Региональная конференция по научно-техническому творчеству школьников
«Лабиринты науки»

Муниципальное общеобразовательное учреждение
средняя школа № 75 имени Игоря Серова

«Экология»

«Изучение изменений трофических свойств водоема с использованием высших растений»

Выполнила:
Воробьева Виктория Ивановна,
ученица 9 «Б» класса,
Научные руководители:
Толоконина Светлана
Васильевна,
учитель географии;
Тимощук Галина Васильевна,
учитель биологии

Ярославль, 2021

Содержание

Введение 3
Глава 1. Теоретические основы для изучения трофности водоема 5
с использованием высших растений 5
1.1 Растения фитоиндикаторы трофности 5
1.2 Основные характеристики типов стоячих водоемов по трофности 7
1.3 Методика оценки трофических свойств водоема 10
Глава 2. Определение изменений трофности пруда по растениям-индикаторам 11
2.1 Описание территории находящегося объекта (пруда) 11
2.2 Изучение изменений высших растений, расположенных в прибрежно-водной зоне и определение трофности пруда 13
Заключение 16
Список используемой литературы 17
Приложение 1. Характеристика водоёмов различных типов 17
Приложение 2. Изменение прибрежной зоны. 18
Приложение 3. Определение растений индикаторов по количеству и по типу трофности в августе 2020 года 19
Приложение 4. Определение растений индикаторов по количеству и по типу трофности в августе 2021 года 21

Введение

В настоящее время водные объекты подвергаются интенсивному хозяйственному использованию, поэтому проблема их изучения и сохранения становится особенно значимой. Чрезмерное загрязнение и эксплуатация, а также уничтожение компонентов природных систем стало причиной истощения водных систем. В водоемах наблюдается снижение качества воды в связи с неконтролируемым размножением фитопланктона (тина, ряска), что чередуется с заморами рыбы и необратимо приводит к эвтрофированию. В результате этого процесса водоемы зарастают, превращаются в болота, которые в дальнейшем полностью пересыхают.

Для оценки трофности и установления причин загрязнения водоема используются растительные объекты, которые служат показателями естественных процессов или антропогенных изменений среды обитания, т.е. являются биоиндикаторами. В качестве биоиндикаторов применялись высшие растения. Каждый объект имеет свою специфику. Особенности растительных объектов проявляются в том, что растения позволяют оценивать весь комплекс воздействия, характерный для данной территории в целом, поскольку они ассимилируют вещества, подвержены прямому воздействию одновременно из почвы, воды и воздуха. В связи с тем, что растения ведут прикрепленный образ жизни, состояние их организма отражает состояние конкретного локального места обитания. Высшие растения позволяют определить трофические свойства воды. Определив трофические свойства пруда с использованием высших растений в 2020 году, мне, стало интересно, изменится ли трофность пруда через год.

Цель: установить изменение трофических свойств пруда в частном секторе г. Гаврилов-Яма Ярославской области с помощью высших растений.

Задачи:

1. Определить изменение видового состава высших растений, расположенных в прибрежно-водной зоне пруда в частном секторе г. Гаврилов-Яма.

2. Установить изменения степени зарастание пруда.

3. Определить изменение уровня трофности исследуемого пруда.

Объект исследования: водоем со стоячей водой – пруд в частном сектор г. Гаврилов-Яма.

Предмет исследования: прибрежно-водная растительность.

Методы исследования: теоретические методы (анализ литературы), эмпирические методы (сравнение), математические методы (статистические, таблицы), методы наблюдения и обобщения.

Гипотеза: с изменением состава высших растений трофность пруда меняется.

В исследовании использовалась методика Мелеховой О.П., Егоровой Е.И. по оценке трофических свойств водоема с использованием высших растений.

В настоящее время под влиянием загрязнителей процесс смены экосистем происходит в более короткие сроки, чем по естественным причинам. Большой вред состоянию (загрязнению) пруда наносят свалка бытовых отходов и сброс в водоем бытовых сливов воды населением. Гибель водоемов приводит к нарушению водоснабжения, повышает пожароопасность территории. Необходимо применять специальную методологию биологической оценки к изучению экологического состояния водоемов, для их своевременного восстановления.

