

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение
"Лицей №6 им. академика Г. Н. Флерова»

Отделение дополнительного образования ЧОУ СОШ Полис-
Лицей «Биостанция Дубна»

ФИТОБЕНТОС РЕКИ ВОЛГИ В РАЙОНЕ ГОРОДА ДУБНЫ

Автор:

Лаптев Сергей,
8 ЛА класс

Руководитель:

К.б.н., педагог доп.
образования ЧОУ СОШ
«Полис-Лицей»
Лаптева Т.А.

город Дубна
2021 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Обзор литературы	4
1.1. Экологические группы водных организмов	4
1.1.1 Классификация гидробионтов в зависимости от обитания в толще воды	4
1.1.2 Классификация организмов в зависимости от их приспособленности к разным факторам среды	4
1.2 Биоиндикация экосистем	6
2 Методы исследования	7
3.Результаты	8
3.1 Описание мест сбора образцов	8
3.2. Видовой состав фитобентоса р.Волги в черте Дубны	9
3.3. Биоиндикация воды р. Волги по фитобентосу	12
Выводы и заключение	15
Список использованной литературы	16
Приложение 1 Места сбора образцов фитобентоса	17
Приложение 2. Фотографии бентосных микроводорослей	19

ВВЕДЕНИЕ

Водная экосистема представляет собой единство среды и обитающих в ней организмов. Она формируется под действием и в результате процессов, протекающих на бассейне водосбора и на протяжении всего русла реки. Химический анализ, поэлементно оценивая среду обитания, лишь косвенно может указывать факторы, оказывающие влияние на экосистему или являющиеся результатом ее жизнедеятельности. Поэтому особую актуальность приобретают работы по оценке качества водной среды с помощью биоиндикации.

Самым существенным звеном в методах биоиндикации водных экосистем является видовой состав сообществ водорослей, населяющих тот или иной водоем. Самой распространенной группой, используемой для этих целей, является фитопланктон. Однако не стоит забывать, что концентрирование веществ, как биогенных, так и загрязняющих, а также их разложение и детоксикация происходят, главным образом, в бентосе. Поэтому эта экологическая группа организмов напрямую связана с состоянием водоемов. Применение зообентоса в качестве биоиндикаторов широко распространено, но работ, посвященных исследованию фитобентоса не достаточно. Фитобентос – это растения, обитающие в донных слоях водоёмов. Различают макро- и микрофитобентос. К первой группе относятся высшие водные растения, ко второй - различные виды водорослей и цианопрокариоты. Именно микрофитобентос являлся *предметом* нашего исследования.

Мы высказали *гипотезу*, что качественный и количественный состав микрофитобентоса в верховьях реки Волги и в оз. Селигер будут различаться из-за различного уровня загрязнения этих водоемов.

Целью работы было:

Провести сравнительный анализ уровень органического загрязнения оз. Селигер ,в районе д. Светлица , и р. Волга , в районе г. Дубна путем биоиндикации.

Задачи :

1. Изучить органолептические свойства грунтов на разных глубинах русла р. Волги
2. Изучить динамику видового состава микрофитобентоса в р. Волга (г. Дубна) в течение весенне-летнего периода
3. Определить видовой состав микрофитобентоса оз. Селигер (д. Светлица).
4. Рассчитать индекс Пантле-Бука для этих водоёмов
5. Определить уровень сапрбности этих водоемов.

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Экологические группы водных организмов

В водной среде обитает очень большое количество разнообразных организмов. Существует очень много способов классификации гидробионтов на разные группы.

1.1.1 Классификация гидробионтов в зависимости от обитания в толще воды

В толще воды обитают группы организмов, которые называются нектон и планктон. *Нектон* (nektos - плавающий) - это совокупность активно передвигающихся животных, не имеющих непосредственной связи с дном. Нектон представлен главным образом крупными животными, которые способны преодолевать большие расстояния и сильные течения воды. *Планктон* (planktos - блуждающий, парящий) - это совокупность организмов, которые не обладают способностью к быстрым активным передвижениям. Как правило, это мелкие животные - зоопланктон и растения - фитопланктон, которые не могут противостоять течениям. Фитопланктон играет важную роль в жизни водоемов, так как его основной продуцент органического вещества. Планктонные организмы служат важным пищевым компонентом для многих водных животных,

Бентос (benthos -- глубина) - это совокупность организмов, обитающих на дне (на грунте и в грунте) водоемов. Он подразделяется на зообентос и фитобентос.

