

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
БИОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра общей экологии и методики преподавания биологии

ПАНЬКО
Андрей Юрьевич

ВИДОВОЙ СОСТАВ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ
ПОГРУЖЕННЫХ МАКРОФИТОВ В ОЗ. НАРОЧЬ

Дипломная работа

Научный руководитель:
кандидат биологических наук,
доцент А.А. Жукова

Допущен к защите
«____» _____ 2017 г.

Заведующий кафедрой общей экологии
и методики преподавания биологии,
доктор биологических наук,
профессор В.В. Гричик

Минск, 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	5
1.1 Терминология, используемая при описании макрофитов	5
1.2 История изучения макрофитов оз. Нарочь.....	5
1.3 Современные подходы к классификации макрофитов	6
1.4 Роль макрофитов в экосистемах	9
1.5 Методика картирования макрофитов	11
ГЛАВА 2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	12
2.1 Район исследования	12
2.1.1 Первичные продуценты оз Нарочь и вклад макрофитов в продукцию сообщества.....	14
2.3 Отбор и первичная обработка проб	15
ГЛАВА 3 РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ.....	20
3.1 Описание и сравнение исследованных трансект.....	20
3.2 Характеристика литоральных станций и развивающихся там макрофитов	34
3.3 Пространственное распределение растительных ассоциаций	38
3.4 Сравнение численности и размерных показателей популяций моллюска <i>Dreissena polymorpha</i> , обитающих на различных растительных ассоциациях	39
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	42
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	43
БИБЛИОГРАФИЯ ПО ИССЛЕДУЕМОЙ ТЕМЕ	45
СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПАНЬКО А.Ю.	47

ВВЕДЕНИЕ

Нарочь – крупнейшее озеро на территории Беларуси. Оно выделяется не только своим размером, но и высокой эстетической и рекреационной ценностью. В наше время, как никогда, актуальна задача по сохранению этого уникального водоёма, равно как и иных не менее ценных водных объектов, расположенных на территории нацпарка «Нарочанский».

Выполнению этой задачи уже многие годы способствуют люди, осуществляющие мониторинг озёр Нарочанской группы, что привело к тому, что озеро Нарочь входит в число наиболее изученных водоемов мира [3,5, 7,].

Известно, что Нарочь на данный момент представляет собой водоём, трофический статус которого определяется как мезотрофный с признаками олиготрофии [5, 7]. Широко обсуждается в литературе и происходящая в озере бентификация и усиление её роли в функционировании данной экосистемы [17]. В связи с этим увеличивается актуальность исследований погруженных макрофитов как важного компонента придонных сообществ. Кроме прямого влияния на состояние водоёма, погруженные макрофиты стали основным субстратом для вселившегося в нарочанские озера моллюска *Dreissena polymorpha*, оказавшего в последствие колоссальное влияние на функционирование всей экосистемы озера [4].

Таким образом, целью данной работы стала оценка состояния погруженных макрофитов озера Нарочь на современном этапе развития экосистемы, а также особенностей распространения различных ассоциаций погруженных макрофитов.

Для достижения поставленной цели были выделены следующие задачи:

- Оценить плотность и биомассу погруженных макрофитов, отобранных на различных глубинах озера Нарочь в период с 27 июня по 10 августа 2016 года.
- Провести анализ видеозаписей подводной съёмки пройденных дайверами трансект.
- На основании полученных данных составить карту распространения различных ассоциаций погруженных макрофитов на исследованном участке дна озера.
- Провести учет плотности и размерных показателей моллюска *Dreissena polymorpha*, обитающего на различных растительных ассоциациях.

Пользуясь случаем, выражаю благодарность научному руководителю Жуковой А.А., а также заведующему НИЛ гидроэкологии Адамовичу Б.В. за всестороннюю помощь в работе; Начальнику учебно-научного центра

«Нарочанская биологическая станция им. Г.Г. Винберга» Жуковой Т.В. за предоставление помещений и оборудования при проведении работ; Дайверам международной категории: Катулько В. В. и Солдатенкову А. А. за неоценимый вклад в сбор полевого материала, а также студентке 4 курса Крюк Дарье Вячеславовне и студентке 5 курса Бондик Елизавете Руслановне за помощь в первичной обработке проб.

ГЛАВА 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Терминология, используемая при описании макрофитов

В учебном пособии по гидробиологии под авторством Соловьёвой В.В. и Лапинова А.Г. [22] понятие макрофиты поясняется следующим образом «Макрофиты – это крупные, видимые невооружённым глазом растения независимо от их систематического положения и экологической приуроченности». К макрофитам относятся как высшие растения, так и крупные многоклеточные водоросли». Существует большое количество терминов, относящихся к данной теме, в этом разделе будут уточнены некоторые из них. Так, при описании того или иного растения могут быть применены следующие термины:

Гидатофиты – растения, большая часть которых погружена в воду.

Гигрофиты – Растения произрастающие на берегу. Могут заходить в воду или произрастать на частично затопленных почвах. В некоторых случаях могут произрастать вне водоёма.

Гидрофиты – это истинно водные растения. Для осуществления процессов жизненного цикла необходимо чтобы вегетативные органы растения полностью контактировали с водной средой. Не существуют вне водоёмов.

Гелофиты – полупогружённые водные растения.

Мезофиты – растения суши, которые приспособлены к произрастанию на почвах со средним водным режимом. Плохо переносят избыточное увлажнение.

Земноводные растения – могут пройти свой жизненный цикл как водные растения или как растения суши.

«Водное ядро» флоры – совокупность видов истинно водных и земноводных растений, встречающихся на том или ином участке территории или акватории [2, 16].

1.2 История изучения макрофитов оз. Нарочь

Исследование водной растительности оз. Нарочь имеет многолетнюю историю. Первые работы по изучению макрофитов были выполнены в 1950-х гг. В то время заросли водной растительности занимали 30 % площади озера, по преобладающим ассоциациям озеро относили к харовому подтипу. Заросли нителлы и водяных мхов распространялись до глубины 9 м [13].

Следующие подробные исследования проведены в конце 1970-х гг., когда оз. Нарочь испытывало усиленный антропогенный пресс и наблюдали ярко выраженные признаки его эвтрофирования [24], в том числе изменения состава

ценозов погруженной растительности. Так, в этот период на фоне доминирования харовых формаций в озере происходило усиленное развитие видов, характерных для более трофных вод (элодея, роголистник, уруть, рдесты) [26]. На долю этих видов в 1970-1980-х гг. приходилось до 20 % в общей продукции погруженных макрофитов против 2 % в конце 1950-х гг.

Последнее масштабное исследование этого блока продуцентов в оз. Нарочь датируется концом прошлого столетия [8]. В тот период в озере происходила начавшаяся в начале 1990-х гг. бентификация экосистемы [17], основным следствием которой стало переключение потоков вещества и энергии от планктонных сообществ к бентосным и перифитонным (при сохранении продукционного уровня экосистемы в целом). Резкие изменения в толще воды привели, в числе прочего, и к изменению условий развития для погруженной растительности: в частности, возрастанию прозрачности воды, что потенциально увеличивает зону распространения макрофитов в озере. Однако, данные съемки 1999 г. не выявили существенных изменений в развитии макрофитов по сравнению с предыдущим периодом [8]. Это может быть связано с тем, что макрофиты, в отличие от фитопланктона, обладают более длительным периодом адаптации сообщества к изменениям среды. Однако, уже к середине 2000-х отмечено, что в озере идет усиление зарастания прибрежной зоны воздушно-водными макрофитами [11], стимулировать которое может антропогенная нагрузка на побережье в пляжных зонах и поверхностный биогенный сток с водосборной территории. Состояние же погруженных макрофитов в озере оставалось неизученным более 15 последних лет, поэтому назрела необходимость его оценки на современном этапе функционирования экосистемы. Библиография работ по данной тематике представлен в приложении А

1.3 Современные подходы к классификации макрофитов

Существует большое количество классификаций макрофитов, каждая из которых отвечает задаче стать частью терминологической базы для того или иного раздела гидробиологии. Ввиду разнообразия областей исследования как в гидробиологии, так и в ботанике в общем, современная терминологическая система довольно трудно поддается описанию. Далее будет представлено несколько классификаций, однако, это лишь малая часть большого количества разнообразных систем дифференциации макрофитов. Разделение макрофитов на экологические группы, наиболее соответствующее тематике данной работы, основано на четырех подходах: эвтокологическом, типологическом, физиономическом и эколого-морфологическом [20].