Глава 1. Теоретические основы для изучения трофности водоема с использованием высших растений

1.1 Растения фитоиндикаторы трофности

В России начало изучения растительного мира водоемов было связано с организацией гидробиологических станций. С 1920 - х годов внимание стали уделять классификации и экологии прибрежно-водной растительности. С 1950-х годов началось изучение продуктивности, а также кормовой ценности прибрежно-водной растительности, условия ее распространения и произрастания, способы заготовки, хранения, культивирования. С 60-х годов появляются работы, в которых указывается возможность использования прибрежно-водных растений для очистки водоемов оторганических и минеральных взвесей, а также ряда соединений (нитратов, фосфатов, тяжелых металлов, радиоактивных элементов и других)[1; 36].

В 60-х годах XX века были обозначены основные направления гидроботанических исследований в нашей стране, из которых геоботаническое направление разработано наиболее полно и остается в настоящее время ведущим[7; 23].

Растительный мир велик и многообразен. В настоящее время насчитывается около 600000 видов растений, в том числе 280000 цветковых. Прибрежно-водные растения Ярославской области активно изучаются сотрудниками ИБВВ им. И.Д. Папанина РАН поселок Борок Некоузского района Ярославской области [9].

Растения биоиндикаторы - это растения, для которых характерна резко выраженная адаптация к условиям окружающей среды. При наличии таких растений можно качественно или количественно оценить условия окружающей среды.

Прибрежно-водные растения занимают особое положение в системе растительного мира благодаря своим морфологическим биологическим и экологическим особенностям, главными из которых являются следующие:

широкая экологическая амплитуда, то есть они могут расти в самых разнообразных условиях; большинство водных растений; многолетние; разнолистность (подводные, плавающие и воздушные листья на одном и том же растении сильно различаются по внешнему виду и внутреннему строению); слабое развитие механической и проводящей тканей, наличие аэренхимы и воздушных полостей; слабо развитая корневая система; наличие хлорофилла в эпидермисе; вегетативное размножение [5;42].

Макрофиты (гидрофиты) – один из важнейших компонентов водных экосистем. Это высшие растения (цветковые, хвощи, мхи), а также крупные водоросли, нормально развивающиеся в условиях водной среды. Макрофитами по традиции называют видимые глазом зеленые растения. Этот же термин часто употребляют как синоним высших водных растений. Как объект наблюдения макрофиты имеют ряд преимуществ перед другими обитателями водоемов. Прежде всего, это крупные организмы, видимые невооруженным глазом и сравнительно легко поддающиеся определению. Специалист уже при первом обследовании растительности водоема может сделать предварительные заключения о его состоянии, оценив степень развития растительности, ее видовое разнообразие, жизненность растений, отклонения в их росте[4;13].

По отношению к богатству почв растения условно делят на эвтрофы (мегатрофы), олиготрофы, мезотрофы[12]. Олиготрофами называют растения, довольствующиеся очень малым содержанием элементов минерального питания. Олиготрофы часто обладают мелкими жесткими листьями, толстой кутикулой и т. п. Типичными олиготрофами являются растения - ацидофиты древесных форм и растения сфагновых болот. Мезотрофы - это растения, умеренно требовательные к содержанию элементов минерального питания. К мезотрофам относятся многие древесные и травянистые формы. Эвтрофы предъявляют высокие требования к содержанию элементов минерального питания, поэтому произрастают на высокоплодородных почвах.

Таким образом, значение и роль прибрежно-водных растений велики. Прежде всего, это пищевой ресурс и местообитание многих животных. Высшие растения используются в качестве промышленного сырья, корма для сельскохозяйственных животных и домашней птицы.

Кроме того, среди них много лекарственных и используемых в пищу человеком растений. Заросли прибрежно-водных растений - мощный очистительный фактор, защищающий водоемы от многих органических и минеральных загрязнителей[2;64].