Организмы, населяющие поверхностную пленку воды на границе с воздушной средой, составляют особую группу - *нейстон*. Состав нейстона зависит от стадии развития ряда организмов. Те же организмы, часть тела которых находится над поверхностью воды, а другая - в воде, получили название *плейстон*. К ним относят ряску, сифонофоры и др.

Организмы, которые ведут прикрепленный образ жизни, называются *перифитон* (дрейсены, сувойки)¹.

1.1.2 Классификация организмов в зависимости от их приспособленности к разным факторам среды

В жизни водных организмов вертикальное перемещение воды, плотность, температурный, световой, солевой, газовый режимы, концентрация водородных ионов (рН), а также содержание загрязняющих веществ, играют большую роль. Разные виды приспосабливаются к условиям своего обитания, и это лежит в основе классификации организмов по их устойчивости к действию разных факторов.

Температура. Поскольку температурный режим водоемов характеризуется большой стабильностью, среди гидробионтов в большей

¹ Зилов Е.А. Гидробиология и водная экология (организация, функционирование и загрязнение водных экосистем): учебное пособие. - Иркутск: Иркут. ун-т, 2008. - 138 с.

мере, чем среди организмов суши, распространена стенотермность, т.е. они не способны выносить больших колебаний температур. Эвритермные виды (приспособлены к значительным колебаниям температур) встречаются главным образом в мелких континентальных водоемах и на литорали морей высоких и умеренных широт, где значительны суточные и сезонные колебания.

Солёность. Типично морские и типично пресноводные организмы не переносят значительных изменений солености и являются стеногалинными. Эвригалинных, т.е. живущих при разных уровнях солености, организмов, не так много.

Загрязнения. В связи с устойчивостью к наличию в среде загрязняющих веществ, следует ввести понятие сапробности. *Сапробность* — комплекс физиолого-биохимических свойств организма, обуславливающий его способность обитать в воде с тем или иным содержанием органических веществ, то есть с той или иной степенью загрязнения.

Сапробионты были разделены на три группы:

- Организмы собственно сточных вод — полисапробионты (р-сапробы)
- Организмы сильно загрязненных вод — мезосапробионты (две подгруппы — α -мезосапробы и β -мезосапробы)
- Организмы слабозагрязненных вод — олигосапробы (о-сапробы)

Для оценки степени загрязнения водоемов органическими веществами установлены четыре зоны загрязнения: поли-, α -мезо-, β -мезо- и олигосапробная.

- Полисапробная зона характеризуется обилием нестойких органических веществ и продуктов их анаэробного распада, значительным количеством белковых соединений. Свободный кислород почти отсутствует, вследствие чего биохимические процессы носят восстановительный характер. В воде накапливаются сероводород, углекислота, метан, аммиак.

- α -Мезосапробная зона по характеру биохимических процессов близка к полисапробной, но здесь уже присутствует свободный кислород; сероводород и метан отсутствуют.

- β -Мезосапробная зона отличается от предыдущих преобладанием окислительных процессов над восстановительными. Благодаря интенсивному фотосинтезу многочисленных растений летом воды бывают перенасыщены кислородом.

- Олигосапробная зона полностью свободно от загрязнения и обычно перенасыщена кислородом. Население наиболее разнообразно в видовом отношении, но количественно значительно беднее, чем в предыдущих зонах.

Из приведенных характеристик зон сапробности следует, что по мере ухудшения качества воды таксономический состав гидробионтов становится

беднее, в то время как численность отдельных видов возрастает и в полисапробной зоне может быть огромной.

Измерение сапробности является одним из ключевых инструментов биоиндикации².

1.2. Биоиндикация экосистем

Биоиндикация — оценка качества природной среды по состоянию её биоты. Она основана на наблюдении за составом и численностью видов-индикаторов

Существуют, по крайней мере, три случая, когда биоиндикация становится незаменимой.

