

**Владимирская область**  
**Округ Муром**  
**Муниципальное бюджетное образовательное учреждение «Гимназия №6»**  
**Городское Научное общество учащихся**  
**Муниципального бюджетного образовательного учреждения дополнительного**  
**образования детей «Центр внешкольной работы»**

**Определение степени эвтрофирования озер**  
**Меленковского района**  
**по альготрофному планктону**

**Автор: Мирошник Александра**  
**10 класс МБОУ «Гимназия №6»**  
**о. Муром**

**Руководитель: Мирошник Ольга Станислаововна,**  
**учитель биологии МБОУ «Гимназия №6»,**  
**педагог дополнительного образования МБУДО ЦВР**

**2018 год**

## Содержание

Введение	2
1. Обзор литературы	4
1.1. Роль водорослей в жизни водоемов.	4
1.2. Мониторинг фитопланктона. Общая характеристика	6
2. Характеристика района исследования.	7
2.1. Озеро Широха	7
2.1. Озеро Васильевское	8
2.3. Озеро Наше	9
2.4. Озеро Долгое	10
3. Материал и методики	12
3.1. Характеристика экологических типов водоемов. Методы исследования физико-химические показатели качества воды.	12
3.2. Определение состояния видовой структуры сообщества водорослей.	14
3.3. Биоиндикация качества воды с использованием водорослей (альгоиндикация)	15
3.4. Оценка состояния производных экосистем по фитопланктону	16
3.5. Оценки сходства.	17
4. Результаты исследования	18
4.1. Изучение физико-химических особенностей воды озер	18
4.2. Биоиндикация качества воды	19
4.3. Оценка трофического статуса озер по показателям автотрофного планктона	24
4.4. Сравнение альгофлоры озёр.	29
5. Выводы	30
Заключение	30
Список используемой литературы	31
Приложение 1	32
Приложение 2	36
Приложение 3	49

## Введение

Континентальные водоемы страдают от загрязнения в большей степени, чем моря, так как вокруг них сконцентрировано значительное число городов и промышленных предприятий (Миркин, Наумова, 2006).

Будучи одними из основных, наиболее массовых компонентов водных экосистем и первичными продуцентами органического вещества, водоросли первыми вступают в контакт с загрязнениями, поэтому их считают хорошими биологическими индикаторами качества воды в водоемах разных типов (Михеева, 1983; Трифонова, 1979; Шкундина, 2002; Барина и др., 2006).

В качестве индикаторов биологической продуктивности на практике используются параметры, тесно связанные с трофическим состоянием водоема: биомасса, численность, видовой состав автотрофного планктона, глубина видимости диска Секки, и на основе их предложены различные классификации и показатели трофического типа озер (Россолимо 1977; Трифонова, 1979; Китаев, 1984; Хендерсен-Селлерс, Маркленд, 1990; Теоретические., 1990; Carlson 1977, 1984; Nygaard, 1978).

Инвентаризация биоразнообразия озер, являющихся памятниками природы является одной из актуальных задач биологии. В связи с этим возникает необходимость изучения видового разнообразия флоры и фауны водных и наземных экосистем, в том числе и водорослей. Многие виды водорослей чувствительны к разнообразным видам антропогенного воздействия и относятся к экологическим индикаторам, могут быть использованы в качестве диагностического показателя состояния водных экосистем охраняемых территорий.

Изучение биоразнообразия водных экосистем является одной из приоритетных задач современной науки. Традиционно оценка современного биоразнообразия альгофлоры начинается с таксономического анализа и качественной оценки водорослевых сообществ.

**Актуальность работы** заключается в том, что изучение структурной организации и функционирования основных элементов биоты водных экосистем является неотъемлемой частью в решении фундаментальных и прикладных вопросов современной гидроэкологии, к числу приоритетных задач которой, прежде всего, относится раскрытие механизмов адаптации водных сообществ к существованию в стрессовых условиях среды, рассматриваемых в экологии как нарушения. С 9 по 12 июля 2018 было проведено исследование экологического состояния озёр: Широха, Наше, Васильевское, Долгое Меленковского района Владимирской области. Все озера являются памятниками природы регионального значения, поэтому изучение их экологического состояния на сегодняшний момент достаточно актуально.

**Научная новизна.** Впервые проведены сравнительно-альгофлористические исследования озер, расположенных в Меленковском районе, и включенных в реестр ООПТ.

**Цель данной работы:** изучить автотрофный планктон озер Широха, Васильевское, Наше и Долгое, являющихся особо охраняемыми природными территориями (ООПТ). По результатам, полученным в ходе исследования, определить степень эвтрофирования водоемов.

**Задачи:**

1. Изучить литературу по данному вопросу.
2. Определить экологический тип водоемов.
3. Провести гидрологические исследования водорослей. Определить качественный состав фитопланктонных водорослей озёр.
4. Получить и проанализировать основные флористические характеристики автотрофного планктона на исследуемой территории.
5. Оценить трофический статус озер по показателям автотрофного планктона.
6. Сравнить альгофлору озёр.

**Объект изучения:** озера Меленковского района – памятники природы регионального значения – озера Широха, Васильевское, Долгое и Наше.

**Предмет изучения:** степень эвтрофированности озер по характеристике автотрофного планктона.

**Гипотеза:** если индивидуальные особенности сказываются на видовом составе фитопланктона, по его многообразию можно судить о степени эвтрофикации водоёма.

Для проверки данной гипотезы был изучен видовой состав альгопланктона и выяснены химические особенности, отражающие степень эвтрофикации водоёма.

**Практическая значимость.**

Результаты таксономических исследований могут быть востребованы для дальнейшей инвентаризации флоры водорослей озер Владимирской области. Полученные значения показателей степени эвтрофирования дают возможность прогноза изменений экосистем водоемов и выработки соответствующих рекомендаций по их охране и рациональному использованию.

## 1. Обзор литературы

### 1.1. Роль водорослей в жизни водоемов.

Роль водорослей в жизни водоемов трудно переоценить. Очень большое значение они имеют в решении проблемы охраны окружающей среды. Здесь водорослям принадлежит двоякая роль. С одной стороны, они широко используются как показательные (индикаторные) организмы при экологическом мониторинге. С другой стороны, непосредственно сами водоросли являются активными агентами процессов самоочищения загрязненных естественных вод. Выдерживая присутствие органики, солей тяжелых металлов, радионуклидов и других веществ в дозах, токсичных для других организмов, многие виды водорослей не теряют при этом способности к фотосинтезу с выделением кислорода, необходимого для бактериального окисления загрязняющих веществ, дыхания всех аэробных организмов, утилизирующих токсические ингредиенты загрязненной среды. Из других свойств водорослей заслуживает внимания также их способность избирательно поглощать и накапливать ряд химических элементов из воды. Особенно это относится к редким и рассеянным элементам, находящимся в воде в небольшом количестве. Биофизические процессы обмена элементов между водорослями и водой представляют большой теоретический и практический интерес.

Одним из основных значений водорослей в жизни водоемов является их участие в цепи питания рыб. Так, с одной стороны, зоопланктеры – ракообразные с фильтрационным типом питания, входящие в основной рацион рыб – потребляют свыше 130 видов водорослей, в том числе и многих массовых представителей фитопланктона (Гутельмахер, 1974). С другой стороны, непосредственно сами водоросли употребляются в пищу рыбами.

Наряду с положительной ролью водорослей вполне возможны отрицательные последствия их массового развития, которое достигает очень высоких показателей численности и биомассы, нередко вызывая сильное «цветение» воды. Это приводит к угнетению зоопланктона и молоди рыб, а во время отмирания водорослей – и к гибели их в результате дефицита кислорода.

Высокий уровень развития фитопланктона этих водоемов – результат повышенной обеспеченности их вод биогенными элементами, а «цветение» воды водорослями является наиболее ярким проявлением эвтрофирования, приводящим к их загрязнению. Известно, что до определенной степени развития водоросли в водоемах имеют положительную роль – фитопланктон с биомассой до 40 мг/л (соответствует умеренному «цветению») еще способствует самоочищению воды; при более высокой биомассе роль водорослей становится резко отрицательной. На стадии интенсивного «цветения» при биомассе водорослей свыше 500 мг/л наступает явное ухудшение всех санитарно-биологических

показателей водоемов. В результате массового отмирания и разложения водорослей вода в них становится почти непригодной для хозяйственного использования и жизни гидробионтов. Выделение в воду некоторыми синезелеными токсических веществ – *Microcystis aeruginosa*, *Aphanizomenon flos-aquae*, *Anabaena flos-aquae* – может представлять реальную опасность и для человека. Однако, несмотря на это, в целом следует рассматривать водоросли как мощный фактор в самоочищении водоемов и формировании качества их вод, обеспечивающий стабильность водных экосистем в условиях все возрастающей антропогенной нагрузки.<sup>1</sup>

В 1908 году Р. Кольквитц и М. Марссон разработали шкалу оценки загрязненности водоемов по присутствию в них тех или иных организмов. В ее основу положен принцип, отражающий отношение гидробионтов к кислороду, их оксифильность. По предложенной шкале водоемы или их зоны в зависимости от степени загрязнения органическими веществами подразделяются на поли-, мезо- и олигосапробные.

К методам биоиндикации относят систему сапробности вод, оцениваемую степенью их загрязнения органическими веществами и продуктами их распада. Сапробность организмов обуславливается как его потребностью в органическом питании, так и приспособлением к существованию в загрязненных водах.

В полисапробной зоне, находящейся вблизи от места сброса сточных вод, происходит расщепление белков и углеводов в анаэробных условиях. Самоочищение здесь идет в основном за счет деятельности бактерий. Число видов, способных жить в крайне загрязненных водоемах невелико, но зато они встречаются здесь в массовых количествах.

В мезосапробной зоне загрязнение выражено слабее: неразложившихся белков нет, сероводорода и диоксида углерода немного, кислород присутствует в заметных количествах, однако в воде есть еще такие слабо-окисленные азотистые соединения, как аммиак, аминокислоты и амиды кислот. Мезосапробная зона подразделяется на  $\alpha$ - и  $\beta$ -мезосапробные подзоны. Видовое разнообразие  $\beta$ -мезосапробной зоны больше, но численность и биомасса организмов ниже.

В олигосапробной зоне сероводород отсутствует, диоксида углерода мало, количество кислорода приближается к нормальному насыщению, растворенных органических веществ практически нет. Для этой зоны характерно высокое видовое разнообразие организмов, но численность и биомасса их незначительны.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup>Ермолаев В.И. Водоросли и их роль в экосистеме водоемов. // Всероссийская научно-практическая конференция «Водоросли: проблемы таксономии, экологии и использование в мониторинге в мониторинге» (Материалы докладов) Сыктывкар, Республика Коми, Россия

<sup>2</sup>Методические рекомендации по отбору, обработке и анализу гидробиологических проб воды и грунта/Сост. Г.И. Фролова-М.: Лесная страна

## 1.2. Мониторинг фитопланктона. Общая характеристика

Фитопланктон (водоросли) - низшие растения, характеризующиеся отсутствием дифференцировки тела на основные органы - стебель, лист и корень.

Фитопланктон - первое звено трофической цепи водных объектов, играет значительную роль в мониторинге пресноводных экосистем.

В пресных водоемах Европейской части России чаще всего встречаются представители следующих отделов:

*Bacillariophyta* - диатомовые водоросли

*Chlorophyta* - зеленые водоросли

*Cyanophyta* - синезеленые водоросли

*Euglenophyta* - эвгленовые водоросли

*Chrysophyta* - хризофитовые водоросли

*Cryptophyta* - криптофитовые водоросли.

Отдел *Bacillariophyta* включает около 15000 видов, распространенных в пресных водоемах и морях. Играют большую роль в планктоне, где часто количественно преобладают над всеми другими организмами и вызывают желтоватую окраску воды (диатомовое цветение). Диатомовые водоросли представлены одноклеточными и колониальными организмами светло-желтого или бурого цвета. Панцирь состоит из двух частей: эпитеки и гипотеки. Эпитека – большая часть – надвигается на гипотеку, как крышка на коробку.

Отдел *Chlorophyta* включает около 5700 видов, преимущественно пресноводных. Распространены массами, образуя пресную тину водоемов. Зеленые водоросли – колониальные, многоклеточные организмы с хроматофорами чисто зеленого цвета. Колонии представляют собой рыхлое соединение клеток.

Отдел *Cyanophyta* включает около 1400 видов, преимущественно пресноводных. Развиваясь массами летом, вызывают цветение воды. Синезеленые водоросли относятся к прокариотам (безъядерным) организмам, все остальные – к эукариотам. Синезеленые – колониальные и многоклеточные организмы, содержащие хлорофилл, но благодаря наличию дополнительных пигментов они имеют сине-зеленую окраску. Среди пигментов – зеленый хлорофилл, желтооранжевый каротин, синий фикоциан, красный фикоэритрин.

Отделы *Euglenophyta*, *Chrysophyta*, *Cryptophyta* включают около 2000 видов, широко распространенных в пресных водоемах и морях, нередко развивающихся массами и вызывающих «цветение» воды. Это одноклеточные или колониальные организмы, подвижные благодаря наличию жгутиков, причем у одних видов жгутики сохраняются в течении всего жизненного периода, у других – большую часть жизни жгутики отсутствуют.

## 2. Характеристика района исследования.

### 2.1. Озеро Широха

**Название памятника:** озеро Широха (существуют и другие названия озера – Широха, Шериха, Шерха)

**Объявлен постановлением (решением):** Исполнительного комитета Владимирского областного Совета народных депутатов «О признании природных объектов государственными памятниками природы и об охране редких исчезающих растений и животных в области от 01.12.1980 г. №1181/23»

**Адрес (местонахождение)** Владимирская область, Меленковский район; в 2 км северо-восточнее д. Двоезеры администрации Илькинского сельского округа, в 65 и 66 кв. Илькинского лесничества, Меленковского района

Вокруг ООПТ выделяется охранный зона 1000 м, площадью 511,7 га. Согласно постановлению Главы администрации Владимирской области «Об обеспечении функционирования особо охраняемых природных территорий Владимирской области» от 12.09.96 г. №445.

#### **Значение ООПТ**

##### **А. Региональное**

##### **Б.**

1. Научное.
2. Охрана места произрастания полушника озерного.
3. Рекреационное.
4. Эстетическое.