1.2 Основные характеристики типов стоячих водоемов по трофности

Вода играет значительную роль в жизнедеятельности людей. Это незаменимое сырье, запасы которого уменьшаются. Основное влияние на процесс истощения оказывает антропогенная деятельность.

Показателем качества воды в озёрах и прудах является её трофность, понимаемая как количество органических веществ, накопленных в процессе фотосинтеза в условиях наличия биогенных элементов (азот, фосфор, калий).

Стоки вод содержат удобрения, пестициды, которые вносятся в почву для повышения урожайности. Они приводят к неконтролируемому росту водорослей, изменению биоценоза.

Органические стоки животноводства содержат вирусы, бактерии, паразитов. Они попадают в водоем и могут угрожать здоровью представителей фауны.

Газы, которые выбрасывают автомобили, содержат диоксиды серы, азота. Элементы в атмосфере вступают в реакцию с кислородом, водой, образуя серную и азотную кислоту. Затем выпадают с дождем.

Повышение, резкое понижение температуры меняют биохимические процессы. В итоге гибнут обитатели, происходит разрастание водорослей и заболачивание водоема.

По содержанию в воде биогенов различают трофические типы водоёмов: ацидотрофные, олиготрофный, мезотрофный, эвтрофный, а также дистрофный.

Впервые эти термины были использованы С. Вебером при изучении флоры торфяных болот Германии для характеристики растений, развивающихся при низкой, средней и высокой концентрации элементов питания [5; 31]. Позднее, в 1919 г. Е. Науманн, изучая фитопланктон шведских озёр, применил их для классификации отдельных водоёмов в соответствии с содержанием в них фосфора, азота и кальция. В дальнейшем, А. Тинеманнв1921 г., работая на озёрах Германии, в качестве критериев их трофности предложил использовать и другие показатели — содержание в воде кислорода, наличие индикаторных организмов, суммарное количество фитопланктона.

Ацидотрофные водоемы довольно своеобразны по своей природе. По классификации Тинеманна-Науманна к ним относятся водоемы с кислой реакцией воды (pH < 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[6; 134].

Дистрофные водоемы расположены, в основном, в заболоченной местности, берега их низкие, болотистые, с редкой растительностью, часто сложены из сфагнума. Реакция среды кислая, вода сильно окрашена, прозрачность ее очень низкая. Значительно разреживаются прибрежные заросли тростника и хвоща.

Олиготрофные водоёмы отличаются большой глубиной, высокой прозрачностью (до 4-20 м и более). Донные отложения бедны органическим веществом [5; 87]. В олиготрофных водоёмах недостаток биогенов не допускает развития фитопланктона (одноклеточных водорослей в толще воды), но хорошо развивается бентосная растительность. Водоёмы имеют бедный видовой состав прибрежной водной растительности: общее число видов чаще всего не превышает десятка. Преобладают водяной мох (фонтиналис), полушник озёрный, тростник обыкновенный, характерно присутствие лобелии Дортмана,

урутиочередно-цветковой. Биомасса прибрежно-водных растений низкая. В олиготрофных водоёмах присутствуют веслоногие рачки - циклопы. Для водоема олиготрофного типа Степень их зарастания незначительна, растительные сообщества распространены весьма ограниченно. Фитоценозы в основном разрежены. Развитие растений удовлетворительное, величина фитомассы невелика [11].

Мезотрофные водоёмы отличаются глубиной до 3-5 м, прозрачностью воды 1-4 метра. Водоемы мезотрофного типа зарастают в среднем на 35% (очень часто на 60%). В растительном покрове достаточно высок процент площадей, занятых полупогружённой растительностью (в основном тростником), богаче видовой состав флоры; количество видов увеличивается до 60. Очень часто доминируют погружённые растения, представленные преимущественно харовыми водорослями. Часто в больших количествах встречаются рдесты, роголистник, телорез. Мезотрофные водоёмы встречаются во всех природно-климатических и географических зонах, наиболее многочисленны на подзолистых почвах лесной и лесостепной зон.