Автэкологические классификации. В этой классификационной системе за основу взяты особенности существования растения в типичных для них

природных условиях, а так же реакция растения на измерение факторов окружающей среды.

Простейшая классификация на погружённый и полупогруженные макрофиты имеет несколько усложнённый вариант. По классификации Г.И. Поплавской все водные растения подразделяют на растения, чьи надземные части погружены в воду (полностью или нет) и на растения, чьи надземные части находятся не в воде. Растения, относящиеся к первому типу, называются гидатофитами, а ко второму гидрофитами.

В соответствии с классификационной системой С. Гейни, которая была разработана для растительности водоёмов со значительно изменяющимся уровнем воды, водные макрофиты можно разделить на 6 типов: гидроморфные, гидрогеломорфные, геломорфные, гелогидроморфные, гигроморфные, гигромезоморфные макрофиты. Все эти группы делят сообщество по принципу интенсивности роста в различные периоды наполнения водоёма.

Существуют классификации макрофитов в зависимости от их приуроченности к водоёмам в зависимости от их гидрологических и гидрохимических особенностей.

Типологические классификации. Эти классификации основаны на нескольких общих для макрофитов принципах, которые легко определяются визуально.

По классификации цветковых растений К. Ламберта выделяют 3 группы: растения с погружёнными в воду листьями, растения с плавающими листьями и растения с листьями, частично погружёнными в воду. А.П. Шенников составил классификацию по подобным признакам и определил следующие названия групп: Погружённые (делятся на укореняющиеся или подводные и не укореняющиеся или взвешенные), растения с плавающими листьями (делятся на не укореняющиеся и укореняющиеся) и воздушно-водные растения.

Более подробная классификация по В.Г. Папченкову [19]. Он разделил макрофиты на 3 группы экотипов, которые делились на 5 экотипов, а те в свою очередь подразделялись на 7 экологических групп. К первой группе экотипов относились настоящие водные растения. Эта группа включала в себя один экотип который имел такое же название. К экотипу относились следующие 5 экогрупп: макроводоросли и водные мхи, свободно плавающие в толще воды гидрофиты, погружённые укореняющиеся гидрофиты, укореняющиеся гидрофиты с плавающими листьями и свободно плавающие на поверхности воды гидрофиты. Следующая группа экотипов Прибрежно-водные растения включала два экотипа: гелофиты (воздушно-водные растения) и гидрогелофиты. Среди гелофитов выделили две экогруппы: низкотравные и высокотравные гелофиты. К последней группе экотипов, которая объединила все заходящие в

воду околводные растения, относится два экотипа гигрофиты и гигромезо-, мезофиты.

Эта классификация довольно удобна при описании зональности расположения макрофитов водоёма.

Физиономические классификации. Основаны на внешне различимых особенностях строения. Часто название группы в подобных классификациях даётся по названию типичного представителя группы. Такой подход используется различными учёными по всему миру. Ниже представлена классификация разработанная советским учёным А.А. Потаповым в 1954 г. [16]

1. Линеиды – произрастают на берегу и на мелководном участке литорали недалеко от берега, могут произрастать вне водоёма. Типичные представители: камыш, рогоз, тростник.

2. Нимфеиды – не способны произрастать на суше. Поднимаются над водой благодаря плавающим листьям. Представители: кувшинка, кубышка.

3. Элодеи и планктические лемниды. Они полностью погружены в воду, их можно называть водными растениями в самом прямом смысле слова. Представители: рдест, элодея, роголистник.

4. Амфибииды – растения, способные жить как на суше так и в воде. Проявляют исключительную лабильность в отношении условий среды. Представители: стрелолист, частуха, ежеголовник. К преимуществам подобной классификации можно отнести её простоту, однако её существенным минусом является подобие названий некоторых групп и названий таксономических категорий в ботанике, что может привести к неоднозначности трактовки терминов.

Эколого-морфологические классификации. В основе классификаций данного типа лежат габитуальные, биологические, морфологические и физиологические особенности растений. По классификации Евгения Верминга растения делятся на розеточные формы, горизонтально лежащие с удлинёнными побегами.

По классификации Б.Ф. Свириденко виды водных растений можно разделить на группы, секции и экобиоморфы в зависимости от их морфологических и экологических особенностей [16, 22].

При составлении эколого-морфологических классификаций так же учитываются такие особенности растений как длительность жизни растения, число плодоношений, особенности строения органов, воздействие на окружающую среду и многие другие.

Классификация растительных сообществ. Кроме классификации отдельных видов растений существуют так же различные классификации

растительных сообществ. Особенно востребована систематизация синантропных сообществ в местах имеющих рекреационное значение.

Существует эколого-флористическая классификация [21]. Так же одно время была широко распространена унимodelьная концепция фитоценоза. Согласно этой концепции основным фактором регулирующим существование различных видов растений в сообществе считался характер их взаимодействия с доминантным видом эдификатором, который обладал сильным средообразующим действием. Так же эта концепция получила название «еловая догма». В оппозицию унимodelьной концепции была разработана полимodelьная концепция, в которой определяющую роль играл не средообразующий вид, а тип стратегии, к которому принадлежали преобладающие в сообществе виды. В случае водной растительности унимodelьная концепция больше подходит для описания особенностей состава перифитона, живущего на макрофитах, где макрофиты играли бы роль средообразующего вида.

1.4 Роль макрофитов в экосистемах

Макрофиты являются необъемлемой частью экосистем, которая зачастую вносит большой вклад в образование первичной продукции водоёма. Значительная часть энергетических потоков так же складывается из вещества водных макрофитов. Кроме того, они являются трофической базой для гидробионтов-фитофагов. Так же поверхность макрофитов является субстратом для прикрепления и жизни перифитона. Перифитон представляет собой огромную по массе совокупность водорослей, грибов, бактерий и мелких беспозвоночных. Биокomплекс «макрофиты – перифитон» вносит большой вклад в потоки энергии и вещества в водоёме.

Обширные макрофитные пояса создают барьер для поступления загрязняющих веществ, также скопления макрофитов служат место обитания и скопления многих беспозвоночных и рыб. С повышением разнообразия состава и площадей зарослей макрофитов возрастает так же и разнообразие ихтиофауны водоёма.

Области разрастания подводных макрофитов обеспечивают разделение подводного пространства на зоны с разным видовым составом и экологическими особенностями. Литоральные заросли макрофитов отличаются большим разнообразием видов и высокими показателями продуктивности [10, 11, 13], однако обычно их протяжённость невелика по сравнению с общей площадью озера. Важна так же способность макрофитов к накоплению веществ. Все эти функции помогают водным макрофитам повышать

стабильность и биоразнообразие экосистемы, они являются мощным средообразующим фактором [23].

Макрофиты играют важную роль в процессах изменения содержания химических элементов и поддержании гидрохимического баланса. Многие водные растения выступают в роли накопителей азота и фосфора. Содержание азота и фосфора в растениях намного превышает их содержание в воде. Доля азота по отношению к сухой массе водных растений составляет в 1,5-2,5%, а доля фосфора составляет 0,2-0,3% [1, 22]. Кроме накопления и депонирования, макрофиты выполняют колоссальную работу по перемещению масс биогенных элементов из донных отложений в толщу воды. Следует так же упомянуть о влиянии макрофитов на круговорот кислорода в водоёмах. В местах скопления погружённых макрофитов наблюдается повышенное содержание кислорода (содержание кислорода в зарослях может быть выше фона на 40 – 60%). Растения, способные активно выделять в окружающую среду кислород, называют оксигенераторами. К их числу можно отнести элодею и роголистник. В то же время в местах скопления гелофитов может наблюдаться дефицит кислорода (содержание кислорода может быть ниже фоновых показателей на 30%). Это явление можно объяснить тем, что листья гелофитов препятствуют газообмену с атмосферой, закрывая часть водной глади. Кроме того известно много видов макрофитов, которые выделяют в воду различные фитонциды и биологически активные вещества, которые так же влияют на качество воды и состояние растительного сообщества в целом.