#### **Взят на учет:**

В Главном управлении природных ресурсов и охраны окружающей среды МПР России по Владимирской области, в департаменте природопользования и охраны окружающей среды администрации Владимирской области, в отделе природопользования администрации Меленковского района.

Акватория озера на 3-5% поросла надводной растительностью (осока острая, сабельник болотный, тростник), на 1-3% - плавающими растениями (кубышка желтая), менее 10% покрыто погруженными макрофитами (полушник озерный).

#### **Краткое описание ООПТ**

Озеро ледникового происхождения, является местом произрастания реликтового растения полушника озерного, занесенного в красную книгу РФ. Очень живописное, является местом массового отдыха населения. Озеро расположено в заметном понижении рельефа, склоны долины озера пологие, местами отлогие. Грунты берегов и дна песчаные.

Озеро – мезотрофное. С западной стороны озера проходит лесная грунтовая дорога, с южной и восточной – грунтовые дорожки и тропинки. Озеро расположено в сосновом бору. Местами берега заболочены. Озеро закрытое: восточный берег порос дубом, встречаются осины и рябины, на южном берегу их вытесняют сосна и береза. На берегу встречаются: грушанка, вероника дубовая, бересклет, колокольчик мелкий, заячья капуста, мышиный горошек, мхи, плауны, копытень, офрис насекомоносный, ятрышник.

#### **Угрожающие факторы.**

В последнее время отмечается массовое посещение озера отдыхающими, проезд и стоянка большого количества авто- и мототранспорта и, как следствие этого, наблюдается сильное засорение и захламление берегов озера.<sup>3</sup>

## **2.2. Озеро Васильевское**

**Название памятника:** озеро «Васильевское» или «Васильево»

**Объявлен постановлением** (решением) исполнительного комитета Владимирского областного Совета народных депутатов «Об организации в области ботанических заказников, признании памятниками природы участков лесных массивов, водных объектов и передаче их под охрану» № 1181/23 от 1.12.80 г.

**Адрес** (местонахождение) Владимирская область, Меленковский район; на западной окраине д. Двоезеры администрации Илькинского сельского округа, 88 квартала Илькинского лесничества.

Расположен на землях: Меленковского лесхоза, СПК «Илькино». Площадь памятника природы 13,5 га. Вокруг ООПТ выделяется охранная зона 1000 м, площадью 442 га. Согласно постановлению Главы администрации Владимирской области «Об обеспечении функционирования особо охраняемых природных территорий Владимирской области» от 12.09.96 г. № 445.

#### **Значение ООПТ.**

- А. Региональное.
- Б. 1. Научное.
- 2. Рекреационное.
- 3. Эстетическое.
- 4. Рыбопромысловое.
- 5. Источник воды для жителей д. Двоезеры.

---

<sup>3</sup>Паспорт на особо охраняемые природные территории Владимирской области. Государственный памятник природы регионального значения. Озеро Широха Меленковского района.

Взят на учет в главном управлении природных ресурсов МПР России по Владимирской области, в департаменте природопользования и охраны окружающей среды администрации Владимирской области, в отделе природопользования Меленковского района.

**Краткое описание ООПТ.** Озеро имеет угловато-округлую форму, эвтрофное, расположено среди ровной песчаной местности. Берега пологие, низкие, высотой около 0,5 м местами кочкарниковые. Озеро закрытое на 95 %, береговая полоса поросла сосновым бором и ивняками. Со стороны д. Двоезеры растительность пустотная. Грунты берегов и дна песчаные. Максимальная глубина озера 6 м, преобладающая — 2 м.

Акватория озера на 5 - 10 % покрыта надводной растительностью (тростник, рогоз широколистный, сабельник, белокрыльник, частуха подорожниковая и др.), на 1 - 3 % - плавающей (горец земноводный, кубышка, кувшинка, рдест плавающий, ряска), на 1 % - погруженной растительностью - элодея канадская.

**Угрожающие факторы.** Туризм (много поврежденных туристами сосен), сосны подсочены. Браконьерство.<sup>4</sup>

### 2.3. Озеро Наше

**Название памятника:** озеро «Наше».

**Объявлен постановлением (решением):** Исполнительного комитета Владимирского областного Совета народных депутатов «О признании природных объектов государственными памятниками природы и об охране редких исчезающих растений и животных области от 01.12.1980 г. №1181/23

**Адрес (местонахождение)** Владимирская область, Меленковский район; западная окраина д. Двоезеры администрации Илькинского сельского округа.

**Расположен на землях:** СПК «Илькино» и администрации Илькинского сельского округа.

Площадь памятника природы 16 га. Вокруг ООПТ выделяется охранный зона 1000 м, площадью 436 га, согласно постановлению Главы администрации Владимирской области '«Об обеспечении функционирования особо охраняемых природных территорий Владимирской области» от 12.09.96 г. № 445.

**Значение ООПТ**

А. Региональное.

---

<sup>4</sup>Паспорт на особо охраняемые природные территории Владимирской области. Государственный памятник природы регионального значения. Озеро Васильевское Меленковского района.

- Б. 1. Охрана места произрастания полушника озерного.
2. Научное.
3. Рекреационное.
4. Эстетическое.

**Взят на учет:** В Главном управлении природных ресурсов и охраны окружающей среды МПР России по Владимирской области, в департаменте природопользования и охраны окружающей среды администрации Владимирской области, в отделе природопользования администрации Меленковского района.

**Краткое описание ООПТ.** Озеро в плане неправильной округлой формы, вероятно ледникового происхождения, эвтрофное, мелководное. Средняя глубина 1,5 м, берега низкие, высотой у воды от 20 до 50 см, местами заболоченные, в особенности западные и юго-западные, местами поросли ивняками. Грунты берегов и дна песчаные, дно на середине озера илистое. На расстоянии от 50 до 150 м с северной и западной сторон к озеру примыкает смешанный лес с преобладанием сосны и березы. В подлеске: ивы (ломкая, розмаринолистная, пепельная), крушина. Озеро полуоткрытое, берега на 20% луговые, на 80% покрыты тальником. Акватория озера на 5% поросла подводными растениями, на 1-3% - плавающими, на 5-10% - погруженными микрофитами (элодея канадская, роголистник). Озеро является местом произрастания реликтового растения полушника озерного, занесенного в красную книгу РФ.

**Угрожающие факторы:** Со стороны д. Двоезеры прибрежная полоса раскопана под огороды. Построено много бань непосредственно у воды.<sup>5</sup>

#### 2.4. Озеро Долгое

**Название памятника:** озеро «Долгое».

**Объявлен постановлением (решением):** Исполнительного комитета Владимирского областного Совета народных депутатов «О признании природных объектов государственными памятниками природы и об охране редких исчезающих растений и животных области от 01.12.1980 г. №1181/23.

**Адрес (местонахождение)** Владимирская область, Меленковский район; в 1 км южнее д. Двоезеры администрации Илькинского сельского округа, 105 квартал Илькинского лесничества Меленковского лесхоза.

**Расположен на землях:** Меленковского лесхоза. Площадь памятника природы 9,3 га. Вокруг ООПТ выделяется охранный зона 1000 м, площадью 390,7 га, согласно

---

<sup>5</sup>Паспорт на особо охраняемые природные территории Владимирской области. Государственный памятник природы регионального значения. Озеро Наше Меленковского района.

постановлению Главы администрации Владимирской области «Об обеспечении функционирования особо охраняемых природных территорий Владимирской области» от 12.09.96 г. № 445.

### **Значение ООПТ**

А. Региональное.

Б. 1. Научное.

2. Рекреационное.

3. Эстетическое.

4. Охрана места произрастания полушника озерного.

**Взят на учет:** В Главном управлении природных ресурсов и охраны окружающей среды МПР России по Владимирской области, в департаменте природопользования и охраны окружающей среды администрации Владимирской области, в отделе природопользования администрации Меленковского района.

**Краткое описание ООПТ.** Озеро имеет большой научный интерес. Является местом произрастания реликтового растения полушника озерного (растение занесено в Красную книгу РФ, подлежит охране). Озеро закрытое: берега поросли лесом (преобладают сосна, береза, осина) и кустарниками (ива пепельная и др.). Берега в основном болотистые, поросли тростником, недоступны для передвижения. К озеру непосредственно подступает низкое осоковое болото площадью 17,5 га и верховое сфагновое болото. Озеро довольно сильно с берегов заросло надводной растительностью (тростник южный, сабельник болотный, белокрыльник болотный, калестания болотная, кипрея болотная, зюзник европейский, камыш лесной, ситник болотный, частуха подорожниковая), надводной растительностью (ряска малая, многокоренник, кубышка и др.), погруженной растительностью (элодея канадская, роголистник).

### **Угрожающие факторы.<sup>6</sup>**

---

<sup>6</sup>Паспорт на особо охраняемые природные территории Владимирской области. Государственный памятник природы регионального значения. Озеро Долгое Меленковского района.

### 3. Материал и методики

#### 3.1. Характеристика экологических типов водоемов

##### Методы исследования физико-химические показатели качества воды.

###### **Температура.** Оборудование-термометр

Выполнение анализа: 1. Погрузите термометр в воду непосредственно на водоеме не менее чем на одну треть шкалы и выдержите в погруженном состоянии на нужной глубине не менее 5 минут. Не вынимая термометра из воды, произведите отсчет показаний.

2. Определите температуру воды в нескольких местах.

3. Рассчитайте среднее значение температуры.

**Цветность.** Оборудование-пробирка стеклянная высотой 15-20 см, лист белой бумаги(фон)

Выполнение анализа:

1. Заполните пробирку водой до высоты 10 см.

2. Определить цветность воды, рассматривая пробирку сверху на белом фоне при достаточном боковом освещении. Отметьте наиболее подходящий оттенок.

**Запах.** Оборудование: колба на 250-500 мл с пробкой.

Выполнение анализа: 1. Заполнить колбу водой на 1/3 объема и закройте пробкой.

2. Взболтаем содержимое колбы

3. Откройте колбу и сразу же определите характер интенсивность запаха, осторожно вдыхая воздух. Интенсивность запаха определяется по пятибалльной шкале.

**Мутность.** Оборудование- пробирка стеклянная высотой 10-12 см, лист темной бумаги (фон)

Выполнение анализа:

1. Заполните пробирку водой до высоты 10-12 см.

2. Определите мутность воды, рассматривая пробирку сверху на темном фоне при достаточном боковом освещении. По таблице определителя подходящее значение.

**Водородный показатель (pH).** Оборудование: универсальные индикаторы бумаги pH (0-12)

Выполнение анализа:

1. Полоску индикаторной бумаги обмакнуть в исследуемой воде.

2. Положить ее на белую непромокаемую подложку и быстро сравнить с эталонной шкалой.

По общепринятой классификации<sup>7</sup> стоячие водоемы (озера, естественные пруды и т.п.) делятся на кислотрофные, дистрофные, олиготрофные, мезотрофные и эвтрофные. Кроме того, имеется ряд переходных стадий.

**Ацидотрофные** водоемы довольно разнообразны по своей природе. По классификации Тинеманна-Науманна к ним относятся водоемы с кислой реакцией воды (рН меньше или равно 5,5). Они могут иметь как бесцветную, так и окрашенную в бурый цвет воду. В первом случае имеет место комбинация ацидотрофии с олиготрофией, во втором - ацидотрофии с дистрофией. Густые заросли тростника и камыша, процветающие в щелочных водах, в более кислых уменьшаются, встречаются более ограниченно, а в очень кислых водах исчезают совсем, на их месте начинают развиваться осока, хвощ и манник.

Ацидотрофно-олиготрофные водоемы можно установить по наличию олиготрофии – лобелии Дортмана (*Lobelia dortmana*), урути очередноцветковой (*Myriophyllum alterniflorum*), по слабому развитию растительного покрова, значительной разреженности зарослей и угнетенному состоянию растений с низким значением фитомассы.

Ацидотрофно-дистрофные водоемы можно разделить по преобладанию водно-болотных растений – видов рода *Carex*, вахты трехлистной (*Menyanthes trifoliata*), кизляка кистецветного (*Naumaburgia thysiflora*), сабельника болотного (*Comarum palustre*). Зарегистрированы в таких водоемах также водяная сосенка (*Hippuris vulgaris*), пузырчатка обыкновенная (*Utricularia vulgaris*). Ограниченно представлены уруть очередноцветковая и лобелии Дортмана<sup>2</sup>. Степень покрытия этих водоемов макрофитами невелика, растения угнетены, величины фитомассы низки. Кислая реакция среды и низкая прозрачность воды отрицательно влияют на произрастание растений.

**Дистрофные** водоемы расположены в основном в заболоченной местности, берега их низкие, болотистые, с редкой растительностью, часто сложены из сфагнома. Реакция среды кислая, вода сильно окрашена, прозрачность ее низкая. Значительно разреживаются прибрежные заросли тростника и хвоща. Исчезают рдесты и частично заменяются на заросли ежеголовника. Для дистрофных водоемов характерны вдоль уреза воды различные виды осок и водно-болотной растительности, на дне – сфагновый мох.

---

<sup>7</sup> Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: учеб. пособие для студентов высш. учеб заведений / О.П.Мелехова, Е.И. Сарапульцева, Т.И. Евсеева и др. – М.: Издательский центр «Академия»

Часто встречаются тростник обыкновенный, хвощ топяной, кубышка желтая, ежеголовник родственный.

Для озер *олиготрофного типа* характерно присутствию лобелии Дортмана, урути очередноцветковой. Степень их зарастания незначительна, растительные сообщества распространены весьма ограниченно. Фитоценозы в основном разрежены. Развитие растений удовлетворительное, величина фитомассы невелика.

Для водоемов *мезотрофного и эвтрофного типов* характерны нейтральная или щелочная среда и малая прозрачность. Показательно наличие рогоза узколистного, стрелолиста плавающего, элодея канадской.