Процесс повышения трофности водоёма называется эвтрофикацией. К наиболее заметным проявлениям эвтрофикации относятся летнее «цветение» водоёмов, зимние заморы, быстрое обмеление и зарастание водоёмов. Эвтрофные водоёмы — это неглубокие водоёмы с обильным поступлением биогенных соединений с водосборной площади. Прозрачность в таких водоёмах составляет 0,5-2 м. Зимой, особенно в мелких водоёмах очень часто наблюдаются заморные явления. В эвтрофных водоёмах обилие биогенов сопровождается массовым развитием фитопланктона, помутнением воды, обеднением бентосной растительности из-за недостатка света, дефицитом кислорода на глубине, что ограничивает биоразнообразие. В таких водоёмах чаще всего доминируют тростник, рогоз, камыш, элодея, роголистник, рдесты и др. Эвтрофикацию можно выявить в процессе исследования с применением биоиндикаторов. Воды, таких водоёмов, мало пригодны для бытового использования. Эвтрофные водоёмы располагаются в равнинной или

слабохолмистой местности при наличии рыхлых пород. Показательно наличие рогоза узколистного, стрелолиста плавающего, элодеи канадской.

Таким образом, в результате нарушения баланса питательных веществ водной экосистемы начинается процесс экологической сукцессии (т.е. последовательной смены во времени одних биоценозов другими на определённом участке земной поверхности). Сукцессии происходят как в результате изменения условий произрастания растений под воздействием жизнедеятельности организмов, входящих в состав биоценозов, так и под воздействием внешних причин, включая деятельность человека.

1.3 Методика оценки трофических свойств водоема

Прибрежно-водные растения позволяют определить трофические свойства водоема. Принцип метода [3; 106] основан на учете видового разнообразия представителей водной макрофлоры, прибрежной растительности и их индикаторной значимости. В прибрежно-водной растительности выявляется исключительно легко поддающаяся учету доминантная флора.

Частоту встречаемости высших растений учитывают по девятибалльной шестиступенчатой шкале частот со следующими обозначениями: 1 - очень редко, 2 - редко, 3 - нередко, 5 - часто, 7 - очень часто, 9 – масса (Таблица 1) [10].

Таблица 1. Соотношение значений относительного обилия и частоты встречаемости организмов

Частота встречаемости	Количество экземпляров одного вида, %	Частота встречаемости
Очень редко	1	1
Редко	2-10	2
Нередко	10-40	3
Часто	40-60	5
Очень часто	60-80	7
Масса	80-100	9

По общепринятой классификации стоячие водоемы (озера, естественные пруды и т.п.) делятся на ацидотрофные, дистрофные, олиготрофные, мезотрофные и эвтрофные. Кроме того, имеется ряд переходных стадий.

Для расчета трофности каждому типу водоема присуждается номер: ацидотрофные - 0, дистрофные - 1, олиготрофные - 2, мезотрофные - 3 и эвтрофные – 4 (Приложение 1).

Для расчёта общей трофности определяют наличие в водоёме и прибрежной его зоне высших растений - индикаторов и оценивают их встречаемость. Данные заносят в таблицу 2. Делением суммы произведений [4] на сумму частот встречаемости [3] находится балл трофности данного водоёма.

Таблица 2. Расчёт трофности водоёма

Вид растения-индикатора	Тип водоёма [1]	Частота встречаемости [2]	Произведение [1]х[2]
сумма частот встречаемости [3]			
сумма произведений [4]			

Таким образом, при изучении высших растений водоема и прибрежной зоны можно определить трофические свойства водоема.

Глава 2. Определение изменений трофности пруда по растениям-индикаторам

2.1 Описание территории находящегося объекта (пруда)

Территория г. Гаврилов-Ям Ярославской области относится к Русской равнине. Административный центр город Гаврилов-Ям - располагается на обоих берегах р. Которосль на расстоянии 46 км от областного центра г. Ярославль.

В районе представлены машиностроение и металлообработка, хлебозавод, молокозавод, производство красок и эмали, полиграфическая

промышленность и мелкие для обслуживания местного населения предприятия. Город развивает туризм.