Таким образом, можно заключить, что макрофиты это обширная разнообразная группа растений, которая активно изучается специалистами в области гидробиологии и экологии. Существует развитый понятийный аппарат и множество классификаций по этой теме. Разнообразие жизненных форм макрофитов и большое количество приспособлений для обитания в воде позволяет макрофитам занимать разнообразные ниши в экосистеме и составлять разнообразные экологические группировки. Макрофиты играют большую роль в функционировании экосистемы водоёма как ядро для образования растительных и животных сообществ, часть организмов обеспечивающих производство первичной продукции озера, участвуют в регуляции минерального и газового режимов озера, накапливают, депонируют и транспортируют химические элементы, повышают биоразнообразие экосистемы, обеспечивают территории для развития сообществ водорослей, микроорганизмов, беспозвоночных и рыб. Огромный вклад в поддержание стабильности функционирования и биоразнообразия экосистемы делает макрофиты обязательным объектом исследований, направленных на изучения состояния водоёмов.

1.5 Методика картирования макрофитов

Существуют различные методики, применимые при картировании водной и околоводной растительности. Однако в любом случае, процесс будет весьма трудоёмким. Возможно картирование с помощью аэросъемки, с берега или с воды. И во всех этих случаях картирование будет либо инструментальным, то есть более точным, или визуальным – наиболее доступным. Простейший инструментальный способ – промеры размеров зарослей различных типов растительности рулеткой или иным измерительным прибором, вплоть до гребков вёсел при работе на воде. Затем полученные измерения наносятся на карту наиболее подходящего масштаба [18].

Есть и более сложная методика, предложенная В.М. Катанской [14, 18], и заключающаяся в использовании пикетажной съемки. Суть методики заключается в следующем: картируемый участок водоема при помощи буйков разбивается на квадраты заданного размера, и затем в пределах квадрата наносятся границы конкретных растительных сообществ.

Данная методика приемлема при изучении какого-либо одного большого водоёма, или же в случае, когда исследователь следит за динамикой границ растительных сообществ на протяжении нескольких лет. В то же время данная методика не подходит для маршрутного обследования водоемов и водотоков, так как требует огромных временных затрат.

ГЛАВА 2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Район исследования

Озеро Нарочь относится к бассейну р. Неман и является крупнейшим озером на территории Беларуси, занимая площадь около 80 км². Однако, средняя глубина озера невелика и составляет всего 8,9 метра. Глубины до пяти метров составляют приблизительно 36% от площади озера [24, 25]. Полуостров-коса разделяет водную поверхность озера на малый и большой плёсы, занимающие северо-западную и юго-восточную части озера соответственно. Общая площадь водосбора составляет 279 км². Нарочь является проточным озером, и имеет следующие притоки: река Скема и 17 ручьёв. Вытекает из озера только река Нарочь. Из вышесказанного очевидно, что оз. Нарочь имеет довольно низкую скорость водообмена – полный его период занимает примерно 10-11 лет [5, 7].

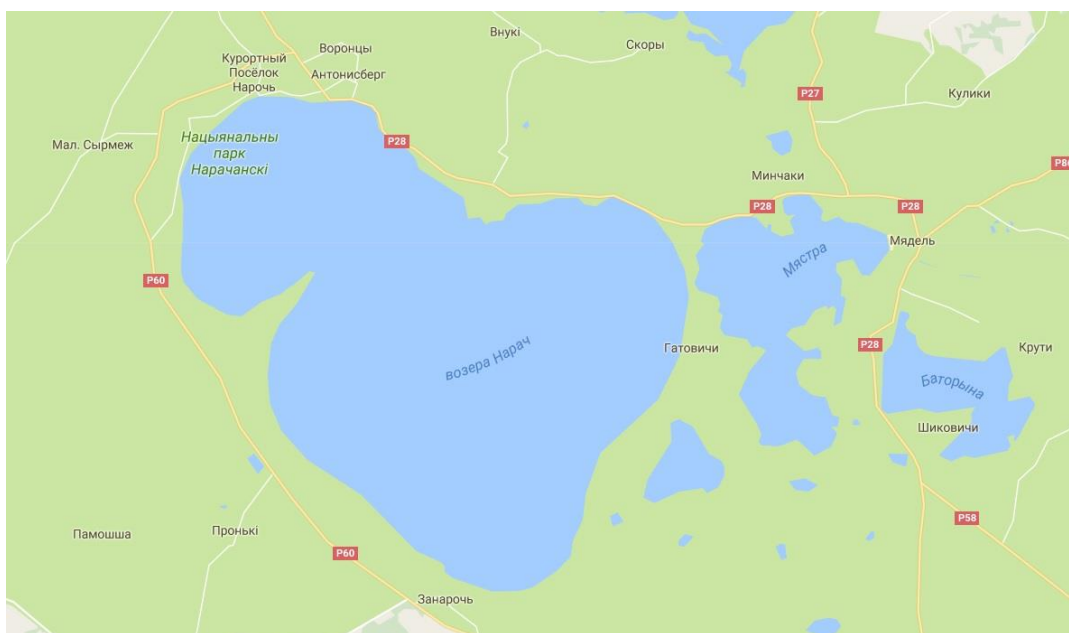


Рисунок 1 – расположение озера Нарочь [15]

Что касается водосбора, замыкающегося исключительно на оз. Нарочь, то он занимает площадь около 60 км², из которых приблизительно 58% территории занято лесами, 20% – пахотными землями и около 13% приходится на пастбища, сенокосы, болота и кустарники. Как и леса, эти угодья образуют водоохранные зоны, задерживающие сток в озеро различных загрязняющих веществ [24].

Берега озера в большинстве своём низкие, песчаные или супесчаные, что увеличивает рекреационную ценность озера, однако имеются участки с крутым и абразивным берегом. Так, в окрестностях деревни Черевки высота берега

достигает 12 метров. Более того, в этой части озера берег подостлан валунами, тогда как в на юго-востоке озера берега заболоченные.

Территория к северу и востоку от озера преимущественно занята зоной регулируемого использования, тогда как участки заповедной зоны преимущественно расположены на юге и юго-востоке. Северо-западная часть прилегающей к озеру территорией же полностью занята рекреационной зоной. В рекреационной зоне расположены 12 стационарных объектов, включающих в себя различные санатории, туристические объекты и т.д. В перспективе использования водоёма развитие инфраструктуры Нарочаской курортной зоны в соответствии с нормативами нагрузки. На территории озера также практикуется любительское и промысловое рыболовство [5, 7].

Отбор проб макрофитов и их первичная обработка проводилась с 27.06.2016 по 10.08.2016 года на базе УНЦ «Нарочанская биологическая станция им. Г.Г. Виберга». Были намечены пять трансект, охватывающих малый плёс и северо-восточную часть большого плёса озера Нарочь. По данным GPS навигатора с помощью программы «Google Планета Земля» данные трансекты были нанесены на батиметрическую карту озера Нарочь (рисунок 2)