1. Фактор не может быть измерен. Это особенно характерно для попыток реконструкции климата прошлых эпох. Например, остатки диатомовых водорослей (соотношение ацидофильных и базофильных видов) позволили утверждать, что в прошлом вода в озерах Швеции имела кислую реакцию по вполне естественным причинам.

2. Фактор трудно измерить. Некоторые пестициды так быстро разлагаются, что не позволяют выявить их исходную концентрацию в почве. Например, инсектицид дельтаметрин активен лишь несколько часов после его распыления, в то время как его действие на фауну (жуков и пауков) прослеживается в течение нескольких недель.

3. Фактор легко измерить, но трудно интерпретировать. Данные о концентрации в окружающей среде различных загрязнителей (если их концентрация не запредельно высока) не содержат ответа на вопрос, насколько ситуация опасна для живой природы. Показатели предельно допустимой концентрации (ПДК) различных веществ разработаны лишь для человека. Однако, очевидно, эти показатели не могут быть распространены на другие живые существа. Есть более чувствительные виды, и они могут оказаться ключевыми для поддержания экосистем. С точки зрения охраны природы, важнее получить ответ на вопрос, к каким последствиям приведет та или иная концентрация загрязнителя в среде. Эту задачу и решает биоиндикация, позволяя оценить биологические последствия антропогенного изменения среды³.

Физические и химические методы дают качественные и количественные характеристики фактора, но лишь косвенно судят о его биологическом действии. Биоиндикация, наоборот, позволяет получить информацию о биологических последствиях изменения среды и сделать лишь косвенные выводы об особенностях самого фактора. Таким образом, при

² Биомониторинг состояния окружающей среды: учебное пособие /Под. ред. проф. И.С. Белюченко, проф. Е.В. Федоненко, проф. А.В.Смагина. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – 153 с

³ 3. Методы биоиндикации: учебно-методическое пособие / М.Н. Мукминов, Э.А. Шуралев. – Казань: Казанский университет, 2011. – 48с.

оценке состояния среды желательно сочетать физико-химические методы с биологическими. Актуальность биоиндикации обусловлена также простотой, скоростью и дешевизной определения качества среды. Например, при засолении почвы в городе листья липы по краям желтеют еще до наступления осени. Выявить такие участки можно, просто осматривая деревья. В таких случаях биоиндикация позволяет быстро обнаружить наиболее загрязненные местообитания.

2. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводили на реке Волга на территории города Дубны на центральном пляже и на озере Селигер в районе дер. Светлицы. Нами были отобраны пробы грунта реки Волги, который обычно находится под водой. Но в связи с низким уровнем воды в реке в марте 2021 г., эти участки оголились, и представилась возможность для легкого сбора образцов. Пробы отбирали с помощью совка и помещали их в стеклянные банки, в которые добавляли отстоянную водопроводную воду. Образцы инкубировали на подоконнике при естественном освещении и комнатной температуре, чтобы активизировать рост водорослей. Через 7 дней инкубации проводили микроскопирование проб с помощью микроскопа Биомед 2. Фотографии были сделаны с использованием смартфона, который был смонтирован на микроскоп с помощью специальной насадки. Определяли водоросли с помощью Определителя пресноводных водорослей СССР⁴ и базы данных по водорослям Algaebase.org⁵

Для анализа состояния воды в водоемах мы использовали индекс сапробности Пантле-Бука, вычисляемый по формуле $S = \frac{\sum (sh)}{\sum (h)}$, где s-индикаторная значимость вида :

- 1 – олигосапробы
- 2 - альфа-мезосапробы,
- 3 - бета-мезосапробы
- 4 - полисапробы;

h - относительное количество особей вида (h: = 1 - случайные находки, = 3 - частая встречаемость, = 5 - массовое развитие)

Принадлежность водорослей к классам сапробности определяли по базе данных МГУ им. М.В. Ломоносова⁶

Чистота воды оценивается по шкале

Класс качества водоема	Характеристика воды	Индекс сапробности
1	Очень чистая	Меньше 1
2	Чистая	1-1,5
3	Слабо загрязненная	1,51-2,5

⁴ Определитель пресноводных водорослей СССР, М.-1951-1983

⁵ <https://www.algaebase.org>

⁶ 5. <http://ecograde.bio.msu.ru/db/description/saprob/phyto>

4	Загрязненная	2,51-3,5
5	Грязная	3,51-4
6	Очень грязная	Больше 4

3. РЕЗУЛЬТАТЫ

3.1. Описание мест сбора образцов

Город Дубна, Московская область.