Площадь Гаврилов-Ямского района 1121,4 кв. км. С юго-запада район граничит с Ростовским, с запада - Борисоглебским, с севера - с Ярославским, с северо-востока - с Некрасовским районами. Юго-восточная граница совпадает с границей области.

Сельское хозяйство района имеет животноводческо-овощеводческое направление и специализируется на разведении крупного рогатого скота молочного направления, свиней, выращивании зерновых культур, картофеля и льна-долгунца.

Изученный водоем (пруд), находится в частном секторе, в 1 км от реки Которосль и в 3 км от наиболее загазованной части города (проезжей части) (Рисунок 1).

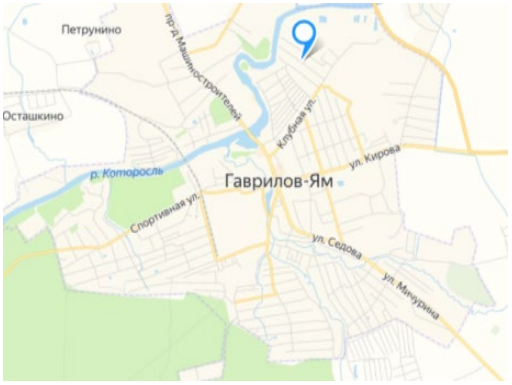


Рисунок 1. Расположение объекта

Пруд был выкопан в 1955 году в целях использования для резерва воды в случае пожара ул. Рыбинской. Раньше водоем был предназначен для обеспечения пожаротушения улицы в любое время года. С появлением новых технологий и изменение требований к объемам пожарных резервуаров, водоем стал не нужен. У многих частных домов появились колодца. Раньше чистить пруд было необходимо, сейчас его забросили, и местные жители, живущие около водоема, в конце каждой весны своими силами очищают пруд: спиливают кусты; выгребают вилами, граблями весь накопившийся и всплывший мусор после зимнего периода. В течение всего лета они поддерживают чистоту, косят траву

у водоема. Жители не хотят, чтоб пруд превратился в болото, полностью зарос водорослями и покрылся илом.

2.2 Изучение изменений высших растений, расположенных в прибрежно-водной зоне и определение трофности пруда

Исследование было проведено в августе 2020 года и августе 2021 года, когда растительная флора наиболее разнообразна. Исследуя пруд, в августе 2020 года, ширина пруда (впадины) 9 метров, длина пруда 21 метр, глубина пруда, по словам местный жителей, 2-3 метра. В связи с тем, что лето 2021 года было аномально жаркое, климатические условия повлияли на уровень воды в пруду, что привело к уменьшению водного объема воды. Изучая, прибрежную зону, которая охватывает линию соприкосновения водного объекта с сушей, стало видно, что в августе 2021 года прибрежная зона сместилась и там где раньше была вода, стала суша. Соответственно, изменилась и территория изучения прибрежной зоны (Приложение 2). Я измерила расстояние от начала впадины пруда до воды (склон) и оно составила 73 см. Измерила высоту уменьшение воды, что составило 52 см. Затем рассчитала длину прибрежной зоны (корень из (73^2-52^2)), она равна 51 см.

Высшие водные растения и растения прибрежной зоны пруда являются наименее изученным звеном, хотя имеют ряд преимуществ. Они представляют собой видимый невооруженным глазом и поэтому весьма удобный для наблюдения объект, а также дают возможность при осмотре водоемов визуально оценить его экологическое состояние.

Климатические условия этого года повлияли на высшие растения, растущие вблизи водоема. Подойдя к пруду, с первого взгляда, можно увидеть, что пруд находится в плачевном состоянии, его поверхность покрыта ряской. Поэтому для того, чтоб узнать изменится ли трофность пруда в течение года, я решила сравнить растения, произрастающие вблизи водоема в августе 2020 года с растениями, произрастающими в августе 2021 года.

Я изучила растения, растущие в пруду и в прибрежной его зоне в августе 2020 года и августе 2021 года, сфотографировала все виды растений. Затем с помощью электронных каталогов – определителей определила название и их принадлежность к типу трофности. Все виды сфотографированных растений занесла в таблицу, определила их по частоте встречаемости и отношение к трофности.