### **3.2. Определение состояния видовой структуры сообщества водорослей.**

#### **3.2.1. Методы и орудия сбора фитопланктона**

При работе на крупных водоемах и водотоках отбор проб осуществляется из слоя, где возможен фотосинтез, глубина которого равна утроенному значению прозрачности, измеренной по белому диску Секки. Слой воды, из которого берется проба, называется горизонтом. Если прозрачность в месте отбора пробы равна 1 м, то, соответственно, проба должна отбираться с поверхности – глубина 0,5 м, с прозрачности – глубина 1 м, 2-х прозрачностей – 2 м и 3-х прозрачностей – 3 м. С каждого из перечисленных горизонтов отбирают 1 л воды, сливают в один сосуд (ведро), тщательно перемешивают и заполняют банки емкостью 0,5 л для количественного анализа, 1 л для качественного анализа, позволяющего более достоверно судить о видовом составе фитопланктона (альгофлоры). В малых реках и прудах вертикальное распределение фитопланктона относительно равномерное, поэтому отбор проб обычно производят с горизонтов 0,5 – 1 м ведром.

#### **3.2.2. Методы сгущения и консервации фитопланктона**

Наиболее распространенным методом концентрирования планктона является фильтрация пробы через мелкопористые мембранные фильтры. Для сгущения фитопланктона пригодны фильтры №5 и №6. Сухие фильтры содержат в своих порах воздух, который закупоривает их и затрудняет фильтрацию. Для удаления воздуха фильтры нужно прокипятить в дистиллированной воде в течение 20–30 минут.

Фильтрацию проводят под вакуумом в воронке с пористым или сетчатым дном, на которое укладывают мембранный фильтр. Воронку укрепляют на колбе Бунзена, которую шлангом соединяют с вакуумным насосом. Для проведения качественного анализа фильтруют 1 л пробы, количественного – 0,5 л. Затем фильтр помещают в

пенициллиновую склянку, заливают 5-10 мл фильтрата и консервируют аптечным раствором Люголя до слабожелтого цвета (2–3 капли фиксатора). С помощью кисточки стряхивают в склянку содержимое с фильтра.

### **3.2.3.Этикетирование проб**

Каждая проба снабжается этикеткой, на которой указывается название водного объекта, номер станции, глубина, дата и время отбора. Иногда на этикетке ставится просто номер, который соответствует номеру, записанному в журнале или полевом дневнике. В дневник заносят дополнительные сведения о погоде, температуре, цветности, прозрачности воды, глубине станции, визуальные наблюдения о качестве воды.

### **3.3.Биоиндикация качества воды с использованием водорослей (альгоиндикация)**

Разработана специальная шкала, позволяющая по составу водорослей оценить степень органического загрязнения.

Под сапробностью принято понимать степень распада органических веществ в загрязненных водоемах. Сапробионты, или сапробные организмы могут служить индикаторами загрязнения или различных степеней разложения органических веществ в водоеме. Распад органики в водоеме приводит к дефициту кислорода и накоплению ядовитых продуктов (углекислоты, сероводорода, органических кислот и др.) Способность организмов обитать в условиях разной степени сапробности объясняется потребностью в органическом питании, устойчивостью к дефициту кислорода и выносливостью к вредным веществам, образующимся в процессе разложения органического вещества.

В полисапробной зоне водоема наблюдается обилие инфузорий и бактерий, видов водорослей немного: это хлорелла, политома и некоторые виды хламидомонад (приложение 3). При этом численность водорослей может быть высокой. Преобладание полисапробов в естественных водоемах, как правило, приурочено к местам сброса органических стоков, к местам «гниения».

В мезосапробной зоне видовое разнообразие водорослей большое. При этом в бета-мезосапробной зоне количество видов водорослей больше, чем в альфа-мезосапробной, но их численность может быть ниже.

Наличие альфа-мезосапробов говорит о существовании очагов загрязнения в относительно чистых водоемах или приурочено к участкам, где кончается влияние сильного загрязнения (так, например, у сбросов очищенных вод городской канализации). Это могут быть и водоросли планктона и обрывки водорослей бентоса (приложение 3). В

застойных местах загрязнённых водоемов иногда встречаются заросли энтороморфы, или кишечницы (приложение 3), часто вместе с хлопьями осциллятории, отличающейся грязно-сине-зеленой окраской (приложение 3).

Бета-мезосапробы — показатели умеренного, можно сказать, естественного загрязнения, характерного для живого, наполненного многими гидробионтами водоема. В планктоне преобладают многие диатомеи (рис. 1.4, 1.5 приложение 3), в составе бентоса и перифитона обычна самая крупная водоросль кладофора (рис. 1.4 приложение 3), часто остающаяся на высыхающих берегах в виде «тряпок». Сюда же относятся плавающие в виде тины хлопья других нитчаток— спирогиры, зигнемии и др. Из группы бета-мезосапробов следует отметить ядовитую синезеленую водоросль микроцистис.

В олигосапробной зоне водоросли разнообразны, но численность их невелика. Олигосапробы встречаются преимущественно в чистых родниках, в мочажинах на верховых болотах, в речных ручейках.

Так можно сравнить разные по сапробности водоемы. А главное — можно оценить относительную чистоту воды.

### **3.4. Оценка состояния производных экосистем по фитопланктону**

Для оценки используют метод Пантле и Бука. В результате применение этого метода получают индекс сапробности, определяющий качество воды в пункте (станции) отбора. Классификация качества воды водоемов и водотоков в зависимости от индекса сапробности.

Поскольку при просмотре учитывается не только состав видов, но и их обилие, определяется коэффициент (или индекс), умножая обилие видов определенной сапробности (количество клеток водорослей) на показатель сапробности (олиго = 1, бета = 2, альфа = 3, поли = 4).

Так можно сравнить разные по сапробности водоемы. А главное - можно оценить относительную чистоту воды.

Для оценки сапробности воды по организмам фитопланктона рекомендуется применять метод индикаторных организмов Пантле и Букка в модификации Сладечека.

Индекс сапробности вычисляется по формуле  $S = \sum sh / \sum h$ , где  $s$ -индекс сапробности вида (берется из атласа сапробных организмов),  $h$ -частота встречаемости вида, определяемая по шкале.<sup>8</sup>

Индекс сапробности вычисляют с точностью до 0.01. Для ксеносапробной зоны

---

<sup>8</sup> Методические рекомендации по отбору, обработке и анализу гидробиологических проб воды и грунта/Сост. Г.И Фролова-М.: Лесная страна, 2008 стр 6

(очень чистая вода) он находится в пределах 0-0.50, бетамезосапробный 1.51-2.50, альфомезосапробный 2.51-3.50, полисопробный 3.51-4.00.

**РАСЧЕТ ИНДЕКСОВ САПРОБНОСТИ ПО ПАНТЛЕ И БУККУ**

Относительная численность (вида)	1-2%	3-4%	4-10%	10-20%	20-40%	>40%
Частота встречаемости (вида) h	1	2	3	5	7	9

**3.5 Оценки сходства.**

Важнейшим показателем видовой структуры сообщества служит его видовое разнообразие. Прежде всего, оно зависит от видового богатства сообщества, которое выражается отношением числа видов в биоценозе к количеству особей. Видовое разнообразие биоценозов в процессе их существования повышается.

Молодые формирующиеся сообщества обычно беднее видами, чем давно сложившиеся, и более эквитабельнее по своему составу.

Часто возникает задача оценить степень сходства нескольких совокупностей, например, сходство двух или более местообитаний организмов по составу видов. Для этого применяют коэффициенты сходства. В работе использовался коэффициент Жаккара:

$$K_J = \frac{c}{a + b - c}$$

где a — количество видов на первой пробной площадке,

b — количество видов на второй пробной площадке,

c — количество видов, общих для 1-й и 2-й площадок.

## 4. Результаты исследования

### 4.1. Изучение физико-химических особенностей воды озер

#### 4.1.1. Изучение физико-химических особенностей воды в озере Широха

Котловина озера Широха небольшая - 18,3 га, глубина – 6 м

Прибрежные грунты – пески, заиленные пески

Цвет воды слабо-зеленоватый.

Прозрачность воды – составляет 2,8 м

Кислотность, рН – 6,4

Таким образом, сопоставив полученные результаты с признаками, определяющими экологический тип водоема делаем вывод, что в настоящее время экологический тип исследуемого водоема определяется как переходный от олиготрофного к  $\beta$  – мезотрофному.

Длина озера около 600 м, ширина 400 м.

Берега пологие, с восточной стороны местами заболоченные, подходы к озеру легкодоступные. Грунты берегов и дна песчаные, местами заиленные. Отмечено обмеление озера.

#### 4.1.2. Изучение физико-химических особенностей воды в озере Наше

Котловина озера Наше небольшая - 16 га, глубина – 1,5 м

Прибрежные грунты – песчаные, дно на середине озера илистое.

Цвет воды слабожелтоватая, прозрачная.

Прозрачность воды – составляет 2,8 м

Кислотность, рН – 6

Таким образом, сопоставив полученные результаты с признаками, определяющими экологический тип водоема делаем вывод, что в настоящее время экологический тип исследуемого водоема определяется как эвтрофное.

Длина озера около 400 м, ширина 400 м.

#### 4.1.3. Изучение физико-химических особенностей воды в озере Васильевское

Котловина озера Васильевское небольшая - 13,5 га, глубина – 6 м

Прибрежные грунты – песчаные.

Цвет воды слабожелтоватая, прозрачная.

Прозрачность воды – составляет 2,8 м

Кислотность, рН – 6

Экологический тип исследуемого водоема определяется как эвтрофное.

Длина озера около 500 м, ширина 400 м.

Озеро имеет угловато-округлую форму, расположено среди ровной песчаной местности. Берега пологие, низкие, высотой около 0,5 м местами кочкарниковые.

#### 4.1.4. Изучение физико-химических особенностей воды в озере Долгое

Котловина озера Долгое небольшая - 9,3 га, глубина – 1,5 м

Прибрежные грунты – песчаные.

Цвет воды слабожелтоватая, прозрачная.

Прозрачность воды – составляет 1 м

Кислотность, рН – 6

Экологический тип исследуемого водоема определяется как эвтрофное.

Длина озера около 400 м, ширина 400 м. Однако, в разные годы величина озера варьирует, что связано с наполняемостью озера водой.

Берега в основном болотистые, поросли тростником, недоступны для передвижения. К озеру непосредственно подступает низкое осоковое болото площадью 17,5 га и верховое сфагновое болото.

#### 4.2. Биоиндикация качества воды.

Для изучения альгофлоры озер было взято 11 проб (приложение 1). Результат изучения видового разнообразия представлен в таблице 1.

**Табл.1 Эколого-флористические характеристика видов фитопланктона обнаруженных в пробах воды озёр: Широха, Наше, Васильевское, Долгое**

	Таксон/автор	Эколого-географическая характеристика				Содержание водорослей в озерах			
		Сапробность	Местообитание	Распространение	Отношение к рН	Широха	Наше	Васильевское	Долгое
CHLOROPHYTA									
1	<i>Botryococcus braunii</i>	β	П	к	Ал		+		
2	<i>Chlorella ellipsoidea</i> Gren	-	Л	к	Ин		+		

3	<i>Coelastrum proboscidium</i> Bohl. in Wittr. et Nordst.	0	П	б	-		+		
4	<i>Coelastrum microporum</i> Naeg.	$\beta$	П	к	-				+
5	<i>Cosmarium subtumidum</i>	$\beta$	П	к	АЛ		+		+
6	<i>Crucigenia quadrata</i> Morren	-	П	к	-				+
7	<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> Wood. var. <i>Pulchellum</i>	$\beta$	П	к	-			+	
8	<i>Oocystis borgey</i> Snow	$\beta$	П	к	-	+	+		+
9	<i>Pediastrum boryanum</i> (Turp.) Menegh var. <i>Boryanum</i>	$\beta$	П	к	ИН			+	
10	<i>Pediastrum duplex</i> Meyen var. <i>Duplex</i>	$\beta$	П	к	-		+		
11	<i>Roya cambrica</i>	$\beta$	П	к	АЛ		+	+	+
12	<i>Scenedesmus quadricauda</i> Breb. var. <i>Quadricauda</i>	$\beta$	Л	к	ИН		+		
13	<i>Stigeoclonium tenue</i> (Ag.) Kütz.	$\beta$	П	к	-		+		
14	<i>Tetraedron incus</i> (Teiling) G.M.Smith	$\beta$	П	к	АЛ	+			
15	<i>Xanthidium armatur</i>	$\beta$	П	к	-				+
<b>BACILLARIOPHYTA</b>									
16	<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz	$\alpha$ - $\beta$	П	к	АЛ		+		
17	<i>Fragilaria capucina</i> Desm. var. <i>Capucina</i>	$\beta$ -0	П	к	АЛ	+	+	+	
18	<i>Melosira varians</i> Ag	$\beta$ -0	П	к	АЛ	+	+	+	
19	<i>Navicula cryptocephala</i> Kütz. var. <i>cryptocephala</i>	$\alpha$	Л	к	АЛ	+			+
20	<i>Navicula gracilis</i> Ehr.	0- $\beta$	Б	к	ИН				+
21	<i>Stauroneis anceps</i> Ehr. var. <i>anceps</i>	$\beta$	Л	к	ИН				+

CHAROPHYCEAE									
22	<i>Penium spirostriolatum</i>	-	П	к	Ал		+		
23	<i>Staurastrum cingulum</i> var. <i>obestum</i> G.M. Smith	$\beta$	П	к	Ал	+			
EUGLENOPHYTA									
24	<i>Phacus longicauda</i> (Ehr.) Duj.	$\beta$ - $\alpha$	Л	к	Ин		+		
CYANOPYTA									
25	<i>Anabaena flos-aquae</i> (Lyngb.) Breb	$\beta$	П	к	-			+	+
26	<i>Merismopedia elegans</i> A. Br.	$\beta$	П	к	Ин		+	+	
27	<i>Oscillatoria limosa</i> Ag. f. <i>limosa</i>	$\beta$ - $\alpha$	Л	к	Ал	+		+	
28	<i>Phormidium retzii</i> (C. Agardh) Kütz. ex Gomont	$\beta$	П	к	Ал				+

В озерах было найдено 28 видов водорослей, относящихся к 5 отделам (табл.1): 15 водорослей к отделу CHLOROPHYTA (53,6% от всех найденных водорослей), 6 водорослей к BACILLARIOPHYTA (21,4%), 2 водоросли к CHAROPHYCEAE (7,1%), 1 водоросль к EUGLENOPHYTA (3,6%) и 4 водоросли к CYANOPYTA (14,3%) (рис. 1).

