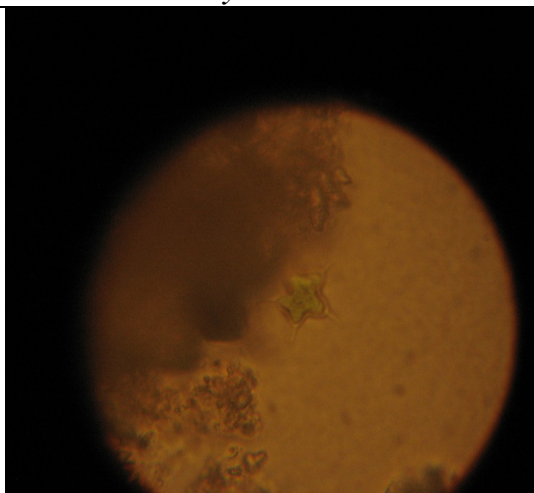
Таблица 6. Примеры фотографий обнаруженных организмов



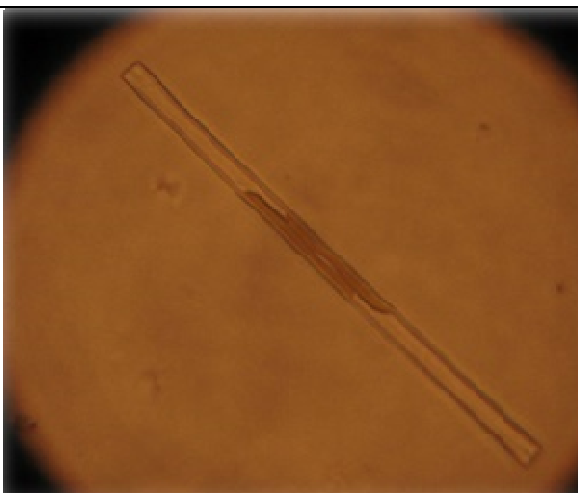
Cymbella



Pinnularia



Pandorina



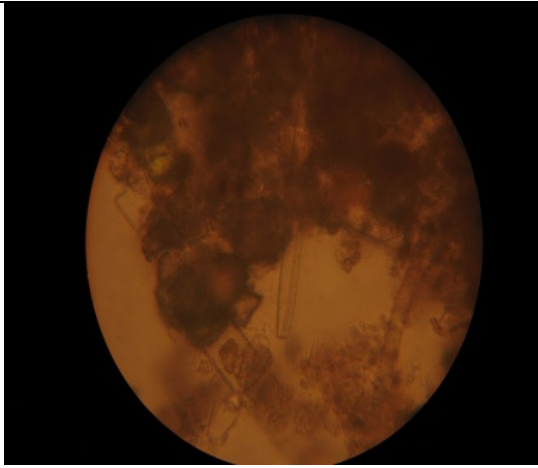
Nitzschia



Cyclotella, Synedra



Fragilaria



Gomphonema



Oscillatoria



Navicula



Amphora



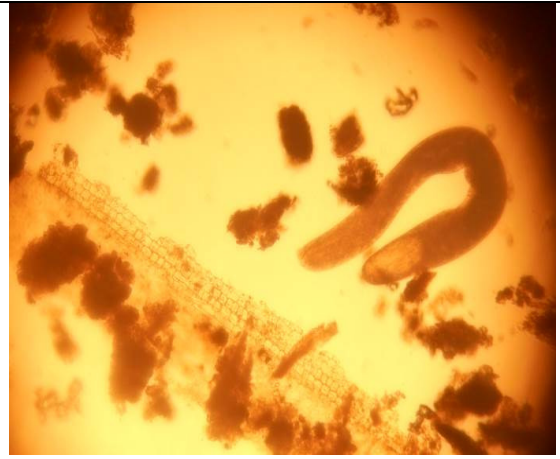
Closterium



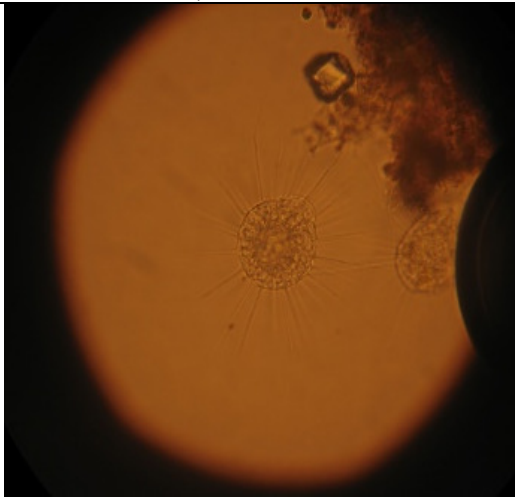
Ardissonia



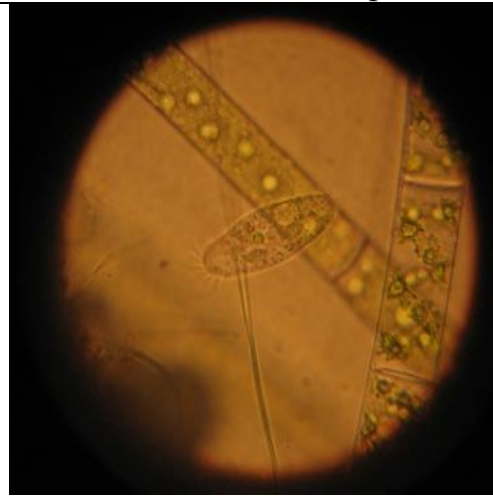
Многощетинковый червь



Плоский червь



Лучевик Солнечник



Инфузория-туфелька