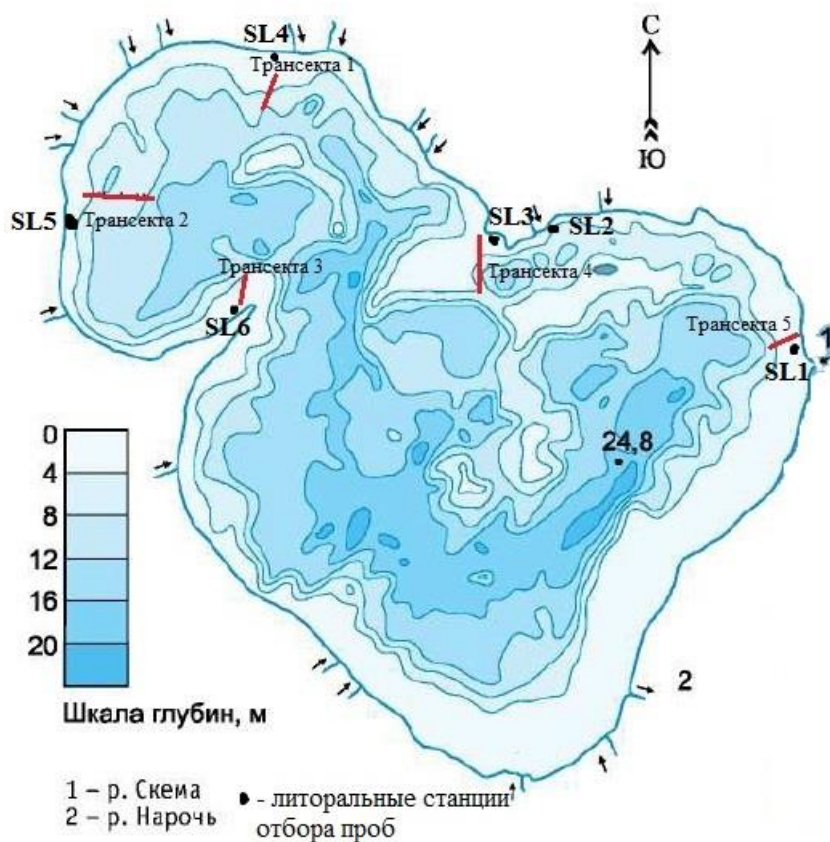


Рисунок 2 – расположение трансект и литоральных станций на оз. Нарочь

Трансекты начинались от пляжа у биостанции, д. Степенёво, п-ова. Наносы, д. Черевки и р. Скема, и на карте ободначены как трансекта 1 – трансекта 5 соответственно.

2.1.1 Первичные продуценты оз. Нарочь и вклад макрофитов в продукцию сообщества

Фитопланктон озера включает в себя 188 видов водорослей, относящиеся к следующим отделам: цианобактерии, криптофитовые, динофитовые, золотистые, диатомовые, эвгленовые, зелёные и желто-зелёные водоросли. При этом большинство видов относятся к зелёным и диатомовым (50 и 60 соответственно) [5, 7].

В количественном развитии фитопланктона наблюдаются два максимума: весенний, начинающийся примерно в конце апреля (после вскрытия озера) и завершающийся с установлением температурной стратификации в мае-начале июня, и большой осенний, обычно в сентябре-октябре. Разумеется, данные максимумы сильно зависят от климатических условий, а потому время их (максимумов) наступления может несколько смещаться. В биомассе обычно доминируют диатомовые водоросли, тогда как по численности первое место занимают цианобактерии [5, 25].

Что же касается макрофитов, то они представлены 53 видами, из которых 28 – воздушно-водные и плавающие. Глубина распространения погруженных макрофитов достигает 8 метров [7, 9]. В то же время надводная растительность размещается участками различного размера и плотности от берега и до глубины в 1,5 м, реже до двух метров [11, 12]. Доминирует тростник, площадь зарастания которого составляет примерно 88% от общей площади, занимаемой полупогруженными макрофитами озера. Субдоминантом выступают заросли камыша – около 10%. Другие виды макрофитов, а также смешанные заросли занимают по 1% общей площади зарастания. Озеро Нарочь имеет достаточно обширную литоральную зону и влияние растительных сообществ в этой области оказывает значительное влияние на состояние озера в целом. Вклад высшей водной растительности в общий уровень первичной продукции в озере Нарочь составляет примерно 35%, при этом на долю полупогруженных растений приходится 10% [Жукова].

Однако значимость макрофитов в экосистеме проявляется не одним лишь вкладом в первичную продукцию. Нельзя забывать, что высшие растения являются отличным субстратом для развития перифитона. Так, в озере Нарочь продукция обрастаний макрофитов достигает 60% от продукции самих растений [10]. Более того, подобная ситуация с ролью эпифитона также

наблюдалась в озере Мястро, где макрофиты приносят наибольший вклад в общий пул первичной продукции [12, 5].

2.3 Отбор и первичная обработка проб

Для сбора проб были заготовлены мешки из крепкой, но пористой ткани, с прикреплёнными пластиковыми ярлычками для подписи. Пores ткани впоследствии позволяли отмывать пробу от ила, не вынимая её из мешка, при этом не рискуя потерять какой-либо необходимый материал, например, дрейссену, что сильно облегчило процесс подготовки проб к первичному их разбору.

Выход на трансекту осуществлялся на двух лодках. После погружения текущее положение дайверов отслеживалось с помощью надувного буйка, прикрепленного тросом к одному из аквалангов. Это позволяло корректировать маршрут дайверов в случае отклонения от курса. Кроме того, данный буй использовался для подачи условного сигнала к сбросу дайверам троса с грузом, на который закреплялись заполненные пробами тканевые мешки, или же для сброса новых мешков.

Отбор проб проводился дайверами вручную с использованием квадратной рамки площадью 0,25 м². Рамка укладывалась на дно, после чего из неё все макрофиты до «оголения» грунта. Затем в отдельный мешок бралась проба грунта (рисунок 3).

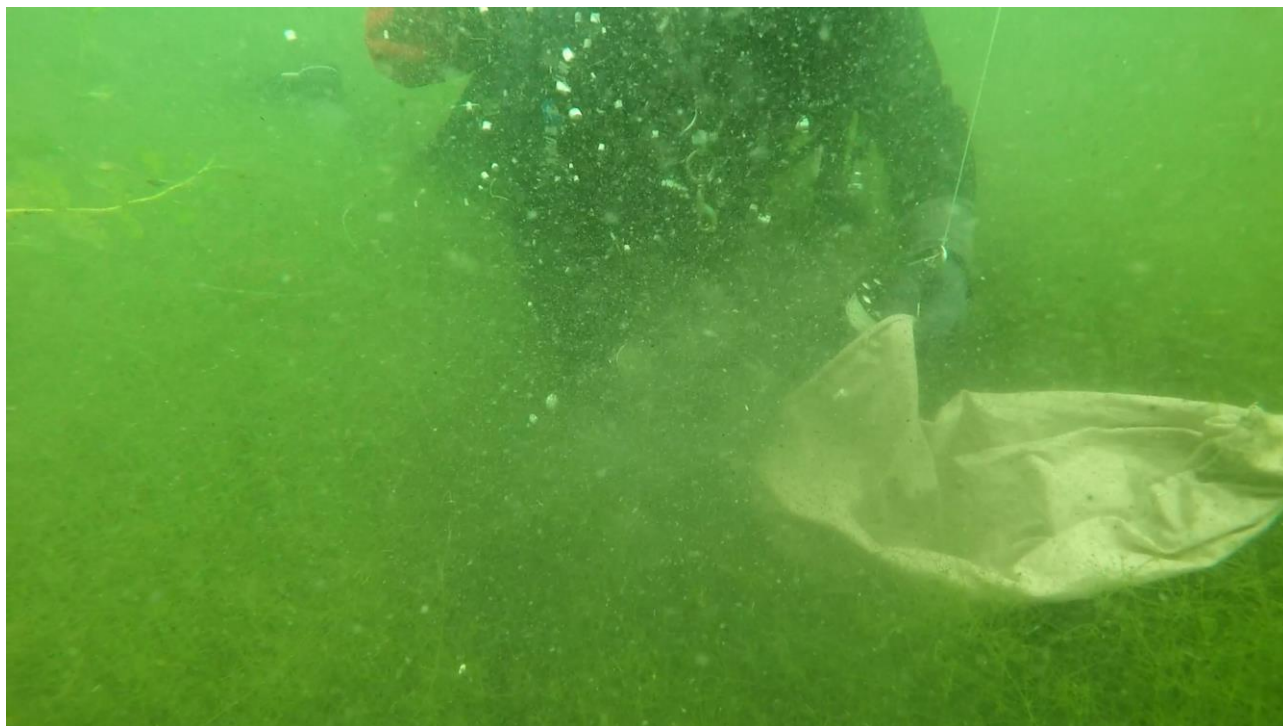


Рисунок 3 – процесс отбора пробы

Заполненные мешки поднимали и складывали в лодку, следующую за дайверами. Там мешки перемещались в заранее подписанные пластиковые контейнеры, которые затем оперативно передавали в лабораторию. При этом в GPS-навигатор заносились координаты станций отбора проб. Кроме того, дайверы были оснащены приборами, отображающими текущую глубину и температуру воды. Данные приборы также вели непрерывную запись этих показателей. Периодически дисплей прибора помещали в объектив видеокамеры для более удобного отслеживания положения дайверов по видеозаписи, а также для определения глубины той или иной станции отбора проб. Впоследствии эта информация передавалась на специальное ПО «Suunto DM5», снимающее данные с прибора и переводящими их в форму графика. Анализ данных графиков позволил уточнить глубину, на которой находилась станция в случае невозможности определения этого показателя по видеозаписи.