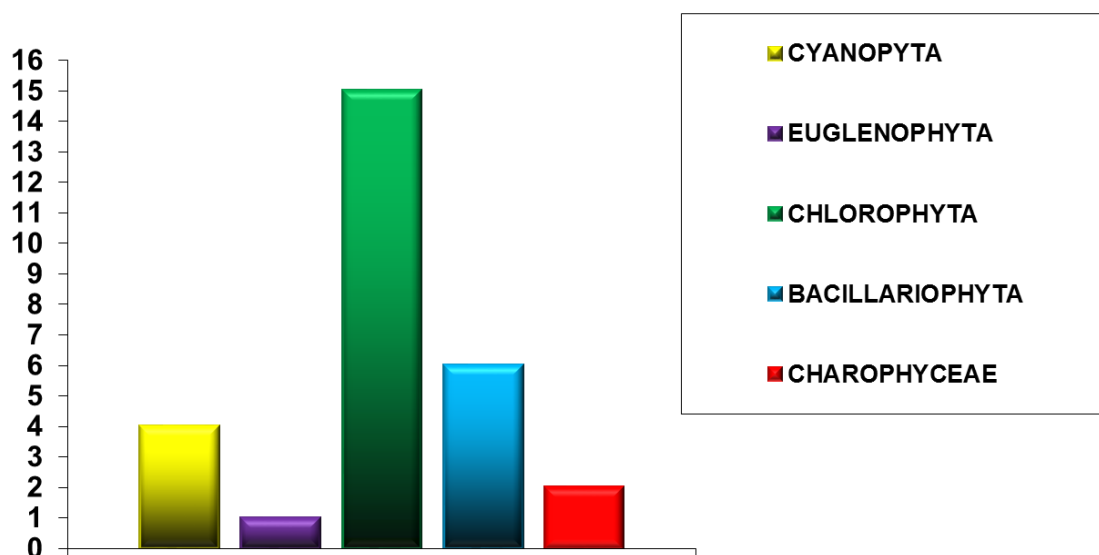


Рис. 1. Анализ численности водорослей по отделам.

Несмотря на малочисленный отбор проб и связанное с этим небольшое количество видов (7,15,8 и 11), можно отметить некоторые закономерности, указывающие на стабильность альгофлоры исследуемых озер. Так, во всех четырех случаях наиболее богатым видовым разнообразием отличается отдел Chlorophyta – 53,6%. Ядро альгофлоры

исследуемых озер наряду с зелеными составляют диатомовые (21,4%) и сине-зеленые (14,3 %) водоросли. Другие отделы представлены незначительно (рис. 2).

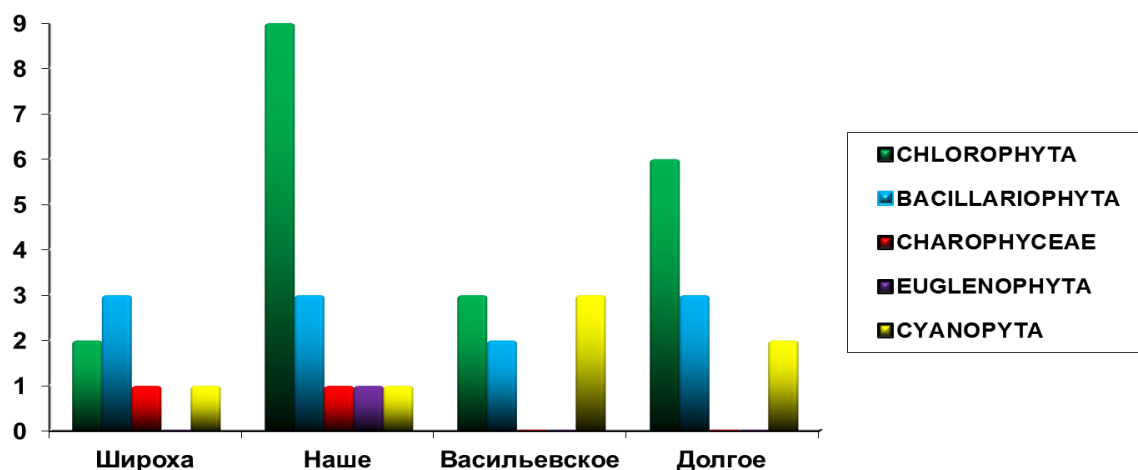


Рис. 2. Распределение видов водорослей по отделам

В озере Широха из всех найденных видов для 7 видов определена **сапробность**<sup>9</sup> (рис. 3). Из них олиго-бетосапробных 2 вида, бетосапробных 3 вида, альфа-бетосапробных 1 вид, альфасапробных 1 вид.

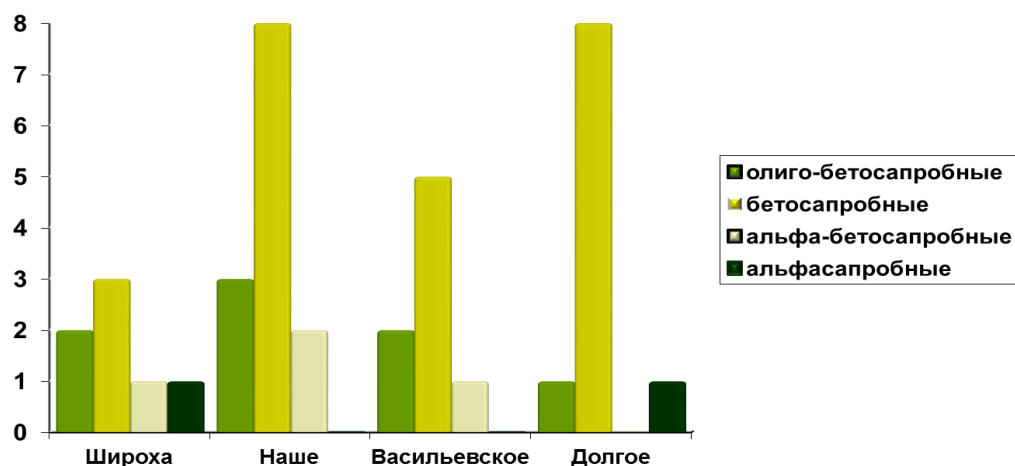


Рис. 3. Распределение видов водорослей по сапробности

В озере Наше из всех найденных видов для 13 видов определена сапробность - олиго-бетосапробных 2 вида, бетосапробных 8 видов, альфа-бетосапробных 2 вида, олигосапробных 1 вид. В озере Васильевское из 8 видов олиго-бетосапробных 2 вида, бетосапробных 5 видов, альфа-бетосапробных 1 вид. В озере Долгое из 10 видов олиго-бетосапробных 1 вид, бетосапробных 8 видов, альфа-бетосапробных 1 вид.

В озере Широха для всех найденных видов определено **место обитания** (рис. 4) – 5 водорослей относятся к планктонным, 2 к литоральным.

<sup>9</sup> Методические рекомендации по отбору, обработки и анализу гидробиологических проб воды и грунта/Сост. Г.И Фролова-М.: Лесная страна, 2008 стр 59

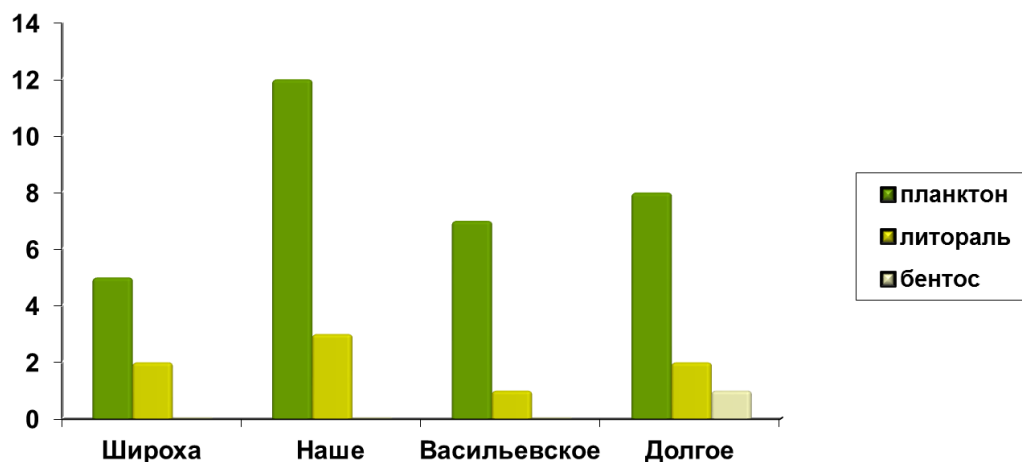


Рис. 4. Распределение видов водорослей по месту обитания

В озере Наше 12 водорослей относятся к планктонным, 3 к литоральным.

В озере Васильевское 7 водорослей относятся к планктонным, 1 к литоральным.

В озере Долгое 8 водорослей относятся к планктонным, 2 к литоральным, 1 к бентосным.

В озере Широха по распространению (рис. 5) все 7 видов – космополиты.

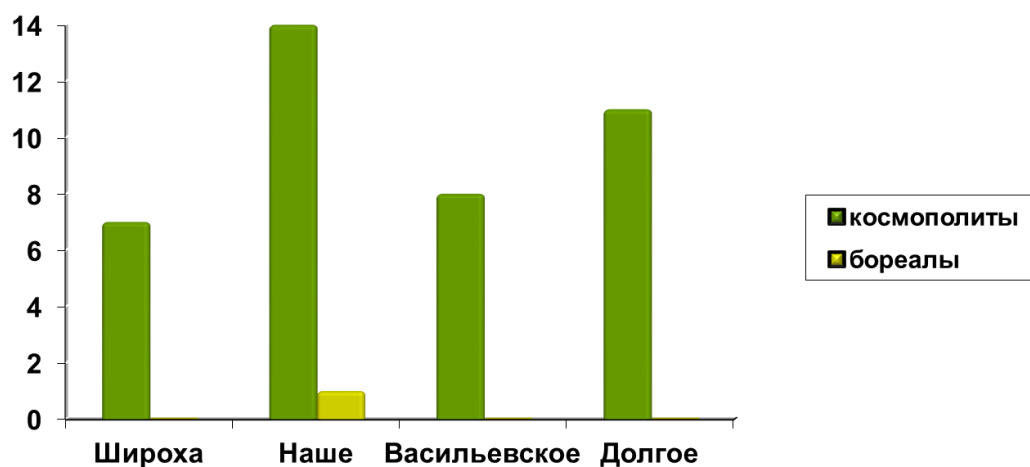


Рис. 5. Распределение видов водорослей по распространению

В озере Наше по распространению 14 видов – космополиты и 1 вид – бореал.

В озере Васильевское по распространению 8 видов – космополиты.

В озере Долгое по распространению 11 видов – космополиты.

Водоросли являются также хорошими индикаторами pH водной среды. В озере Широха по отношению к pH (рис. 6) - 6 видов алкафиллы+алкабионты.

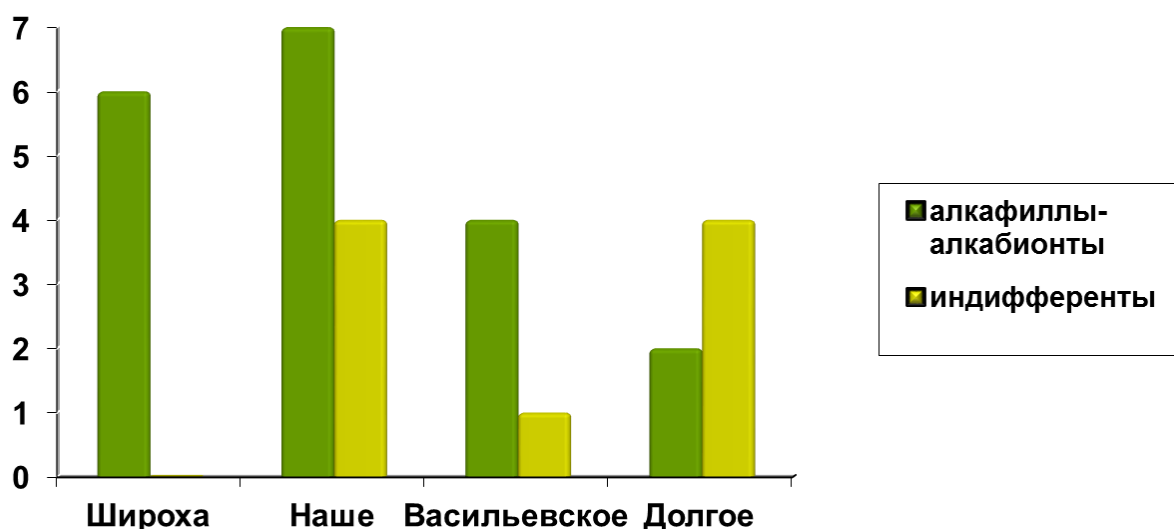


Рис. 6. Распределение видов водорослей по отношению к рН

В озере Наше по отношению к рН - 7 видов алкафиллы+алкабионты и 4 вида индифференты.

В озере Васильевское по отношению к рН - 4 вида алкафиллы+алкабионты и 1 вид индифференты.

В озере Долгое по отношению к рН - 2 видов алкафиллы+алкабионты и 4 вида индифференты

#### 4.3. Оценка трофического статуса озер по показателям автотрофного планктона

В озере Широха было обнаружено 7 видов водорослей (табл. 2). Из них 1 водоросль отдела CYANOPHYTA, 3 водоросли отдела BACILLARIOPHYTA, 1 водоросли отдела, 1 водоросль отдела CHAROPHYTA и 1 водоросль отдела CHLOROPHYTA.

Табл. 2 Водоросли, найденные в озере Широха.

№	Таксон/автор	Относительная частота встречаемости (%)	Частота встречаемости	Индекс сапробности	sh
<b>BACILLARIOPHYTA</b>					
1	<i>Fragilaria capucina</i> Desm. var. <i>Capucina</i>	1	1	1,5	1,5
2	<i>Melosira varians</i> Ag	1	1	1,5	1,5
3	<i>Navicula cryptocephala</i> Kütz. var. <i>cryptocephala</i>	1	1	3	3
<b>CHLOROPHYTA</b>					
4	<i>Oocystis borgey</i> Snow	1	1	2	2

5	Tetraedron incus (Teiling) G.M.Smith	1	1	2	2
CYANOPHYTA					
6	Oscillatoria limosa Ag. f. Limosa	1	1	2,5	6
CHAROPHYTA					
7	Staurastrum cingulum var. obestum G.M. Smith	1	1	2	2

*Индекс сапробности водорослей данной пробы равен 2,1:*

$$S = \frac{1,5+1,5+3+2+2+2,5+2}{7} = 2,1$$

Полученный индекс сапробности соответствует **β -мезосапробной зоне**. Качество воды водоема в пробе 3- **умеренно загрязненный**.