Город Дубна находится на севере Московской области в 120 км от Москвы, на границе с Тверской областью. Правобережная часть города, на которой проводили исследования, окружена со всех сторон водоемами: реками Дубной, Сестрой, Волгой, каналом им. Москвы и Иваньковским водохранилищем. Это является одной из причин локального увеличения влажности воздуха по сравнению с соседними населенными пунктами: среднегодовая сумма осадков составляет 783 мм⁷. Более 32% площади населенного пункта занято лесами и лесопарковыми зонами. Дубна – единственный город Московской области, который находится на берегах реки Волги. В Дубне нет крупных промышленных предприятий, загрязняющих бассейн Волги, но в этой части русла Волги уже сильно развит водный туризм, что не может не отражаться на состоянии водоема.

Образцы для исследования фитобентоса были отобраны в то время, когда уровень воды в реке Волга был настолько низкий, что оголились те участки русла, которые обычно находятся глубоко под водой. Мы отбирали грунт в трех точках:

- 1 – у кромки воды
- 2- в зоне темного ила
- 3 – в зоне, которая летом соответствует прибрежному мелководью

У кромки воды грунт был песчаный, сама вода прозрачная (Приложение 1, рис.1). Зона темного ила была шириной примерно 3-4 м. Ил был темно-коричневого цвета, с неприятным запахом, блеском (Приложение 1, рис.2). В этой области встречались мертвые рыбы и раки, редко попадались двустворчатые моллюски. В третьей зоне грунт был песчаный с большим количеством гальки и крупных камней (Приложение 1, рис.3). Здесь было очень много моллюсков: двустворчатых -беззубки и дрейсены- и брюхоногих –прудовиков. К сожалению, эта популяция моллюсков полностью погибла из-за морозов, к которым они не приспособлены. В этой зоне также встречались трупы рыб.

Деревня Светлица, Осташковский район, Тверская область. Исследования проводили в рамках Всероссийского фестиваля краеведческих объединений –«Краефест» на берегу оз. Селигер, около монастыря Нило-

⁷ Официальный портал наукограда Дубна <http://naukograd-dubna.ru/about/map?tab=tab57>

Столбенская пустынь, в 10 км от города Осташков. В деревне Светлица наблюдается большой поток туристов и паломников. На озере Селигер в этом районе высокая интенсивность использования различных плавательных средств, в том числе и с бензиновыми моторами.

Из зообентоса здесь нами были встречены Полихеты, Круглые черви, Коловратки, Моллюски: беззубки, большой прудовик, катушки, Ракообразные: бокоплав личинки комаров-звонцов и стрекоз.

3.2 Видовой состав фитобентоса р.Волга в черте города Дубны

Поскольку исследование проводили в марте, то водные макрофиты еще не успели развиваться. Поэтому мы в своей работе анализировали только микроводоросли, т.е. микрофитобентос. В дальнейшем мы просто будем называть его фитобентос.

Отобранные образцы мы инкубировали в течение недели при комнатной температуре, что активировать рост водорослей. Далее их подвергали микроскопированию.

В грунте, который находился под водой (точка 1) мы встретили только одну водоросль, относящуюся к Отделу Диатомовые – *Melosira varians*. Ее встречаемость была крайне низкая (Таблица 1).

В иле было обнаружено очень много различных водорослей, преимущественно, относящихся к Отделу Диатомовые. Из Зеленых водорослей был обнаружен только *Scenedesmus quadricauda*, а из Желто-зеленых - *Heterococcus* sp. Но даже они встречались редко (Таблица 1, второй столбец).