Кроме того, был проведен сбор литоральных проб с глубины около 0,5 м. По прибытию на место отбора проб в воду случайным образом забрасывалась рамка 0,25 м², после чего из площади рамки вручную, или при помощи сачка изымали макрофиты (около 5 рамок на станцию). Аналогичным образом собирали дрейссену (15-20 рамок на станцию).

В лаборатории пробы макрофитов отмывались от налипших частиц ила и грунта, после чего с растений вручную снимались прикрепившиеся к ним раковины дрейссены, а также те или иные бентосные организмы, находящиеся на растениях. Раковины складывали в подписанные ёмкости для последующего учета и замеров. Затем проводился учет сырой массы того или иного вида макрофитов, при необходимости – с разделением по видовому составу. В случае наличия в пробе нескольких видов макрофитов, они взвешивались отдельно друг от друга. После этого макрофиты оставались сушиться на воздухе для последующего учета воздушно-сухой и абсолютно сухой массы.

Из пробы грунта изымалась небольшая часть (маленький пластиковый стакан), для последующего изучения характеристик грунта (влажность, плотность, содержание органического в-ва). Оставшуюся часть пробы, не доставая из тканевого мешка, отмывали от ила. Таким образом, удавалось удержать в пробе различные бентосные организмы, находящиеся в грунте. Затем из отмытой пробы вручную изымались раковины моллюсков (как мёртвых, так и живых), а также различные бентосные организмы, которые, как и в случае с макрофитными пробами, складывались в контейнеры для последующего учета. При этом раковины, отобранные с разных видов макрофитов одной и той же пробы, учитывались отдельно.



Рисунок 4 – друза раковин *Dreissena polymorpha* из пробы грунта

После этого проводился количественный учет раковин дрейссены, при этом учет мертвых особей проводился по створкам раковин. Раковины из проб грунтов и макрофитных проб на одной и той же станции также учитывали отдельно. Далее, с помощью электронного штангенциркуля с ценой деления в десятую долю миллиметра проводились замеры длины, ширины и высоты каждой живой особи дрейссены. После проведения замеров рассчитывались средние показатели длины, ширины и высоты раковины для каждой станции. На некоторых станциях учитывали индивидуальный вес особей дрейссены.

Ниже представлена краткая характеристика станций отбора проб, включающая координаты и глубину, на которой находилась та или иная станция.

Таблица 1 – характеристика станций отбора проб на обследованных трансектах

№ трансекты	Станция	Дата отбора пробы	GPS координаты	Глубина, м.
1	S1	21 июля 2016 г.	N 54 54.097 E 026 43.811	1,9
1	S2	21 июля 2016 г.	N 54 54.035 E 026 43.774	2,5
1	S3	21 июля 2016 г.	N 54 53.993 E 026 43.764	3,1
1	S4	21 июля 2016 г.	N 54 53.976 E 026 43.754	3,0
1	S5	21 июля 2016 г.	N 54 53.917 E 026 43.711	4,7
1	S6	21 июля 2016 г.	N 54 53.895 E 026 43.720	3,1
2	S7	21 июля 2016 г.	N 54 53.134 E 026 42.060	6,6

Продолжение таблицы 1

№ трансекты	Станция	Дата сбора пробы	GPS координаты	Глубина, м.
2	S8	21 июля 2016 г.	N 54 53.136 E 026 42.015	5,5
2	S9	21 июля 2016 г.	N 54 53.144 E 026 41.952	4,7
2	S10	21 июля 2016 г.	N 54 53.137 E 026 41.889	3,0
2	S11	21 июля 2016 г.	N 54 53.125 E 026 41.571	2,5
2	S12	21 июля 2016 г.	N 54 53.124 E 026 41.361	2,2
2	S13	21 июля 2016 г.	N 54 53.123 E 026 41.291	2,1
2	S14	21 июля 2016 г.	N 54 53.126 E 026 41.226	2,2
2	S15	21 июля 2016 г.	N 54 53.126 E 026 41.166	2,2
2	S16	21 июля 2016 г.	N 54 53.126 E 026 41.118	1,5
3	S17	22 июля 2016 г.	N 54 52.262 E 026 43.394	4,6
3	S18	22 июля 2016 г.	N 54 52.458 E 026 43.433	1,8
3	S19	22 июля 2016 г.	N 54 52.466 E 026 43.439	1,6
4	S20	22 июля 2016 г.	N 54 52.800 E 026 46.757	1,6
4	S21	22 июля 2016 г.	N 54 52.729 E 026 46.742	1,7
4	S22	22 июля 2016 г.	N 54 52.677 E 026 46.737	2,1
4	S23	22 июля 2016 г.	N 54 52.592 E 026 46.750	2,4
4	S24	22 июля 2016 г.	N 54 52.344 E 026 46.750	3,0
5	S25	24 июля 2016 г.	N 54 52.088 E 026 51.369	2,6
5	S26	24 июля 2016 г.	N 54 52.027 E 026 51.142	3,8
5	S27	24 июля 2016 г.	N 54 52.017 E 026 51.095	4,5
5	S28	24 июля 2016 г.	N 54 52.994 E 026 51.041	7,0
5	S29	24 июля 2016 г.	N 54 52.981 E 026 50.997	7,4

Описание и сравнение трансект проводилось на основании полученных данных, однако это позволило бы сравнить исключительно станции, поэтому описание участков между станциями отбора проб велось по видеозаписям, полученным в ходе прохождения дайверами соответствующей трансекты.

Видеосъемка велась с помощью видеокамеры фирмы GoPro, оснащенной водонепроницаемым чехлом, не влияющим на качество итоговой записи. Качество видеоматериала, разумеется, недостаточно для точного видового определения растений, однако приемлемо для безошибочного определения растений до рода (телорез, хара, элодея и так далее), и описания различных растительных ассоциаций.

ГЛАВА 3 РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

3.1 Описание и сравнение исследованных трансект

Ниже представлено описание станций отбора проб по трансектам. Сухие веса проб макрофитов представлены в таблице 2:

Трансекта 1, Станция S1: плотно растущие заросли хары. Рельеф неровный, достаточно много кочек и впадин. Подобная картина наблюдается на протяжении следующих 300 метров до станции S2, равно как и на самой станции. Однако, плотность зарослей хары на *станции S2* несколько ниже, что подтверждается весом отобранной пробы. По пути к станции 3 степень неровности рельефа постепенно увеличивается: становятся отчетливо видны достаточно крупные впадины, однако новые виды макрофитов не обнаруживаются ещё какое-то время. Однако вскоре появляются одиночные растения роголистника, впрочем, они явно слишком редки, чтобы вести речь о некой растительной ассоциации.

Станция S3 представляет собой всё тот же харовый «ковёр», расположившийся на неровном, бугристом рельефе, однако его плотность всё же выше, чем на предыдущей станции. Кроме того, в пробе было обнаружено одиночное растение телореза. Следует отметить, что на видеозаписи в области отбора проб визуально не обнаруживаются какие-либо растения, кроме хары, что позволяет судить о возможном наличии большего числа растений телореза, слишком мелких, чтобы выделяться на фоне хары.

Впрочем, данное предположение подтвердится, если взглянуть на продолжение записи: буквально через пару метров от места отбора пробы начинаются заросли телореза (рисунок 5). Впрочем, среди растений телореза отчетливо проглядывает хара, а также одиночные «стебли» элодеи.