Соотношение валентностей следующее:  $\alpha : \beta : \beta : \alpha = 0:0,3:0,4:0,15:0,15$ .

Таким образом, изучаемый участок акватории относится к **β -мезосапробной зоне**.

Исходя из пробы можно сказать что озеро Широха чистое, но подвержено умеренному загрязнению.

В озере Наше было обнаружено 15 видов водорослей (табл. 3). Из них 1 водоросль отдела CYANOPHYTA, 3 водоросли отдела BACILLARIOPHYTA, 9 водорослей отдела CHLOROPHYTA, 1 водоросль отдела CHAROPHYCEAE и 1 водоросль отдела EUGLENOPHYTA.

**Табл. 3 Водоросли, найденные в озере Наше.**

№	Таксон/автор	Относительная частота встречаемости (%)	Частота встречаемости	Индекс сапробности	sh
BACILLARIOPHYTA					
1	Cyclotella meneghiniana Kütz	1	1	2,5	2,5
2	Fragilaria capucina Desm. var. Capucina	1	1	1,5	1,5
3	Melosira varians Ag	1	1	1,5	1,5
CHLOROPHYTA					
4	Botryococcus braunii	1	1	2	2
5	Chlorella ellipsoidea Gren	2	1	-	-

6	Coelastrum proboscidium Bohl. in Wittr. et Nordst.	1	1	1	1
7	Cosmarium subtumidum	1	1	2	2
8	Oocystis borgey Snow	1	1	2	2
9	Pediastrum duplex Meyen var. Duplex	1	1	2	2
10	Roya cambrica	1	1	2	2
CYANOPHYTA					
11	Merismopedia elegans A. Br.	1	1	2	2
CHAROPHYTA					
12	Penium spirostriolatum	1	1	-	-
EUGLENOPHYTA					
13	Phacus longicauda (Ehr.) Duj.	1	1	2,5	2,5

**Индекс сапробности водорослей данной пробы равен 1,667:**

$$S = \frac{2+1+2+2+2+2+2+2+2,5+1,5+1,5+2,5+2}{15} = 1,667$$

Полученный индекс сапробности соответствует **β -мезосапробной зоне**. Качество воды водоема в пробе 3- **умеренно загрязненный**.

Соотношение валентностей следующее: α : β : α-β : α = 0:0,15:0,6:0,15:0,1.

Таким образом, изучаемый участок акватории относится к **β -мезосапробной зоне**.

В пробах озера Васильевское было обнаружено 8 видов водорослей (табл. 4). Из них 3 водоросли отдела CYANOPHYTA, 2 водорослей отдела BACILLARIOPHYTA и 3 водоросли отдела CHLOROPHYTA.

**Табл. 4 Водоросли, найденные в озере Васильевское**

№	Таксон/автор	Относительная частота встречаемости (%)	Частота встречаемости	Индекс сапробности	sh
BACILLARIOPHYTA					
1	Fragilaria capucina Desm. var. Capucina	1	1	1,5	1,5
2	Melosira varians Ag.	1	1	1,5	1,5

CHLOROPHYTA					
3	Dictyosphaerium pulchellum Wood.var. Pulchellum	1	1	2	2
4	Pediastrum boryanum (Turp.) Menegh var. Boryanum	2	1	2	2
5	Roya cambrica	2	1	2	2
CYANOPHYTA					
6	Anabaena flos-aquae (Lyngb.) Breb	2	1	2	2
7	Merismopedia elegans A. Br.	1	1	2	2
8	Oscillatoria limosa Ag. f. Limosa	1	1	2,5	2,5

**Индекс сапробности водорослей данной пробы равен 2 :**

$$S = \frac{2+2+2+2+2+2,5+1,5+1,5}{8} = 2$$

Полученный индекс сапробности соответствует **β -мезосапробной зоне**. Качество воды водоема в пробе 3- **умеренно загрязненный**.

Соотношение валентностей следующее:  $\alpha : \beta : \alpha = 0:0,25:0,125:0$ .

Таким образом, изучаемый участок акватории является переходящим от **олигосапробной к β -мезосапробной зоне**.

В пробах озера Долгое было обнаружено 11 видов водорослей (табл. 5). Из них 2 водоросли отдела CYANOPHYTA, 3 водоросли отдела BACILLARIOPHYTA и 6 водорослей отдела CHLOROPHYTA.

**Табл. 5 Водоросли, найденные в пробах озера Долгое**

№	Таксон/автор	Относительная частота встречаемости (%)	Частота встречаемости	Индекс сапробности	sh
BACILLARIOPHYTA					
1	Navicula cryptocephala Kütz. var. cryptocephala	1	1	3	3
2	Navicula gracilis Ehr.	1	1	1,5	1,5
3	Stauroneis anceps Ehr. var. anceps	1	1	2	2
CHLOROPHYTA					
4	Coelastrum microporum Naeg.	1	1	2	2

5	Cosmarium subtumidum	1	1	2	2
6	Crucigenia quadrata Morren	1	1	-	-
7	Oocystis borgey Snow	2	1	2	2
8	Roya cambrica	2	1	2	2
9	Xanthidium armature	1	1	2	2
CYANOPHYTA					
10	Anabaena flos-aquae (Lyngb.) Breb	2	1	2	2
11	Phormidium retzii (C. Agardh) Kütz. ex Gomont	1	1	2	2

**Индекс сапробности водорослей данной пробы равен 2,05:**

$$S = \frac{2+2+2+2+2+2+2+3+1,5+2}{10} = 2,05$$

Полученный индекс сапробности соответствует **β -мезосапробной зоне**. Качество воды водоема в пробе 3- **умеренно загрязнённая**.

Соотношение валентностей следующее:  $\alpha - \beta : \beta : \alpha = 0:0,8:0,1:0,1$

Таким образом, изучаемый участок акватории относится **β – мезосапробной зоне**.

В растительном планктоне озёр по численности выделяются зеленые, диатомовые и синезеленые водоросли (CHLOROPHYTA, BACILLARIOPHYTA, CYANOPYTA). Таким образом, в озёрах формируется диатомово-протококковый комплекс (диатомовые водоросли составляют ядро альгофлоры). Полученные данные говорят о значительном участии сапрофитных организмов, к которым следует относить диатомовые водоросли. По-видимому, способность большинства из них обитать в условиях умеренно-жесткой химической среды обеспечивает им высокую конкурентоспособность.

В фитопланктоне озёр: Широха, Наше, Василье, Долгое определены виды, приуроченные к различным биоценозам и жизненным формам водоемов (планктон, литораль, бентос), а также отмечены виды характерные для нескольких биоценозов (планктон – перифитон).

Результаты распределения видов водорослей по условиям кислотности среды показали доминирование группы алкафиллов-алкабионтов.

Сапробность воды находится в пределах от **1,667** до **2,1**, что соответствует **β – мезосапробной зоне (1,5-2,5)**, класс качества воды **III**, что соответствует умеренно-загрязненному качеству воды.

#### 4.4. Сравнение альгофлоры озёр.

Согласно биологическим показателям исследованные озера располагаются по степени убывания: Широха ( $\beta$  -мезосапробное – 2,1) —► Долгое ( $\beta$  -мезосапробное – 2,05) —► Васильевское ( $\beta$  –мезосапробное - 2) —► Наше ( $\beta$  –мезосапробное – 1,667).

Для определения видового сходства были определены коэффициенты для каждой пары озера. В работе использовался коэффициент Жаккара:

$$K_J = \frac{c}{a + b - c}$$

где а — количество видов на первой пробной площадке,

в — количество видов на второй пробной площадке,

с — количество видов, общих для 1-й и 2-й площадок.

$$K_{\text{Широха-Наше}} = 3/7+15-3 = 0,16$$

$$K_{\text{Широха-Васильевское}} = 3/7+8-3=0,25$$

$$K_{\text{Широха-Долгое}} = 2/7+11-2=0,125$$

$$K_{\text{Наше-Васильевское}} = 4/15+8-4=0,21$$

$$K_{\text{Наше-Долгое}} = 3/15+11-3= 0,13$$

$$K_{\text{Васильевское-Долгое}} = 2/8+11-2= 0,12$$

Как показывают вычисления, коэффициент сходства достаточно низкий. То есть альгофлора озера очень сильно отличается. Это может быть вызвано рядом причин.

Во-первых, озера пока изучены не достаточно. Здесь обработаны только немногочисленные пробы, собранные в летний период. Возможно, этим объясняется бедность видового состава альгофлоры водоемов данной территории.

Во-вторых, озера гидрологически не связаны и альгофлора в каждом озере формировалась самостоятельно.

Для всех озера выявлены виды, которые встречаются только в одном озере: в озере Широха *Tetraedron incus* и *Staurastrum cingulum*, в озере Наше - *Botryococcus braunii*, *Chlorella ellipsoidea*, *Coelastrum proboscidium*, *Pediastrum duplex*, *Scenedesmus quadricauda*, *Stigeoclonium tenue*, *Cyclotella meneghiniana*, *Penium spirostriolatum*, *Phacus longicauda*, в озере Васильевское - *Dictyosphaerium pulchellum* и *Pediastrum boryanum*, в озере Долгое - *Coelastrum microporum*, *Crucigenia quadrata*, *Navicula gracilis*, *Xanthidium armature*, *Stauroneis anceps*, *Phormidium retzii*.

## 5. Выводы

1. В озерах было найдено 28 видов водорослей, относящихся к 5 отделам: 15 водорослей к отделу CHLOROPHYTA (53,6% от всех найденных водорослей), 6 водорослей к BACILLARIOPHYTA (21,4%), 2 водоросли к CHAROPHYCEAE (7,1%), 1 водоросль к EUGLENOPHYTA (3,6%) и 4 водоросли к CYANOPHYTA (14,3%)
2. По численности выделяются зеленые, диатомовые и синезеленые водоросли (CHLOROPHYTA, BACILLARIOPHYTA, CYANOPHYTA). Таким образом, в озёрах формируется диатомово-протококковый комплекс (диатомовые водоросли составляют ядро альгофлоры).
3. В фитопланктоне озёр: Широха, Наше, Васильевское, Долгое определены виды, приуроченные к различным биоценозам и жизненным формам водоемов (планктон, литораль, бентос).
4. По географической характеристике во всех озерах преобладают космополитные виды водорослей (96 %).
5. Во всех изученных озерах по числу видов лидируют группы алкафилов-алкабионтов (12 видов) и индифферентов (7 видов).
6. Сапробность воды находится в пределах от 1,667 до 2,1, что соответствует  $\beta$  – мезосапробной зоне (1,5-2,5), класс качества воды III, что соответствует умеренно-загрязненному качеству воды. Согласно биологическим показателям исследованные озера располагаются по степени убывания: Широха ( $\beta$  -мезосапробное – 2,1) —► Долгое ( $\beta$  -мезосапробное – 2,05) —► Васильевское ( $\beta$  –мезосапробное - 2) —► Наше ( $\beta$  – мезосапробное – 1,667).
7. Коэффициент сходства альгофлоры озер достаточно низкий. То есть видовое разнообразие водорослей озер очень сильно отличается. Это может быть вызвано рядом причин.

## Заключение

Настоящая работа подводит некоторый итог исследования таксономического состава и экологии альгофлоры ледниковых озер Меленковского района.

Принимая во внимание факт неравномерности альгологических исследований на территории Меленковского района, представляется целесообразным продолжение мониторинговых наблюдений с целью дальнейшего изучения видового разнообразия и инвентаризации альгофлоры водоемов, как фоновых, так и подверженных основным видам антропогенного воздействия (эвтрофирование, ацидификация, минерализация и др.).