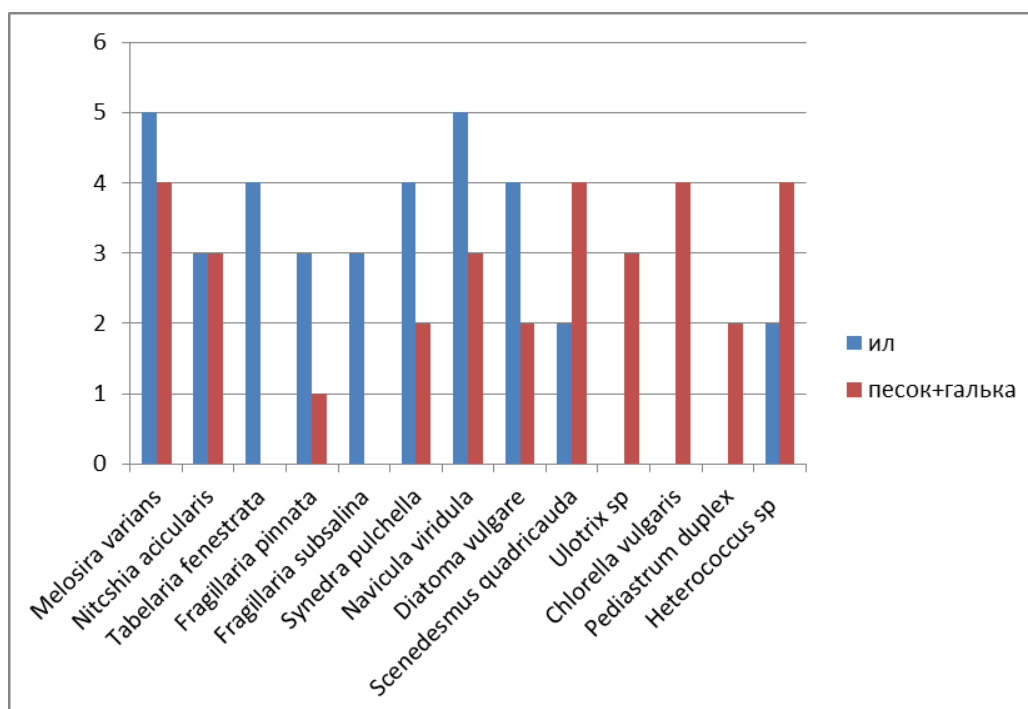


Рисунок 1. Частота встречаемости видов водорослей в фитобентосе на разных грунтах

Таблица 1.
Видовое разнообразие фитобентосных микроводорослей

	1 точка(песок)	2 точка (ил)	3 точка (песочно-галечный грунт)
Отд. Диатомовые водоросли			
<i>Melosira varians</i>	2	5	4
<i>Nitcshia acicularis</i>		3	3
<i>Tabelaria fenestrata</i>		4	
<i>Fragillaria pinnata</i>		3	1
<i>Fragillaria subsalina</i>		3	
<i>Synedra pulchella</i>		4	2
<i>Navicula viridula</i>		5	3
<i>Diatoma vulgare</i>		4	2
Отдел Зеленые водоросли			
<i>Scenedesmus quadricauda</i>		2	4
<i>Ulotrix sp</i>			3
<i>Chlorella vulgaris</i>			4
<i>Pediastrum duplex</i>			2
Отдел Желто-зеленые водоросли			
<i>Heterococcus sp</i>		2	4

1-единично, 2- редко, 3-средняя частота встречаемости, 4- часто, 5- очень часто

В песчано-галечном грунте водорослевое сообщество было иное: преобладали представители Зеленых водорослей, а из Диатомей часто встречалась только *Melosira varians* (Таблица 1, столбец 3, рис.1). Такие различия мы связываем с тем, что для развития Диатомовых и Зеленых водорослей требуются разные условия.

3.3. Сравнение водорослевых сообществ в реке Волга и озере Селигер

Нами были отобраны образцы грунта реки Волга в городе Дубне в июле месяце. В это время в микрофитобентосе уже преобладали сине-зелёные водоросли, в меньшей степени были представлены диатомовые и зелёные (Таблица 2, рис.2). Жёлто-зеленые водоросли мы встретили только в марте месяце.