В результате проведенных исследований прибрежно-водной растительности, в августе 2020 года выявлено 24 вида растений: 15 видов растений - мезотрофы, 6 видов - олиготрофы, 3 вида - эвтрофы, таким образом, можно увидеть, что преобладают растения мезотрофы (Приложение 3). В августе 2021 выявлено увеличение количества растений эвтрофного типа. Всего выявлено 5 видов растений: мезотрофы -1, олиготрофы -1, эвтрофы -3 (Приложение 4). Для более точного определения трофности пруда по годам, я сделала расчет и занесла в таблицу 3.

Таблица 3. Расчет общей трофности

<table>
<tr><td colspan="2">Количество экземпляров по типу трофности, %</td><td colspan="2" rowspan="2">Типы водоема (1)</td><td colspan="2">Частота встречаемости (2)</td><td colspan="2">Произведение (1)х(2)</td></tr>
<tr><td>2020</td><td>2021</td><td>2020</td><td>2021</td><td>2020</td><td>2021</td></tr>
<tr><td>6</td><td>1</td><td colspan="2">2</td><td>24</td><td>3</td><td>48</td><td>6</td></tr>
<tr><td>15</td><td>1</td><td colspan="2">3</td><td>52</td><td>9</td><td>156</td><td>27</td></tr>
<tr><td>3</td><td>3</td><td colspan="2">4</td><td>21</td><td>9</td><td>84</td><td>36</td></tr>
<tr><td colspan="4">Итого сумма</td><td>96</td><td>21</td><td>288</td><td>69</td></tr>
<tr><td colspan="3" rowspan="2">Общая трофность водоема</td><td>2020</td><td colspan="4">3</td></tr>
<tr><td>2021</td><td colspan="4">3,3</td></tr>
</table>

Если посмотреть высшие растения, произрастающие в самом пруду, то видно, что растений больше эвтрофных, а на прибрежной зоне мезотрофных. Анализ данных показывает, что общая суммарная трофность водоема равна 3, что соответствует мезотрофному типу. Эти данные мы получили по результатам

изучение пруда в августе 2020 года. В связи со смещением прибрежной зоны в августе 20201 года, количество видов мезотрофных растений уменьшилось, стали преобладать растения эвтрофного типа и общая суммарная трофность водоема равна 3,3, тем самым можно сказать, что год от года трофность пруда меняется.

Выводы

1. В результате проведенных исследований в августе 2020 года и августе 2021 года выявили изменения в прибрежной зоне, в связи с климатическими условиями.

2. В августе 2020 года в прибрежной зоне пруда выявлено 24 вида растений, а в августе 2021 года всего 5 видов.

3. В 2020 году растения по типу трофности разделились на следующие группы: 15 видов растений – мезотрофы, 6 видов – олиготрофы, 3 вида - эвтотрофы, тем самым установили преобладание растений относящиеся к мезотрофному типу водоема. В августе 2021 года растений выявили, что растений эвтрофов больше, чем мезотрофов: мезотрофов -1, олиготрофов – 1, эвтрофы - 3 вида.

3. Зарастание пруда в августе 2020 года составляет до 60%, а в августе 2021 года -80%, это связано с увеличением фитопланктонов.

4. В августе 2020 года уровень трофности исследуемого пруда соответствовал мезотрофному типу, так как общая трофность составляла 3, с общим преобладанием растений требовательных к богатству почвы. В августе 2021 года уровень трофности стал 3,3 и увеличился на 0,3, тем самым приближая трофность пруда к эвтрофному типу.

5. Гипотеза наша подтвердилась, так как произрастающие растения влияют на тип трофности. С изменением прибрежной зоны, преобладают растения эвтрофные, больше приспособленные к жизни в воде.