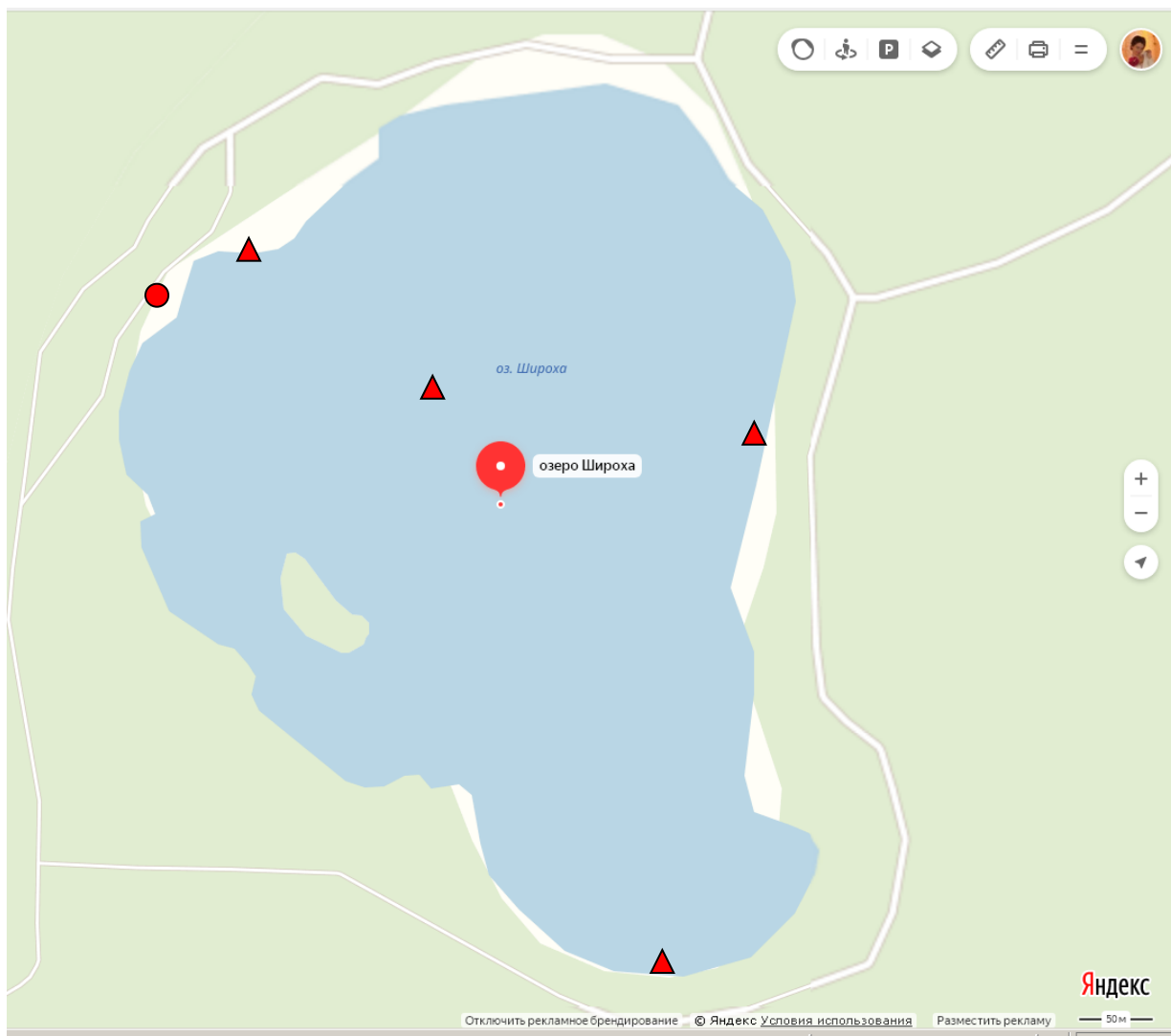
### Список используемой литературы

- 1.Алехин В.В. Методика полевого изучения растительности и флоры М., 1993
- 2.Бабенко В.Г., Зайцева Е.Ю., Пахневич А.В., Савинов И.А. Биология: материалы к урокам-экскурсиям. - М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2002.
- 3.Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: учеб. пособие для студентов высш. учеб заведений / О.П.Мелехова, Е.И. Сарапульцева, Т.И Евсеева и др. – М.: Издательский центр «Академия», 2008.
- 4.Гусева Т.В. и др. как организовать общественный экологический мониторинг / Под ред. М.В.Хотулевой.- СоЭС, 1998
- 5.Гуревич А.А. Пресноводные водоросли (Определитель). М.: "Просвещение": 1966
- 6.Ефремов А.В., Корсаков И.Е., Успенский Н.А., Скибин П.Е. «География Владимирской области» стр. 32 – 35
- 7.Комплексная экологическая практика школьников и студентов. Программы. Методики. Оснащение. Учебно-методическое пособие. Под редакцией проф. Коробейниковой Л.А. Изд.3-е, перераб. и дополн. — СПб: Кримас+, 2002.
- 8.Левицкая А.И., Карлович И.А., Карлович И.Е.. «География Владимирской области. Природа». - ООО ВОГТ.
- 9.Муравьев А.Г. «Руководство по определению показателей качества воды полевыми методами» - АО «Кримас<sup>+</sup>», Санкт-Петербург. 1998
10. Методические рекомендации по отбору, обработке и анализу гидробиологических проб воды и грунта/Сост. Г.И Фролова-М.: Лесная страна, 2008
11. Наumenко М.А. Эвтрофирование озёр и водохранилищ. Учебное пособие - СПб.: изд. РГГМУ, 2007.
12. Романов А.А., Левицкая А.И., Смолина Т.Д. «География Владимирской области»
13. Экологический мониторинг: Учебно-методическое пособие. / Под ред. Т.Я. Ашихминой. М.: Академический Проект. 3-е изд., испр. и доп. - М.: 2006

### Интернет-ресурсы.

1. <http://zemplj.ru/obrazovanie-ozyor.html> «Озера»
2. <http://zemplj.ru/obrazovanie-ozyor.html> «Образование озер»
3. <http://geography.kz/?p=1338> «Озеро»
4. <http://www.ugrasu.ru/faculties/nature/departments/ecol/mpubl/documents/Geobotanika.doc>
5. <http://www.town33.ru/stati/stat2pamprirodi.html>
6. Научная библиотека диссертаций и авторефератов disserCat  
<http://www.dissercat.com/content/avtotrofnyi-plankton-kak-pokazatel-stepeni-evtrofirovaniya-na-primere-raznotipnykh-ozer-resp#ixzz5V1CmBasD>

**Карты озёр  
Озеро Широха**



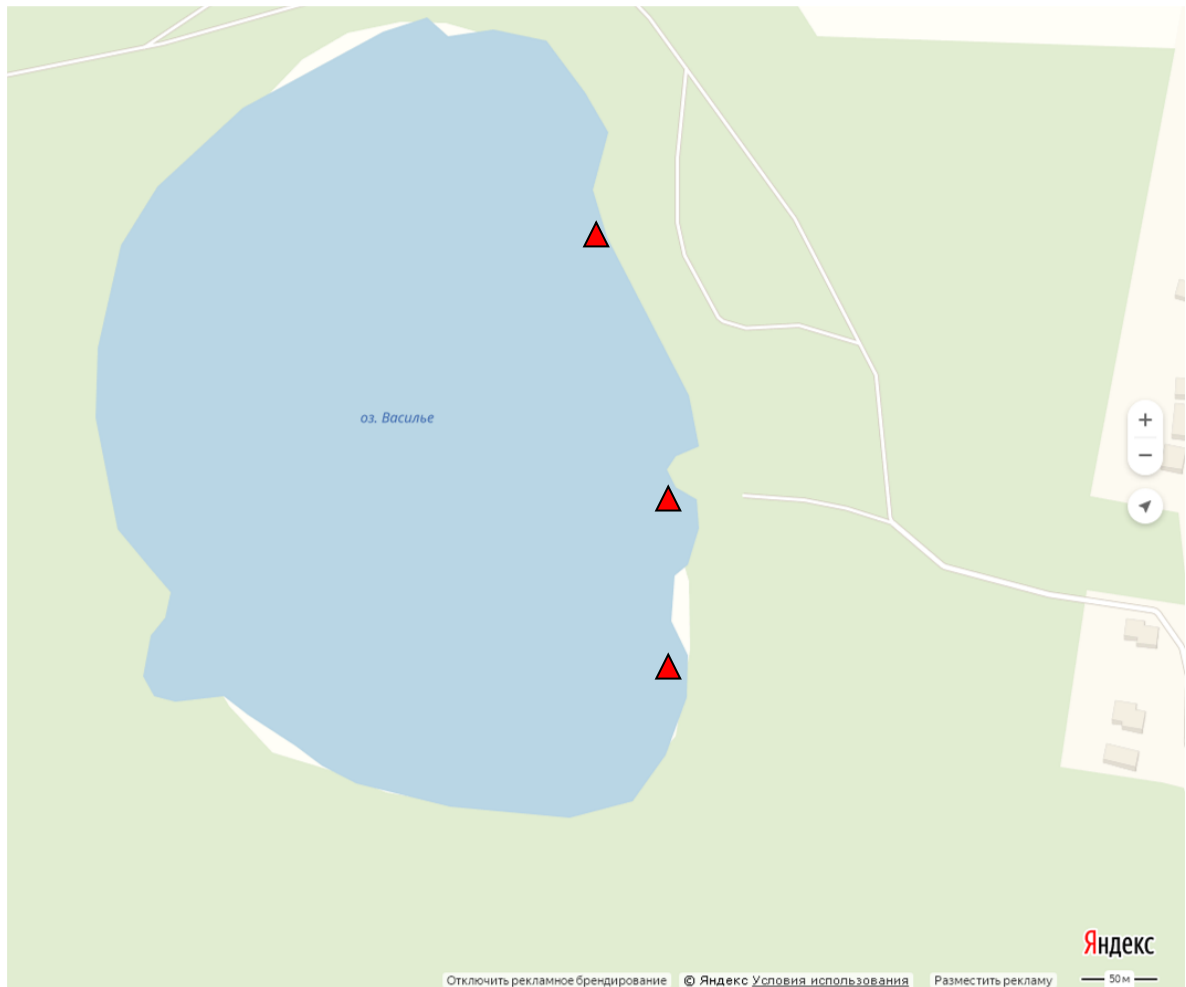
- **стоянка**
- ▲ **места взятия проб**

## *Озеро Наше*



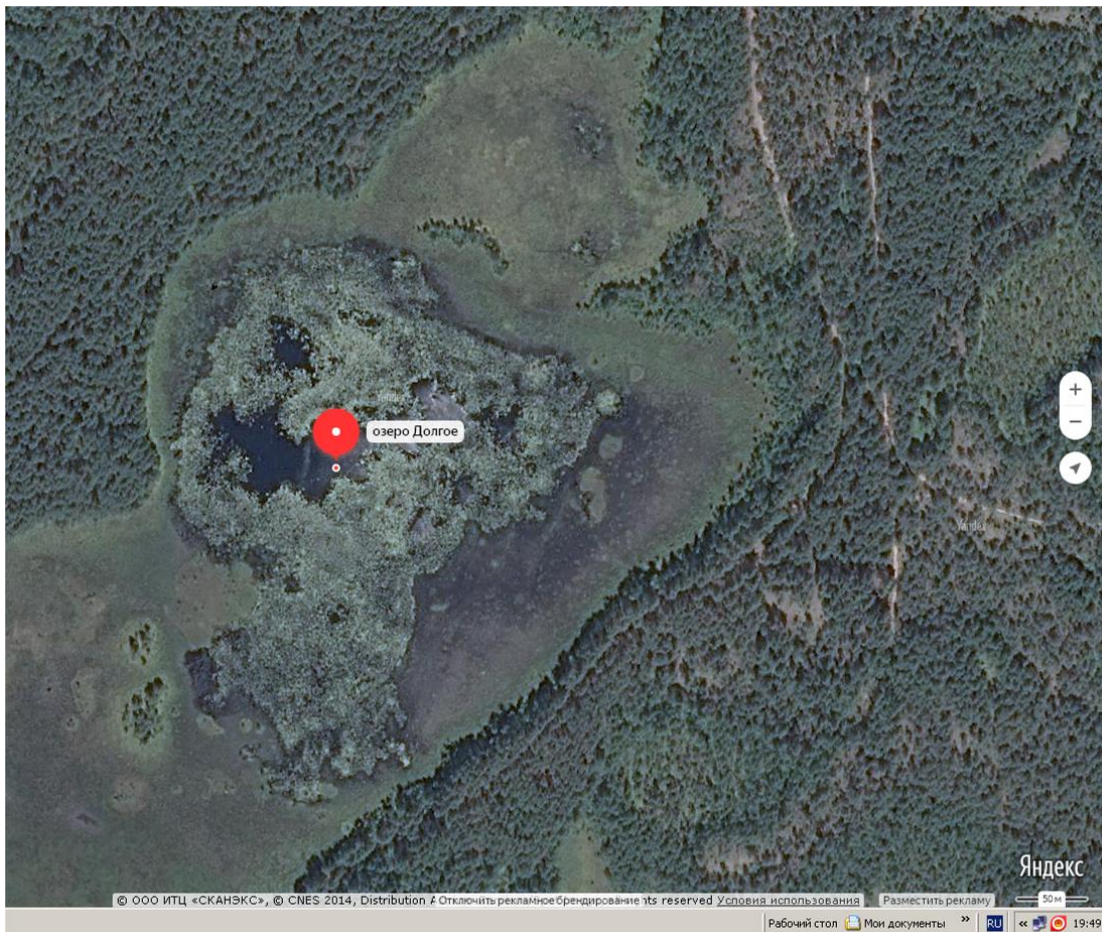
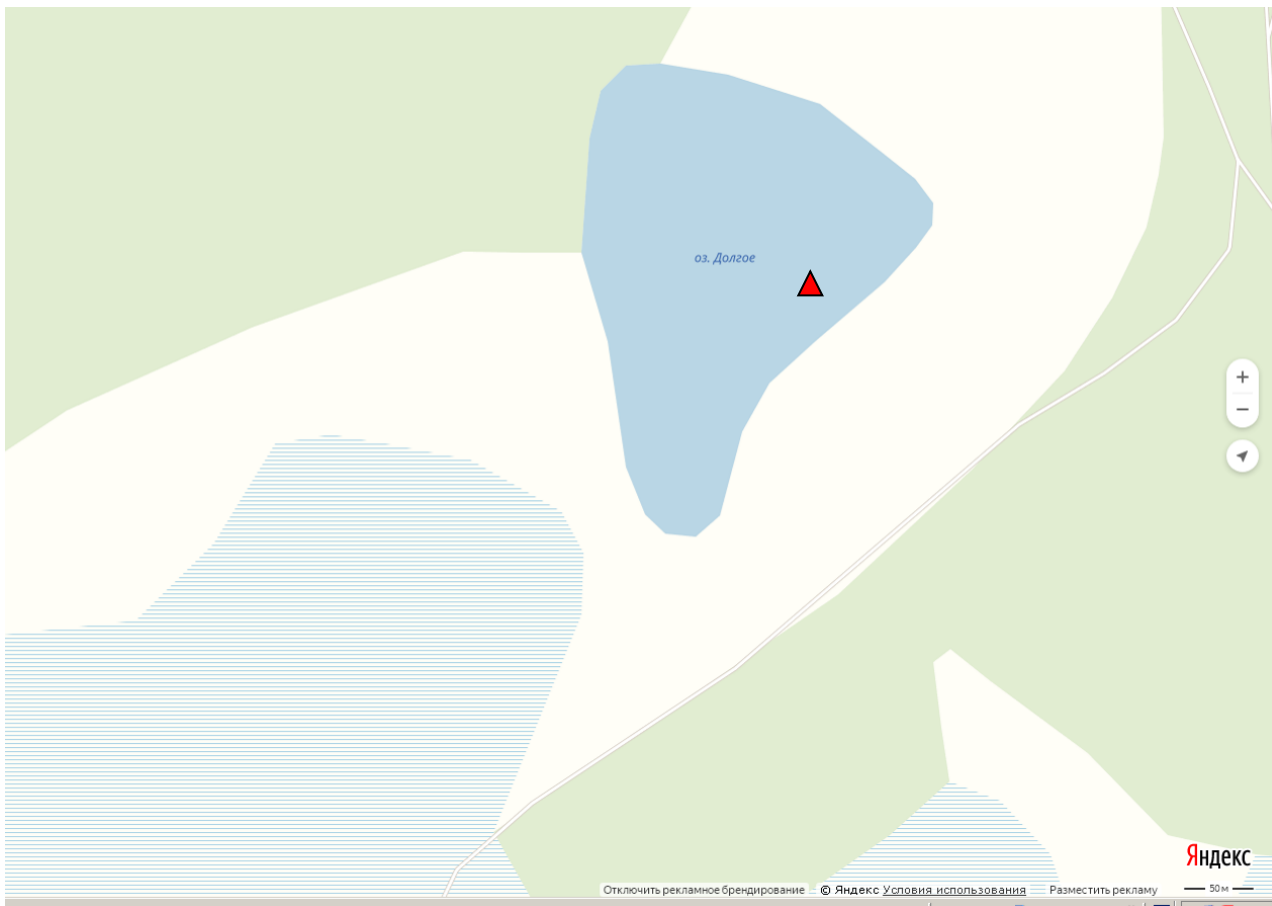
**▲ места взятия проб**