Таблица 2

Сравнительный анализ видового разнообразия микрофитобентоса реки Волга и озера Селигер

	Ил Волга март	Ил Волга июль	Ил Селигер август
Отд. Диатомовые водоросли			
<i>Melosira varians</i>	5	5	2
<i>Nitcschia acicularis</i>	3		
<i>Tabelaria fenestrata</i>	4		
<i>Fragillaria pinnata</i>	3		
<i>Fragillaria subsalina</i>	3		
<i>Synedra pulchella</i>	4		
<i>Navicula viridula</i>	5	2	
<i>Navicula gracilis</i>			5
<i>Diatoma vulgare</i>	4		3
Отдел Зеленые водоросли			
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	2		1
<i>Ulotrix sp</i>			
<i>Chlorella vulgaris</i>	1	3	2
<i>Pediastrum duplex</i>			1
Отдел Желто-зеленые водоросли			
<i>Heterococcus sp</i>	2		4
Цианобактерии (сине-зеленые водоросли)			
<i>Anabaena sp</i>		4	2
<i>Phormidium</i>		3	

В озере Селигер были встречены Диатомовые водоросли, которые резко доминировали над зелеными водорослями и цианобактериями. При этом видовой состав диатомей был беден и был представлен в основном представителями рода *Navicula*.

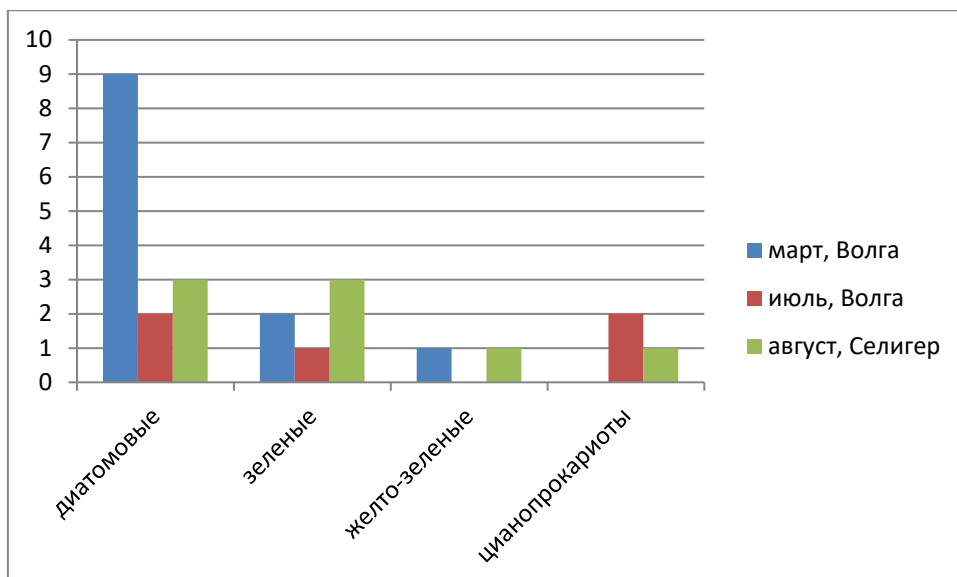


Рис.2. Распределение микрофитобентоса по отделам в зависимости от месяца и места проведения исследования

Видовое многообразие является показателем стабильности экосистемы, поэтому при прочих равных условиях экосистема с богатым видовым составом легче преодолевает кризис, чем с бедным. Обеднение видового состава в течение лета также может указывать на ухудшение качества воды.

3.3. Биоиндикация воды р. Волга по фитобентосу

Для анализа состояния воды в реке Волга на территории г. Дубны мы использовали индекс сапробности Пантле-Бука,

Таблица 3
Расчет индекса Пантле-Бука для фитобентоса ила, март 2021

Вид водорослей	Значение зоны сапробности (S)	Встречаемость (h)	S*h
Melosira varians	2	4	8
Nitcschia acicularis	3	2	6
Tabelaria fenestrata	1	3	3
Fragillaria pinnata	1	2	2
Fragillaria subsalina	1	2	2
Synedra pulchella	2	3	6
Navicula viridula	3	4	12
Diatoma vulgare	2	3	6
Scenedesmus quadricauda	2	2	4

$$S=49/25=1.96$$

Таким образом, этот участок русла реки с илистым грунтом, соответствующий большой глубине, можно охарактеризовать как умеренно загрязненный органическими веществами.