Заключение

Загрязнение водоемов является проблемой человечества. Анализ трофности водоемов основывался на учете видового разнообразия представителей водной и прибрежной растительностью и их индикаторной значимости. Используемая методика по оценке состояния водоема однозначно свидетельствуют об очевидном воздействии антропогенного фактора на водоем. Оценка качества среды, особенно водной, становится принципиально важной задачей, как при планировании, так и при осуществлении любых мероприятий по природопользованию, охране природы и обеспечению экологической безопасности. Полученные данные свидетельствуют о серьезных изменениях водоема. Результаты данного проекта важны для принятия грамотного решения для развития комплекса мер, необходимых для восстановления и повышения качества воды.

Полностью защитить воду от всех загрязнений невозможно. В нее попадают неучтенные стоки и естественные загрязнения. Наряду с охраной водоемов от загрязнений, разрабатываются мероприятия по восстановлению водных ресурсов. В связи с тем, что пруд заброшен, местные жители, для сохранения пруда в чистом состоянии, своими силами стараются поддерживать его чистоту: косят траву, выпиливают деревья, выгребают мусор.

Методику данного проекта можно использовать для мониторинга любых водных экосистем, что позволяет, в перспективе, сохранить водоемы от уничтожения.

Список используемой литературы

1. Белавская А.П. Водные растения России и сопредельных государств. - СПб. : БИН, 1994. - 62 с.

2. Кокин К.А. Экология высших водных растений. - М.: изд-во МУ, 1982. - 160 с.

3. Мелехова О.П., Егорова, Евсеева Т.И. и др. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование.- Издательский центр Академия Москва, 2007. - 288 с.

4. Морозов Н. В. Применение макрофитов для очищения поверхностных вод от удобрений, смываемых с сельхозугодий // Первая Всесоюзная конференция по высшим водным и прибрежно-водным растениям.- Казань: Изд-во Казанского гос. пед. ун-та, 2001.

5. А. П. Садчиков, М. А. Кудряшов Гидроботаника: прибрежно-водная растительность: учебное пособие для бакалавриата и магистратуры /- 2-е изд., испр. и доп. - Москва: Издательство Юрайт, 2019. - 254 с.

6. Туровцев В.Д., Краснов В.С. Биоиндикация: Учеб. Пособие. – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2004. – 260 с.

7. Шенников А.П. Введение в геоботанику [Текст] : [Учебник для биол. фак. ун-тов] / Ленингр. ордена Ленина гос. ун-т им. А. А. Жданова. - Ленинград: Изд-во Ленигр. ун-та, 1964. - 447 с.

8.[Электронный ресурс] https://i-bud.ru/zagryaznenie-pruda-i-sposobi-ego-ochistki.html Дата обращения: 10.09.2020

9. [Электронный ресурс]https://ru.wikipedia.org/wiki/ Дата обращения: 03.09.2020

10. [Электронный ресурс]https://studme.org/101961/geografiya/Дата обращения: 15.07.2020

11. [Электронный ресурс]https://studme.org/109773/ekologiya/ Дата обращения: 05.08.2020

12. [Электронный ресурс]https://studbooks.net/2077141/meditsina/ Дата обращения:25.08.2020

Приложение 1. Характеристика водоёмов различных типов

Признаки	Тип водоёма				
	аидотрофный (0)	Дистроф-ный (1)	олиготроф-ный (2)	Мезотроф-ный (3)	Эвтрофный (4)
Котловина	Небольшая, неглубокая	Десятки, сотни га, глубина до 2-4 м	Обширная, глубокая	Сотни, тысячи га	Различных размеров
Прибрежные грунты	Торфянистые	Илистые	Песчано-каменистые	Песчано-каменистые	Заиленные пески, ил
Цвет воды	Бурый	Буровато-жёлтый	Голубой	Зелёный, жёлто-зелёный	Зеленовато-жёлтый, жёлтый
Прозрачность воды	Менее 1,5 м	До 1,5 м	До 10 м и более	До 4-6 м	До 2-3 м
содержание кислорода, мг/л	низкое, меньше 4	низкое, меньше 4	высокое, больше 8	среднее, 7–8	пониженное, 5–7
кислотность, pH	меньше 5	5–6	7	6–7	6–7
минерализация, мг/л	низкая, меньше 50	понижен-ная 51–99	низкая, меньше 50	пониженная, 51–99	умеренная, 100–99
жёсткость воды, моль Ca2+; Mg2+/л	мягкая, меньше 1,5	мягкая, меньше 1,5	мягкая, меньше 1,5	мягкая, меньше 1,5	умеренно жёсткая, 1,5–3,0

Приложение 2. Изменение прибрежной зоны.