## *Озеро Васильевское*



**▲ места взятия проб**

# Озеро Долгое



**Альгофлора озер**

**Озеро Широха**

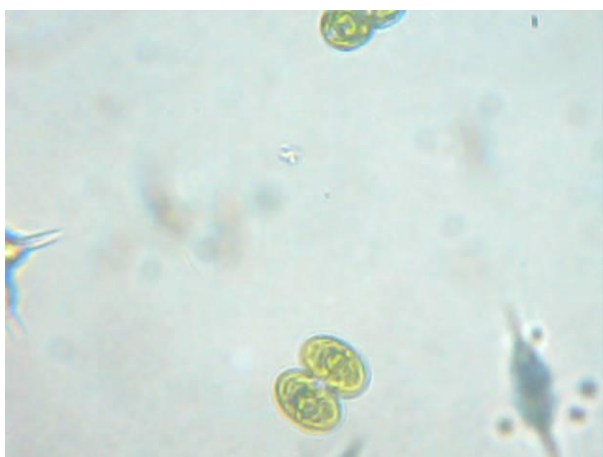
*Oscillatoria limosa* Ag. f. *Limosa* CYANOPHYTA



*Fragilaria capucina* Desm. var. *Capucina* BACILLARIOPHYTA

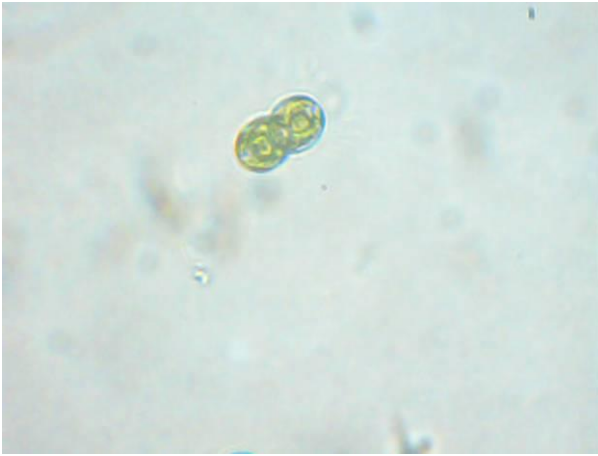


*Oocystis borgey* Snow CHLOROPHYTA

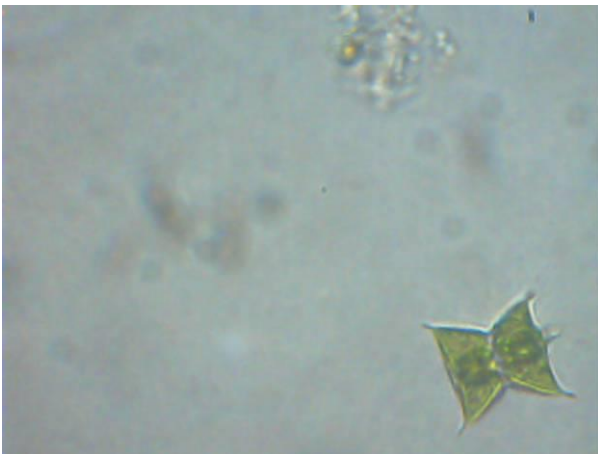


*Navicula cryptocephala* Kütz. var.  
*cryptocephala*

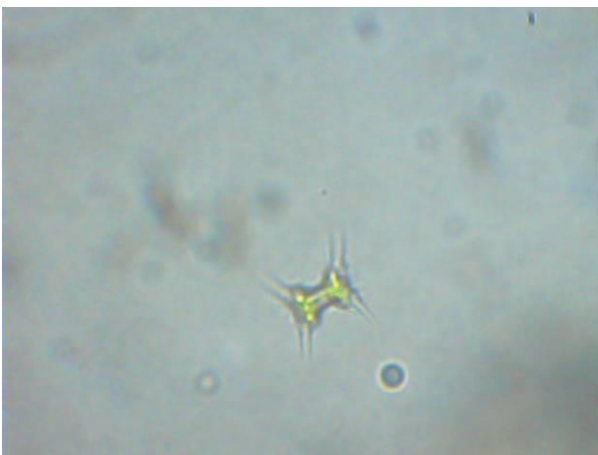
BACILLARIOPHYTA



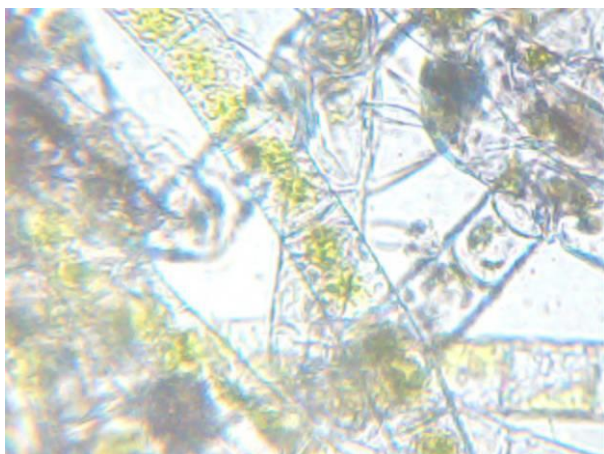
*Tetraedron incus* (Teiling) G.M.Smith CHLOROPHYTA



*Staurastrum cingulum* var. *obestum* G.M. Smith. CHAROPHYTA



*Melosira varians* Ag BACILLARIOPHYTA



### Озеро Наше

*Coelastrum proboscidium* Bohl. in Wittr. et Nordst. CHLOROPHYTA

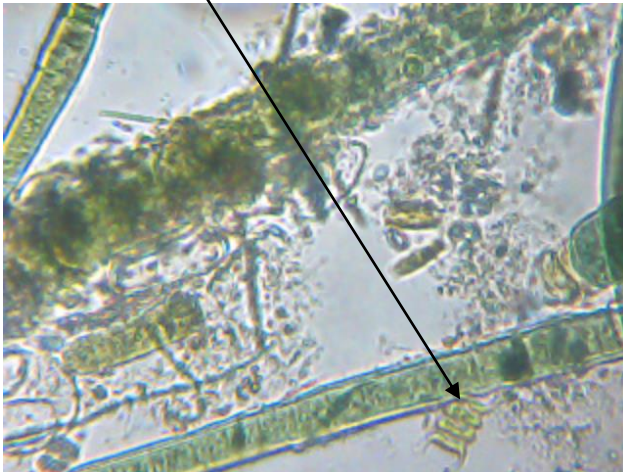


*Fragilaria capucina* Desm. var. *Capucina* BACILLARIOPHYTA

*Melosira varians* Ag. BACILLARIOPHYTA



*Scenedesmus quadricauda* Breb. var. *Quadricauda* CHLOROPHYTA



*Chlorella ellipsoidea* Gren. CHLOROPHYTA

*Cosmarium subtumidum* CHLOROPHYTA



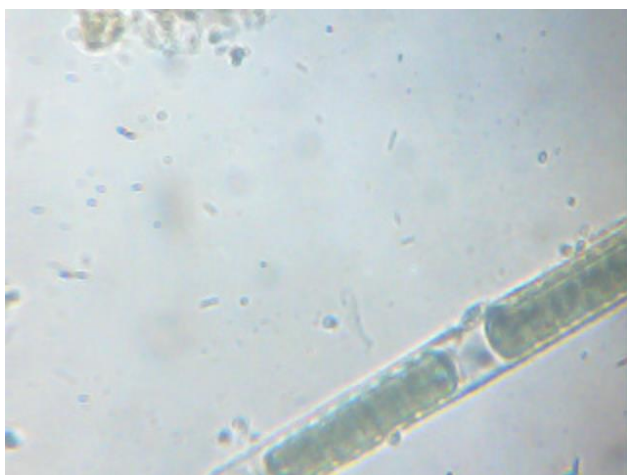
*Penium spirostriolatum* CHAROPHYCEAE



*Stigeoclonium tenue* (Ag.) Kütz. CHLOROPHYTA



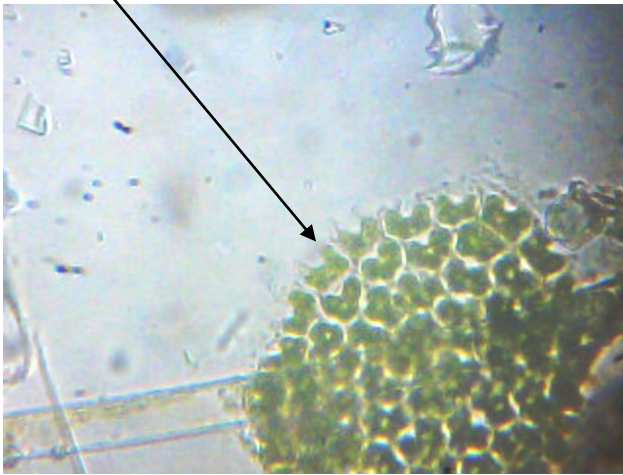
*Stigeoclonium tenue* (Ag.) Kütz. CHLOROPHYTA



*Phacus longicauda* (Ehr.) Duj. EUGLENOPHYTA



*Pediastrum duplex* Meyen var. *Duplex*



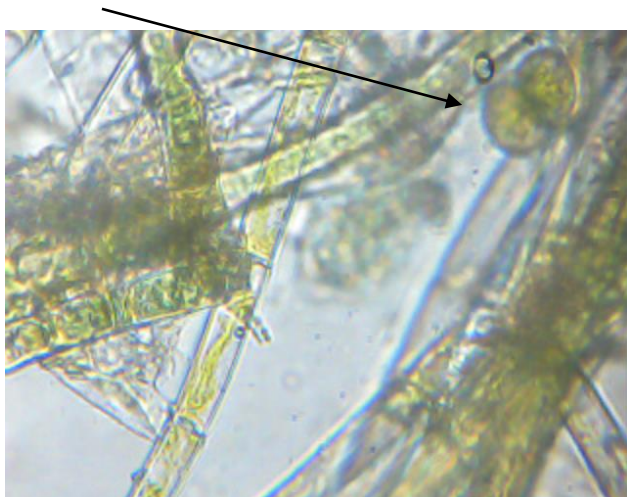
*Roya cambrica*, CHLOROPHYTA



*Merismopedia elegans* A. Br.



*Oocystis borgey* Snow CHLOROPHYTA

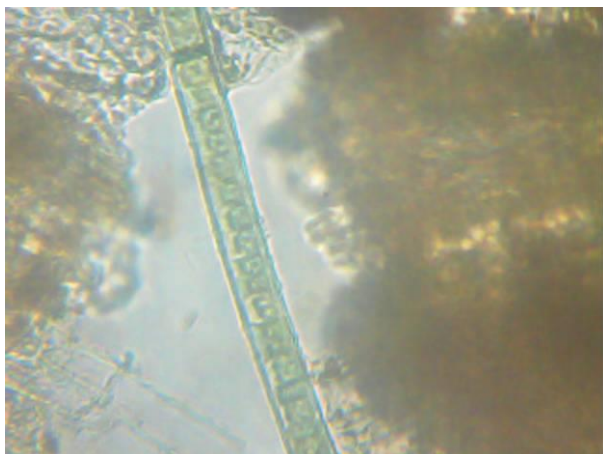


*Botryococcus braunii* CHLOROPHYTA

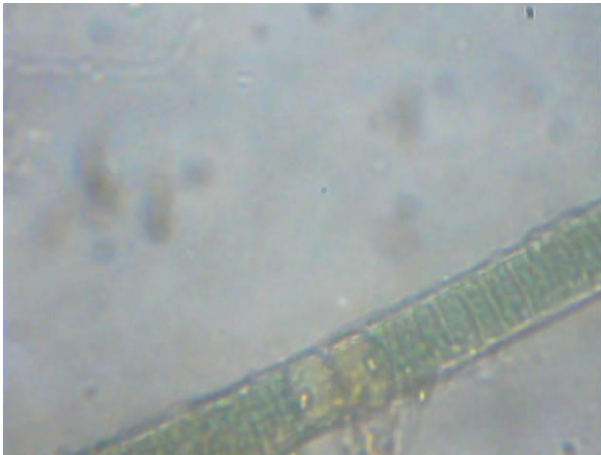


## Озеро Василье

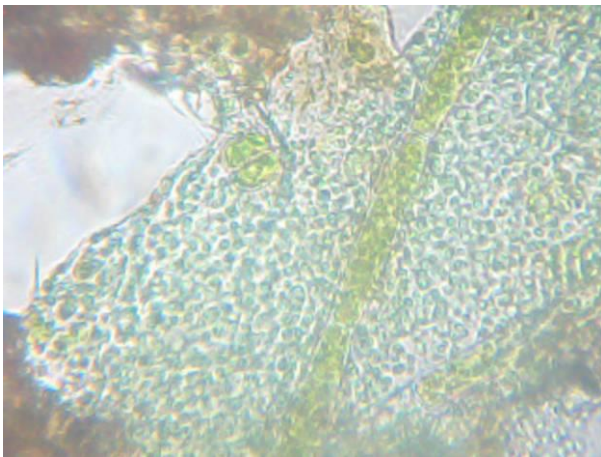
*Anabaena flos-aquae* (Lyngb.) Breb CYANOPYTA



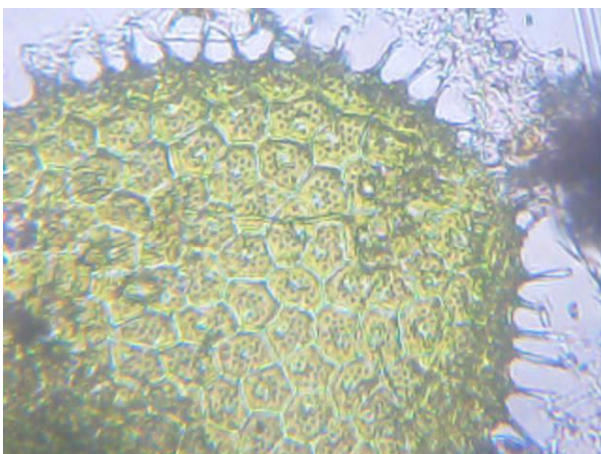
*Fragilaria capucina* Desm. var. *Capucina* BACILLARIOPHYTA



*Merismopedia elegans* A. Br.