Рисунок 5 – смена растительной ассоциации

Дальнейший просмотр видеозаписи показывает, что хара постепенно исчезает из наблюдаемой ассоциации, практически полностью пропадая из виду в центре зарослей телореза. Однако спустя буквально две минуты становится очевидно, что наблюдаемая ассоциация является, по сути, мозаичным вкраплением в заросли хары, однако такое вкрапление отнюдь не единственно. Фактически, в данной области трансекты заросли хары и телореза чередуются с довольно большой частотой, а большие размеры растений телореза позволяют достаточно четко определить границы того или иного «вкрапления». Также следует обратить внимание на то, что элодея к этому моменту (глубина около 3-х метров) встречается достаточно часто, и представлена как одиночными стеблями, так и их скоплениями. Кроме этого, по мере приближения к станции S4 повышается встречаемость роголистника, и вблизи станции уже не составляет труда выделить его на фоне элодеи и телореза. Хара к этому моменту пропадает из поля зрения, однако, видеозапись свидетельствует о сохранении мозаичного расположения растительных ассоциаций, потому будет ошибочным считать, что хара на данной глубине более не встречается. Тем не менее, проба, отобранная на *станции S4*, показала отсутствие хары в данной ассоциации (телорез, роголистник, элодея).

Несмотря на малый вес в пробе, плотность элодеи в районе станции, а также после неё постепенно повышается, и на глубине 3,7 м. элодея определенно становится доминирующим видом (рисунок 6)



Рисунок 6 – граница зарослей элодеи

Дальнейший просмотр видеозаписи выявил любопытный факт: мозаичность в расположении ассоциаций не исчезла, но изменилась с типа «телорез-хара» на «телорез-элодея». Впрочем, весьма скоро вкрапления харовых зарослей появляются в поле зрения, но пропадают из виду так же

внезапно, как и появились. И далее (глубина около 4 м.) наблюдаются исключительно заросли элодеи, среди стеблей которой иногда проглядывают одиночные стебли роголистника, но по мере дальнейшего приближения к *станции S5* элодея становится единственным наблюдаемым видом. Это подтверждается и отобранной пробой – никаких других макрофитов, кроме элодеи, в ней обнаружено не было.

По пути к станции S6 глубина постепенно уменьшается до трёх метров, и элодея довольно резко сменяется харовыми зарослями, продолжающимися до самой станции. К сожалению, проба, взятая со станции S6, не сохранилась, потому единственными имеющимися по ней данными является видеозапись погружения.

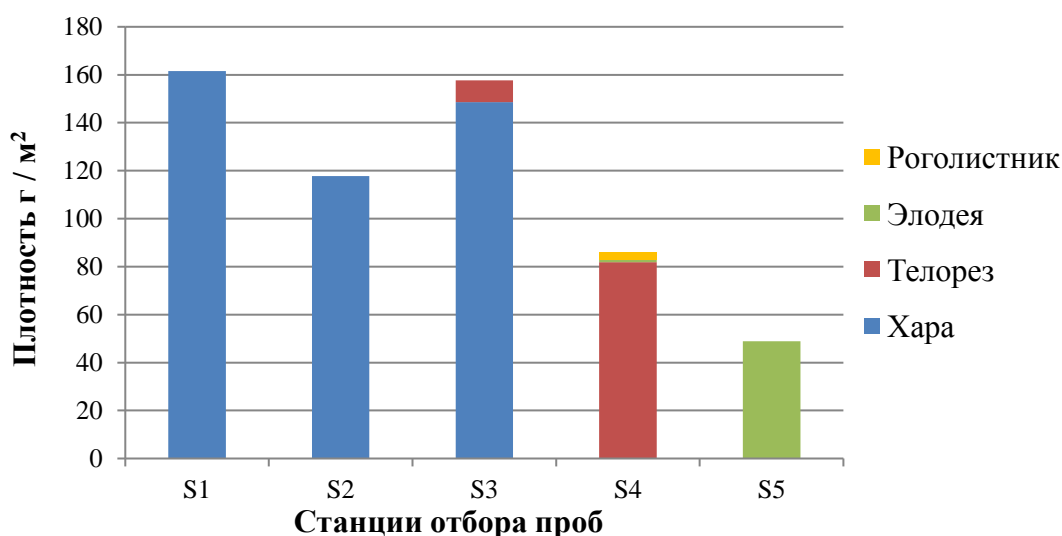


Рисунок 7 – плотность макрофитов на станциях трансекты 1

Подытожим наши наблюдения: трансекта 1 охватила достаточно разнообразные растительные ассоциации, к тому же, расположенные весьма интересным образом

Трансекта 2 В силу того, что данная трансекта проходила в направлении к берегу, описание данной трансекты будет вестись в том же направлении. Итак, трансекта начинается со *станции S7*, расположенной на глубине 6,6 метров. Недалеко от станции отбора проб располагалась граница зарослей макрофитов (рисунок 8)

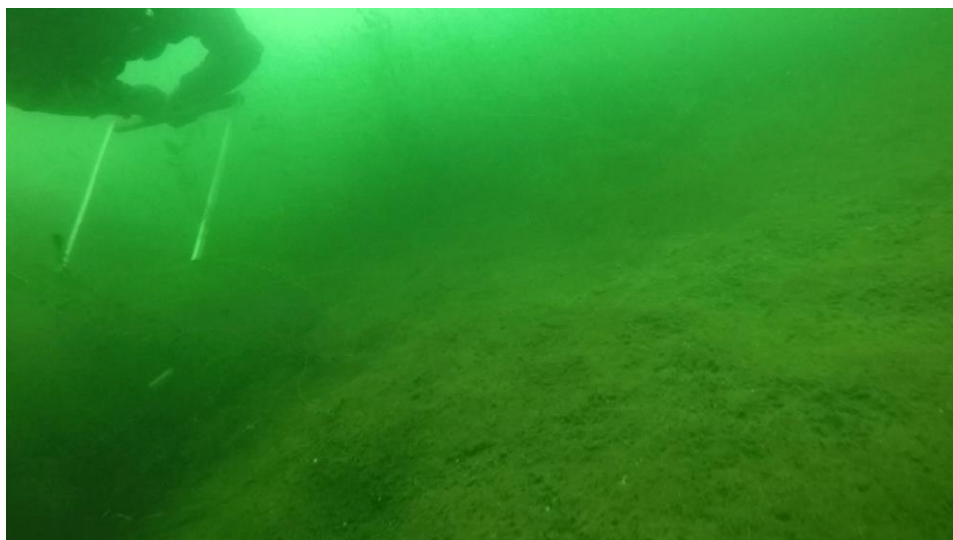


Рисунок 8 – граница зарослей макрофитов

Сама станция представляет собой достаточно плотные и высокие заросли элодеи, без каких-либо иных видов макрофитов. Однако на пути к следующей станции (глубина около 4,5 метра) постепенно появляются сначала одиночные «стебли» а затем уже легко различимые вкрапления роголистника, высотой зачастую превосходящие элодею. Вскоре после этого начинает встречаться и хара, при этом наблюдается очень четкая граница между данными растительными ассоциациями. Среди весьма плотных харовых зарослей проглядывают стебли рдеста, и на самой *станции S8* (глубина – 5,5 метров) рдест уже встречается довольно часто. (сухой вес рдеста – 7,08 г., а хары – 177,1 г.).

На пути к станции *S9* наблюдаемая картина не меняется, разве что рельеф дна становится более «изрытым», и посреди харослей хары изредка проглядывают одиночные растения роголистника и элодеи. Рдест же, по мере отдаления от станции *S8*, встречается всё реже, пока, наконец, полностью не пропадает из виду в районе *станции S9*. Таким образом, станция представляет собой довольно плотные харовые заросли, расположенные на глубине 4.7 метра. Однако, происходит снижение плотности зарослей по сравнению с предыдущей станцией примерно в два раза. По пути к станции *S10* заросли хары продолжают, и каких-либо значимых изменений в рельефе или же растительных ассоциаций выделить не удастся. Сама *станция S10* отличается от предыдущей разве что своей глубиной (3 метра). По пути к станции *S11* начинаются некоторые изменения: сначала появляются одиночные растения рдеста, несколько позже – роголистник и элодея. Их встречаемость постепенно возрастает, пока, наконец, хара полностью не пропадает из виду в области *станции S11*. Сама станция представляет собой довольно редко растущие рдест, элодею и роголистник на глубине 2,5 метра. Однако, поскольку вскоре после

станции снова начинаются заросли хары, можно судить об очередном проявлении мозаичного расположения растительных ассоциаций. Довольно быстро из виду пропадает элодея, несколько позже – рдест. Однако роголистник наблюдается вплоть до *станции S12*. Стоит также отметить, что заросли хары в этой области достаточно низкорослые, и не столь плотные, как на предыдущих станциях. Это подтверждается и отобранной на станции S12 пробой. Кроме того, в пробе был обнаружен мох фонтиналис.