Таблица 4

Расчет индекса Пантле-Бука для фитобентоса песочно-галечного грунта,
март 2021

Вид водорослей	Значение зоны сапробности (S)	Встречаемость (h)	S*h
Melosira varians	2	3	6
Nitshia acicularis	3	2	6
Fragillaria pinnata	1	2	2
Synedra pulchella	2	2	4
Navicula viridula	3	2	6
Diatoma vulgare	2	2	4
Scenedesmus quadricauda	2	3	6
Chlorella vulgaris	3	3	9
Pediastrum duplex	2	2	4

$S=43/21=2,04$

Т.е. для участка песчано-галечного грунта, соответствующего прибрежной зоне, также характерна слабая загрязненность среды. Однако здесь индекс сапробности был выше, чем у образца ила. Это позволяет предположить, что при прочих равных условиях в прибрежной зоне р. Волга будут быстрее развиваться процессы эвтрофикации водоема (т.е его загрязнение органическими веществами).

Таблица 5. Расчет индекса Пантле-Бука для фитобентоса ила в Волга в июле.

Вид водорослей	Значение зоны сапробности (S)	Встречаемость (h)	S*h
Melosira varians	2	5	10
Navicula viridula	3	2	6
Chlorella vulgaris	3	3	9
Phormidium	3	3	9
Anabaena sp	3	4	12

$S=46/17=2,7$ Загрязненная

Таблица 6. Расчет индекса Пантле-Бука для фитобентоса ила оз. Селигер в августе

Вид водорослей	Значение зоны сапробности (S)	Встречаемость (h)	S*h
Melosira varians	2	4	8
Navicula gracilis	1	5	5
Diatoma vulgare	2	3	6
Chlorella vulgaris	3	2	6
Pediastrum duplex	2	1	2
Anabaena sp	2	2	4

$S=31/17=1,82$ Слабо-загрязненная

Сравнивая индекс Пантле-Бука для Волги в разные месяцы, мы можем видеть его увеличение (рис.3), т.е. вода в Волге в течение лета становится более загрязненной органическими веществами.

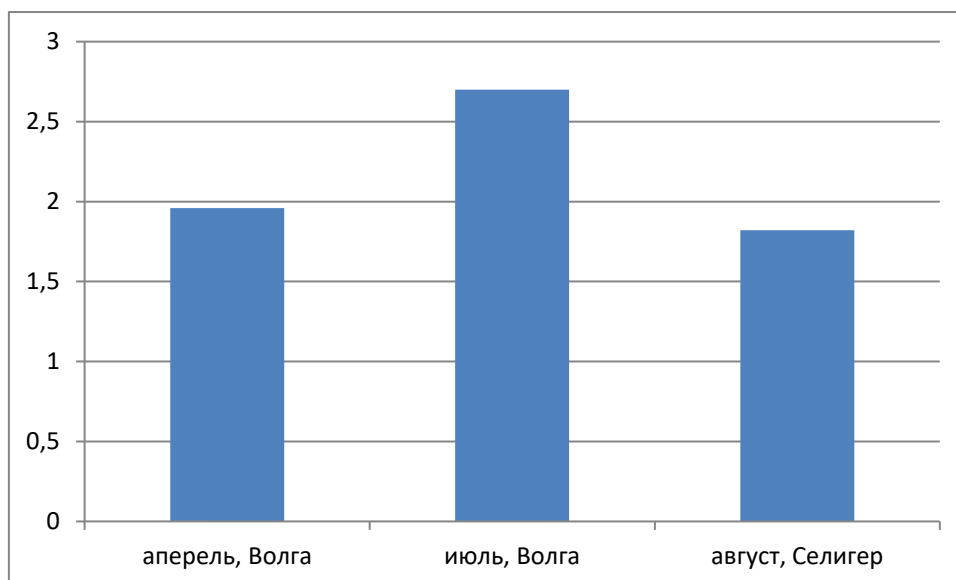


Рис.3. Изменения индекса сапробности Волги в течение лета и его сравнение с таковым озера Селигер.

В то же время индекс сапробности озера Селигер в августе сопоставим с таким для весенней воды в Волге (рис.3). Таким образом мы можем характеризовать этот водоем как более чистый, чем река Волга.