*Pediastrum boryanum* (Turp.) Menegh  
var. *Boryanum* CHLOROPHYTA



*Oscillatoria limosa* Ag. f. *limosa*



*Melosira varians* Ag. BACILLARIOPHYTA



*Dictyosphaerium pulchellum* Wood.  
var. *pulchellum* CHLOROPHYTA

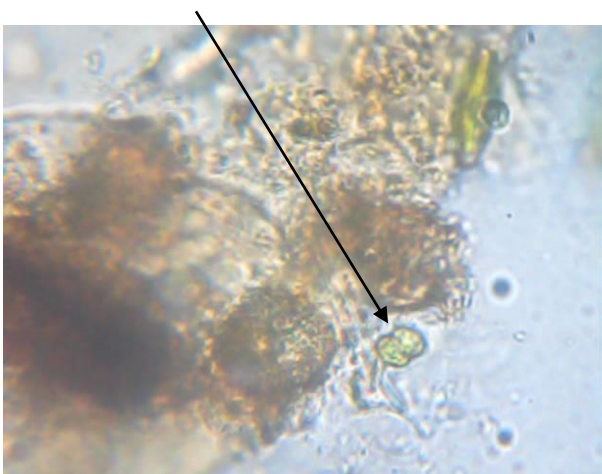


Roya cambrica, CHLOROPHYTA

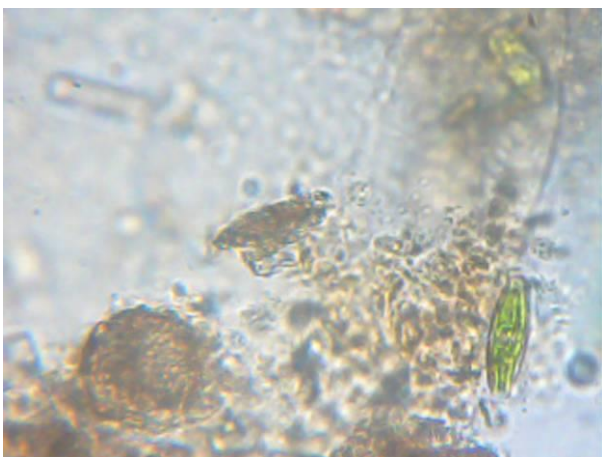


*Озеро Долгое*

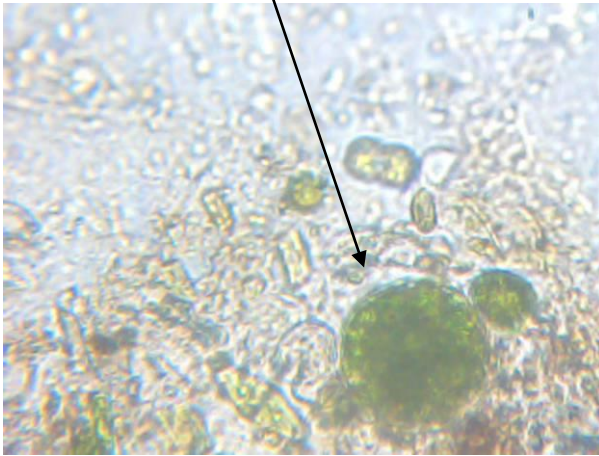
*Oocystis borgey* Snow CHLOROPHYTA



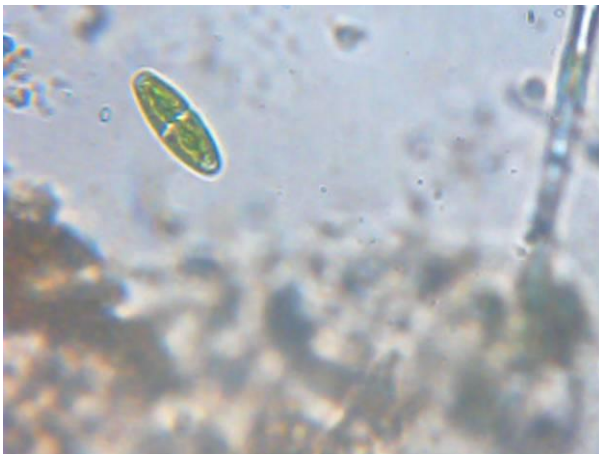
*Navicula gracilis* Ehr. BACILLARIOPHYTA



*Navicula cryptocephala* Kütz. var. *cryptocephala* BACILLARIOPHYTA



*Stauroneis anceps* Ehr. var. *anceps* BACILLARIOPHYTA



*Anabaena flos-aquae* (Lyngb.) Breb CYANOPYTA

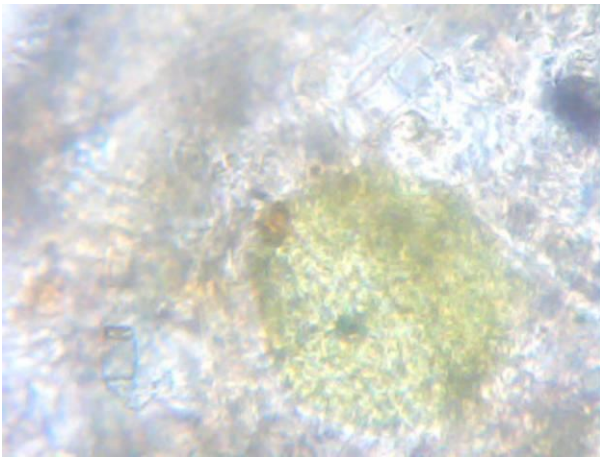
*Roya cambrica*, CHLOROPHYTA



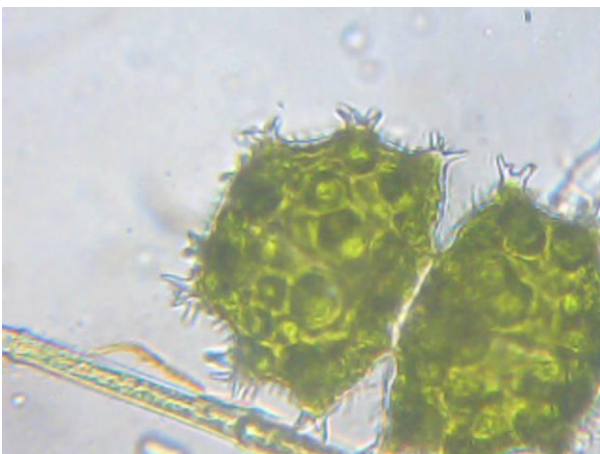
*Phormidium retzii* (C. Agardh) Kütz. ex Gomont CYANOPYTA



*Crucigenia quadrata* Morren. CHLOROPHYTA



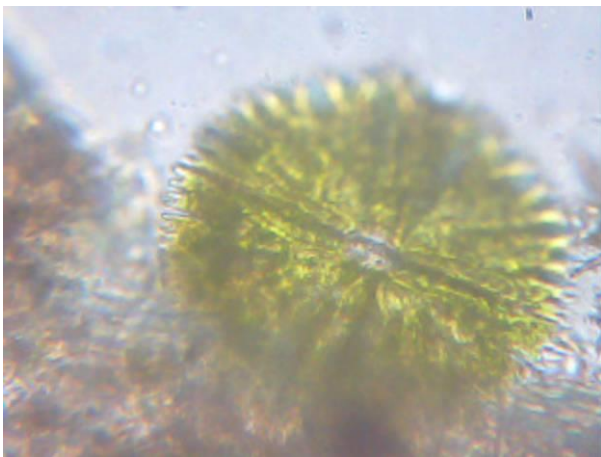
*Xanthidium armatur* CHLOROPHYTA



*Coelastrum microporum* Naeg. CHLOROPHYTA



*Cosmarium subtumidum* CHLOROPHYTA



Некоторые наиболее распространенных видов водорослей

(Экологический мониторинг: учебно-методическое пособие. Под ред. Т.Я. Ашихминой)

*Полисапробные водоросли:*

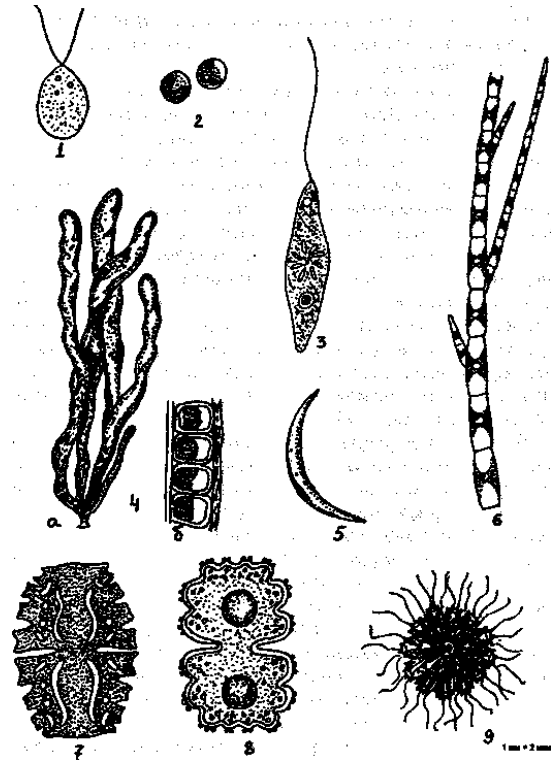
- 1 — политома,
- 2 — хлорелла,
- 3 — эвглена зеленая

*Альфа-мезосапробные:*

- 4 — энтороморфа (кишечница),
- 5 — монарафидиум,
- 6 — стигеоклониум тонкий

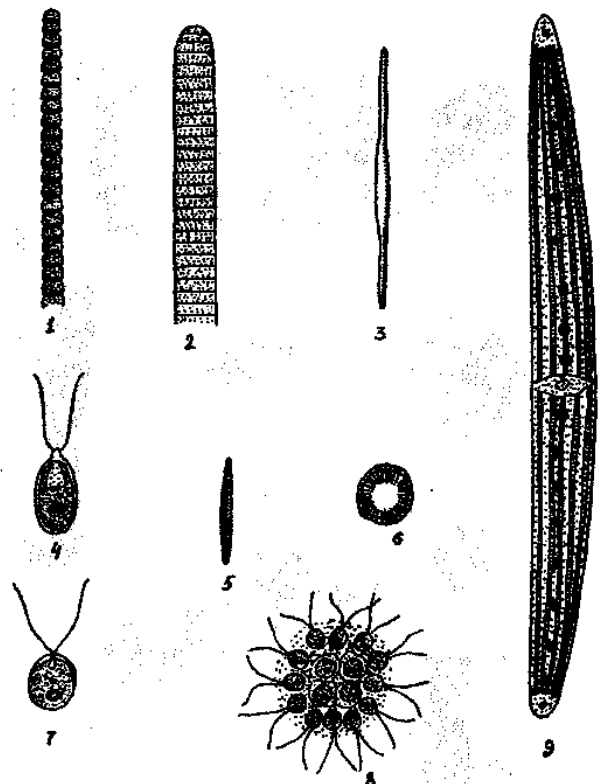
*Олигосапробные:*

- 7 — микростериас,
- 8 — космариум,
- 9 — синура



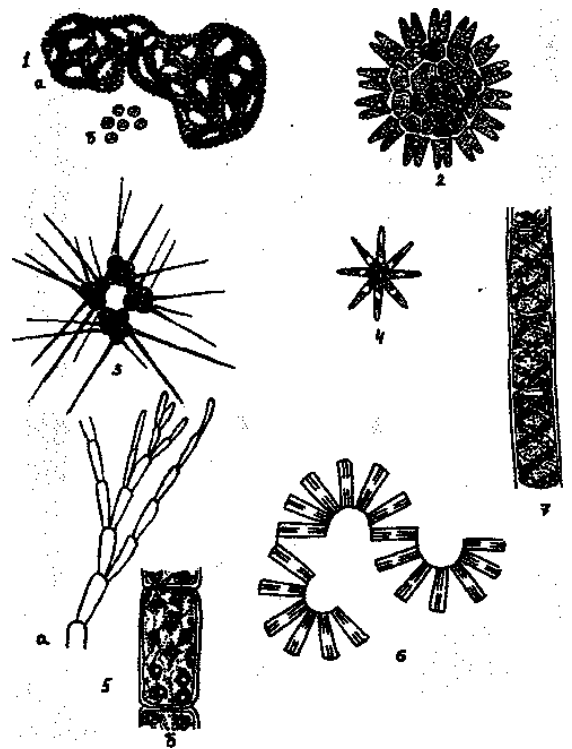
*Альфа-мезосапробные водоросли:*

- 1 — осциллятория короткая,
- 2 — осциллятория выдающаяся,
- 3 — нитцшия игловидная, 4 — хламидомонас,
- 5 — нитцшия пленочная,
- 6 — циклотелламенегини,
- 7 — хламидомонас атактогамный,
- 8 — гониум пекторальный,
- 9 — кластериум игольчатый



*Бета-мезосапробные водоросли:*

- 1 — микроцистис синеваго-зеленый,
- 2 — педиастриум,
- 3 — микратиниум,
- 4 — актинаструм,
- 5а — кладофора (общий вид),
- 5б — кладофора — одна клетка,
- 6 — табелария,
- 7 — спиригира



*Бета-мезосапробные водоросли:*

- 1 — мелозира зернистая,
- 2 — мелозира итальянская,
- 3 — диатома обыкновенная,
- 4 — фагилария,
- 5 — синедра игольчатая,
- 6 — астрионелла стройная,
- 7 — сценедесмус четыреххвостый