По мере отдаления от станции, среди зарослей хары начинают появляться «стебли» элодеи, тогда как роголистник, напротив, пропадает из виду. Незадолго до *станции S13* (глубина около 2,3 метра) начинаются весьма плотные заросли элодеи, при этом какие-либо другие макрофиты среди них не обнаруживаются. Впрочем, отсутствие чего-либо, кроме элодеи, в этих зарослях подтвердила и проба, взятая на станции S13, содержащая исключительно элодею. Довольно резкая смена растительной ассоциации наталкивает на мысль о том, что мы наблюдаем очередной пример мозаичности, и это предположение подтверждается при дальнейшем просмотре видеозаписи: заросли элодеи пропадают так же резко, как и появились, уступая место телорезу и харе, причем доля последней постепенно повышается по мере приближения к *станции S14*. На самой станции ассоциация «хара-телорез» сохраняется. Впрочем, телорез пропадает из ассоциации через пару десятков метров после станции S14.

По пути к *станции S15* наблюдается довольно однообразные плотные заросли хары на «изрытом» рельефе. На самой станции картина аналогична. Большую часть пути до станции S16 каких-либо изменений в придонном пейзаже, за исключением редких одиночных стебли рдеста, нет. Однако приблизительно за 10 метров до *станции S16* заросли хары резко меняют свой облик: довольно высокие ярко-зелёные заросли сменяются низкими, более блеклыми растениями. Рельеф при этом выравнивается. (рисунок 9)

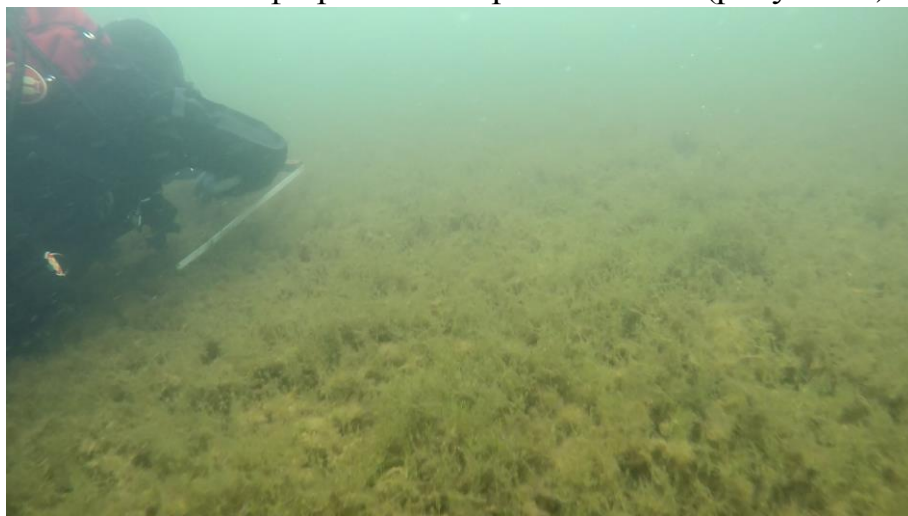


Рисунок 9 – хара недалеко от станции S16

Возможно, данное изменение можно объяснить падением глубины на данном участке (с 2,2 метра у станции 15 до 1,5 в области станции S16). Подобная картина наблюдается и на самой станции S16. Во взятой пробе не были обнаружены иные макрофиты, однако плотность хары в данной области довольно велика.

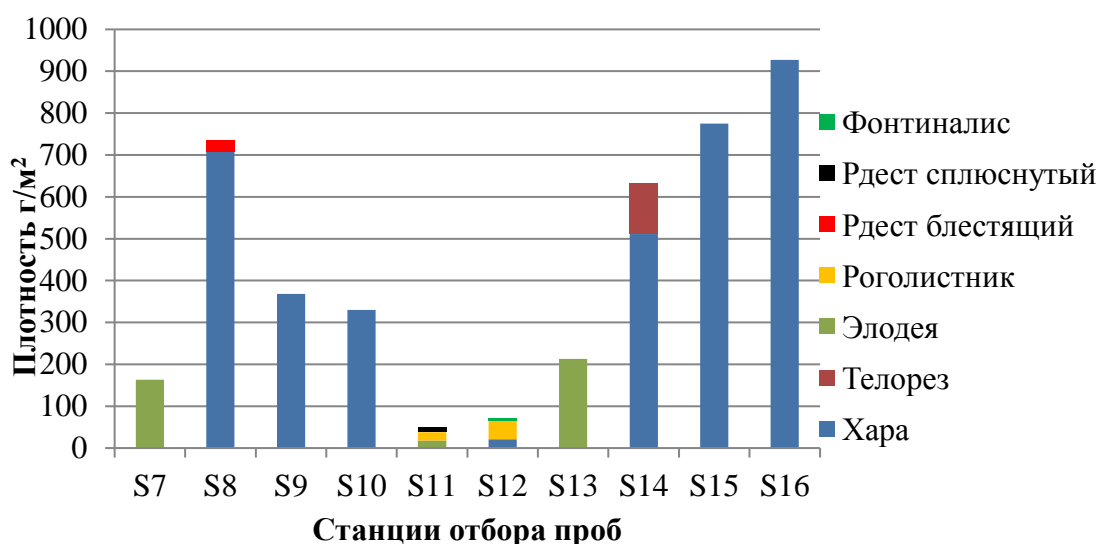


Рисунок 10 – плотность макрофитов на станциях трансекты 2

Как видите, наибольшая плотность макрофитов наблюдалась в области литоральных станций S15 и S16, в то же время, минимальная плотность макрофитов наблюдалась на станциях, демонстрирующих наибольшее видовое разнообразие макрофитов.

Следующая трансекта, безусловно, не может похвастаться столь большим количеством станций отбора проб, однако на то есть вполне объективная причина – на данном маршруте попросту не было выявлено каких-либо значимых изменений на большей её части, потому и было решено обойтись всего тремя станциями. Итак, перейдем к рассмотрению трансекты 3.

Как и в предыдущем случае, **трансекта 3** проходила в направлении к берегу, поэтому описание будет представлено аналогичным образом.

Итак, трансекта начинается со *станции S17*, расположенной на глубине 4,6 метров, и представляет собой заросли элодеи и роголистника средней плотности. Спустя несколько метров после станции роголистник резко пропадает из ассоциации, и на протяжении около 20-30 метров продолжают заросли элодеи. Однако вскоре заросли элодеи резко обрываются, уступая место телорезу и харе (рисунок 11)



Рисунок 12 – граница между зарослями элодеи и телореза

Следует отметить, что телорез на данном участке встречается в виде небольших вкраплений на фоне хары, и подобные вкрапления продолжают появляться на протяжении почти всего пути до *станции S18*, окончательно пропадая примерно в двадцати метрах от самой станции. Следует сказать, что к этому моменту хара становится более низкорослой, что, впрочем, объясняется резким падением глубины с 3-х до полутора метров. Какие-либо другие макрофиты в пробе обнаружены не были.

На пути к последней станции данной трансекты вновь появляются вкрапления телореза, и данная ассоциация сохраняется вплоть до *станции S19*, однако в пробу телорез не попал. При этом визуальную плотность зарослей хары возрастает. Впрочем, анализ пробы S19 позволяет говорить об этом с полной уверенностью. Что интересно, на данной трансекте максимальная плотность харовых зарослей была несколько ниже, чем на трансекте 2 (рисунок 13).