ВЫВОДЫ

1. Видовой состав бентосных водорослей на разных глубинах различается: на небольших преобладают представители зеленых водорослей, на глубине – диатомеи
2. Иловые донные отложения были более богаты водорослями, чем песочные
3. Видовой состав водорослей характеризуют весеннюю воду на р. Волга как умеренно чистую
4. Река Волга характеризуется более разнообразным составом микрофитобентоса, чем озеро Селигер
5. В течение весенне-летнего периода уровень загрязнения органическими веществами в реке Волге увеличился, что привело к изменению в водорослевом сообществе донной зоны реки
6. Методом биоиндикации было установлено, что вода в озере Селигер является более чистой, чем в реке Волге

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Водные системы являются сложно организованными, поэтому для их изучения необходим комплексный подход. Методы биоиндикации позволяют оценить состояние водоемов без сложных химических анализов. Однако мы считаем, что для более точного исследования необходимо учитывать развитие всех групп живых организмов, населяющих данную территорию. Поэтому в дальнейшем мы планируем продолжить нашу работу в следующих направлениях:

- Исследование зообентоса р. Волги на территории г. Дубны
- Изучение макробентоса .Волги на территории г. Дубны

Базируясь на полученных данных, мы можем заключить, что озеро Селигер является более чистым водоемом, чем река Волга.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Биомониторинг состояния окружающей среды: учебное пособие /Под. ред. проф. И.С. Белюченко, проф. Е.В. Федоненко, проф. А.В.Смагина. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – 153 с
2. Зилов Е.А. Гидробиология и водная экология (организация, функционирование и загрязнение водных экосистем): учебное пособие. - Иркутск: Иркут. ун-т, 2008. - 138 с.
3. Методы биоиндикации: учебно-методическое пособие / М.Н. Мукминов, Э.А. Шуралев. – Казань: Казанский университет, 2011. – 48с.
4. Определитель пресноводных водорослей СССР, М.-1951-1983
5. <http://ecograde.bio.msu.ru/db/description/saprob/phyto/diatomae.html>

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Места сбора образцов фитобентоса



Рис.1 Кромка воды р.Волга в марте 2021



Рис.2 Темный ил. Когда река полноводна, эта зона большой глубины



Рис.3 Зона песчано-галечного грунта, которая соответствует прибрежному мелководью летом

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Фотографии бентосных микроводорослей



Рисунок 1. Бентосные водоросли ила

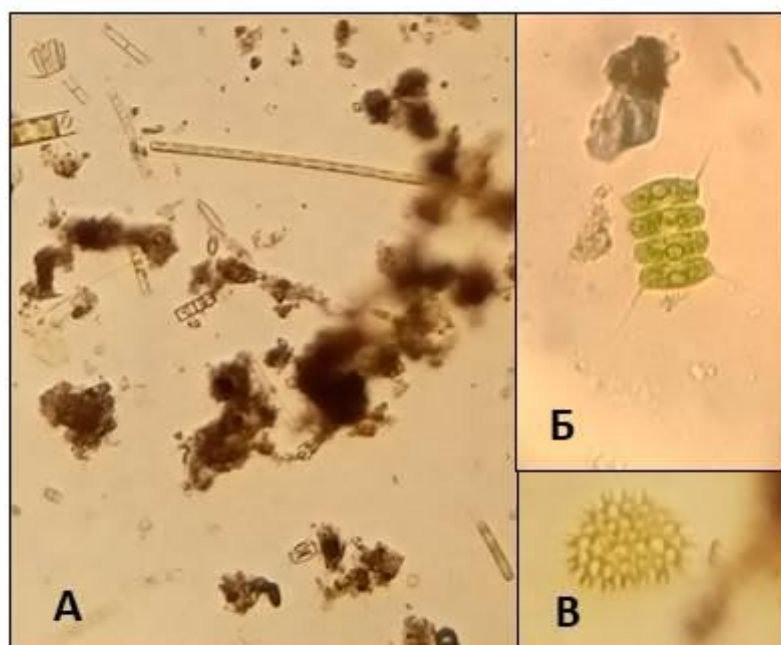


Рисунок 2. Бентосные водоросли песчано-галечного грунта