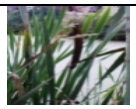
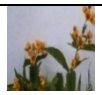
Август 2020 года

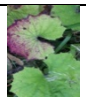
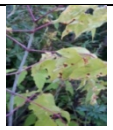
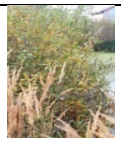


Август 2021 года

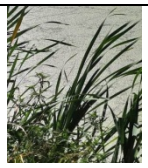
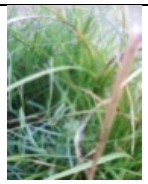
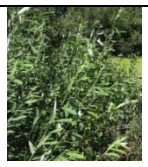


Приложение 3. Определение растений индикаторов по количеству и по типу трофности в августе 2020 года

№ п/п	Фото растения	Название растений	Кол.-во экземп.	Частота встреча-емости (1)	Тип водоема (2)	Произведение (1)х(2)
1.		Ряска малая *(Lemnaminor)*	100>	9	3	27
2.		Рогоз широколистный *(Týphalatifólia)*	10-40	3	4	12
3.		Тростник (*Phragmítes austrális*)	100>	9	4	36
4.		Частуха подорожниковая *(Alisma plantago-aquatica*)	60-80	7	2	14
5.		Пырей *(Elytrígia)*	100>	9	4	36
6.		Крапива(*Urtica*)	10-40	3	2	6
7.		Полынь обыкновенная (*Artemísiavulgáris)*	40-60	5	3	15
8.		Горошекмышиный (*Víciacrácca)*	10-40	3	3	9
9.		Кипрей узколистый (Иван чай) *(Chamaeneriumangustifolium)*	40-60	5	3	15
10.		Вербейник обыкновенный*(Lysimáchia vulgáris*)	2-10	2	3	6
11.		Клеверрозовый*(Trifólium campéstre)*	10-40	3	2	6
12.		Осот полевой *(Sónchus arvénsis*)	40-60	5	3	15
13.		Мята полевая *(Lamiaceae)*	10-40	3	3	9

14.		Мать -и- мачеха *(Tussilágo)*	10-40	3	3	9
15.		Пупавка полевая *(Ánthemis arvénsis*)	40-60	5	2	10
16.		Вьюнок полевой *(Convōlvulus arvēnsis*)	2-10	2	3	6
17.		Пижмаобыкновенная *(Tanacetum vulgare)*	2-10	2	3	6
18.		Золотарник канадский *(Solidágo canadénsis*)	2-10	2	3	6
19.		Икотник серый *(Bertéroaincána)*	10-40	3	2	6
20.		Одуванчик *(Taráxacum)*	40-60	5	3	15
21.		Лютик ползучий *(Ranunculus repens*)	2-10	2	3	6
22.		Донник *(Melilótus*)	2-10	2	3	6
23.		Ясень обыкновенный *(Fráxinus excélsior*)	1	1	3	3
24.		Ива*(Sálix)*	10-40	3	2	6

Приложение 4. Определение растений индикаторов по количеству и по типу трофности в августе 2021 года

№ п/п	Фото растения	Название растений	Кол.-во экземп.	Частота встреча-емости (1)	Тип водоема (2)	Произведение (1)х(2)
1.		Ряска малая *(Lemnaminor)*	100>	9	3	27
2.		Рогоз широколистный *(Týphalatifólia)*	100>	9	4	36
3.		Тростник (*Phragmítes austrális*)	100>	9	4	36
4.		Пырей *(Elytrígia)*	100>	9	4	36
5.		Ива*(Sálix)*	10-40	3	2	6