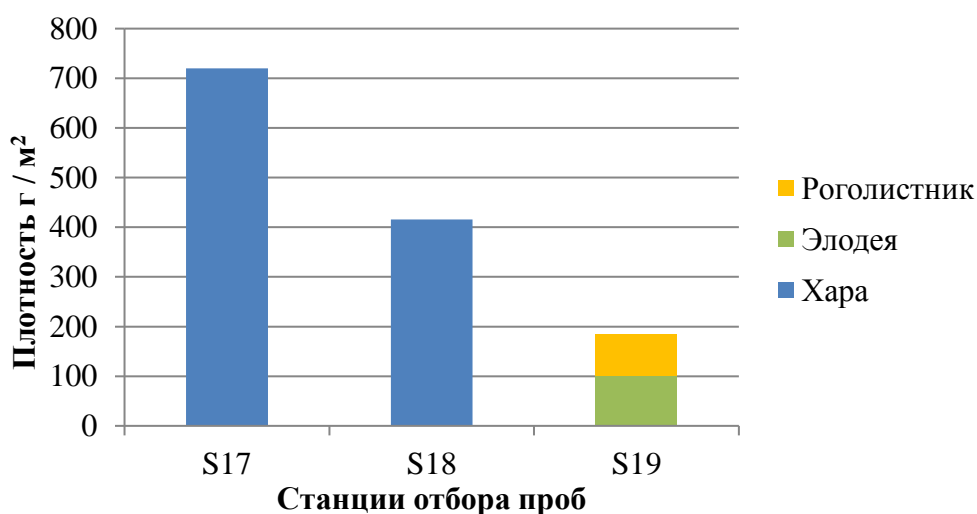


Рисунок 13 – плотность макрофитов на станциях трансекты 3

Трансекта 4 начинается со *станции S20*, находящейся на глубине 1,6 метров. Данная станция представляет собой харовые заросли на достаточно ровном рельефе. Среди хары можно заметить редкие растения роголистника. Однако, несмотря на то, что на видеозаписи роголистник явно виден в области отбора пробы, выделить его в самой пробе для отдельного взвешивания оказалось невозможным.

Вскоре после станции отбора проб среди хары начинают проглядывать редкие одиночные растения рдеста. Спустя пару десятков метров начинает меняться рельеф дна: появляются явно видные кочки и впадины. Хара визуально кажется выше, чем на предыдущей станции. Вскоре после этого наблюдается «пятно» рдеста среди хары (рисунок 14)



Рисунок 14 – вкрапления рдеста посреди зарослей хары

Впрочем, данное скопление продолжается едва ли более 5-ти метров, и дальше мы наблюдаем исключительно харовые заросли. Рдест же лишь периодически появляется в поле зрения в виде одиночных растений. Подобная картина наблюдается и на *станции S21*. Однако результат анализа пробы оказался довольно любопытным: кроме очевидной хары и вполне ожидаемого фонтиналиса, в пробе оказалось растение элодеи. При этом, на видеозаписи никаких следов присутствия элодеи не наблюдалось.

После станции S21 неровность рельефа постепенно увеличивается. При этом среди харовых зарослей продолжают встречаться одиночные растения рдеста небольших размеров. Через некоторое время поверхность становится настолько неровной, что начинают формироваться своеобразные харовые «хребты» (рисунок 15)



Рисунок 15 – харовый «хребет»

Всё это время рдест продолжает встречаться в виде редких одиночных растений, однако иногда встречаются скопления в 2-4 штуки. Удивляет протяженность харового пояса на данной трансекте, равно как и отсутствие вкраплений иных видов макрофитов, кроме рдеста. Однако, помня про результаты анализа пробы S21, можно предположить, что среди хары всё же встречаются другие представители погруженных макрофитов, но их малые размеры не позволяют выявить их на фоне плотных харовых зарослей. Данное предположение вскоре подтверждается, поскольку среди хары начинают изредка проглядывать одиночные растения роголистника и элодеи, а через пару метров появляется небольшое скопление роголистника (рисунок 16).



Рисунок 16 – скопление роголистника

Стоит так же отметить пологость дна на данной трансекте – в момент появления роголистника глубина едва достигает двух метров, несмотря на то, что расстояние до берега составляет около 360 метров.

Впрочем, говорить о полной смене растительной ассоциации пока не приходится – хара всё ещё доминирует над остальными макрофитами. Таким образом мы подходим к *станции S22*. Визуально область отбора проб не отличается от рассмотренного ранее пейзажа, а анализ пробы выявил следующие макрофиты: хара, нитчатка, роголистник и фонтиналис.

Через 10-15 метров от станции заросли хары наконец обрываются, уступая место телорезу, элодее и роголистнику, однако телорез из этой ассоциации выпадает так же резко, как и появился. Ассоциация «роголистник-элодея» продолжается в течение достаточно большого промежутка времени, однако доля роголистника постепенно падает, пока, наконец, к *станции S23* в поле зрения не остается одна элодея. Станция располагалась на глубине 2,4 метра.

Однако, вскоре роголистник вновь появляется в ассоциации. Более того, по мере приближения к станции S24 в поле зрения появляется хара. Данная ассоциация сохраняется вплоть до самой *станции S24*, расположенной на глубине 3 метра, однако при этом доля элодеи постоянно падает, и сама станция представляет собой скорее хару с вкраплениями роголистника и элодеи.

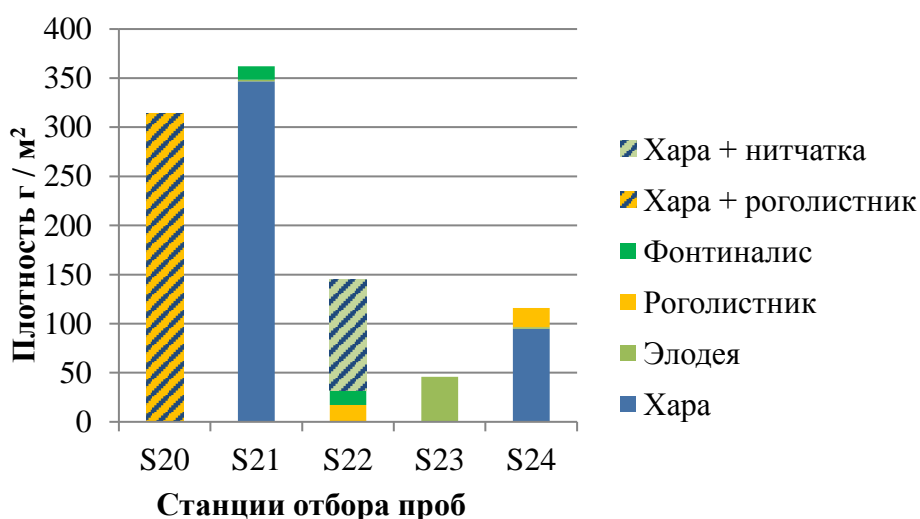


Рисунок 17 – плотность макрофитов на станциях трансекты 4

Как видите, ассоциации, включающие в себя хару, в очередной раз показали наибольшую плотность. При этом плотность зарослей постепенно снижается с понижением глубины (речь идет о средних и больших глубинах).

При этом, трансекта проходила по достаточно пологому «склону», что обусловило достаточно большую протяженность харового пояса.

Маршрут **трансекты 5** проходил недалеко от реки Скема, соединяющей оз. Нарочь и Мястро. Описание данной трансекты будет кратко в силу того, что на протяжении всей трансекты продолжается одна и та же ассоциация, а именно – харовые заросли. На отрезке пути от станции S25 до станции S27 периодически можно увидеть одиночные растения элодеи и роголистника, однако частота их встречаемости чрезвычайно мала. По мере погружения на всё большие глубины изменяется лишь внешний вид хары: она становится всё более пожухлой, редкой. Стоит отметить, что на *станции S28*, располагавшейся на глубине семи метров, кроме хары так же находился рдест, но к этому моменту уже явно наблюдается отсутствие благоприятных условий для макрофиток.: хара на высоких глубинах имеет куда меньшее количество разветвлений таллома, да и сами заросли имеют куда меньшую плотность. Тем не менее, именно на данной трансекте была зарегистрирована максимальная глубина распространения макрофитов, а именно – 7,4 метра (*станция S29*). На данном участке дна хара представлена чахлыми одиночными растениями, проективное покрытие которых едва достигало 25-30% от площади рамки. Это видно и на итоговом графике плотности (рисунок 18)

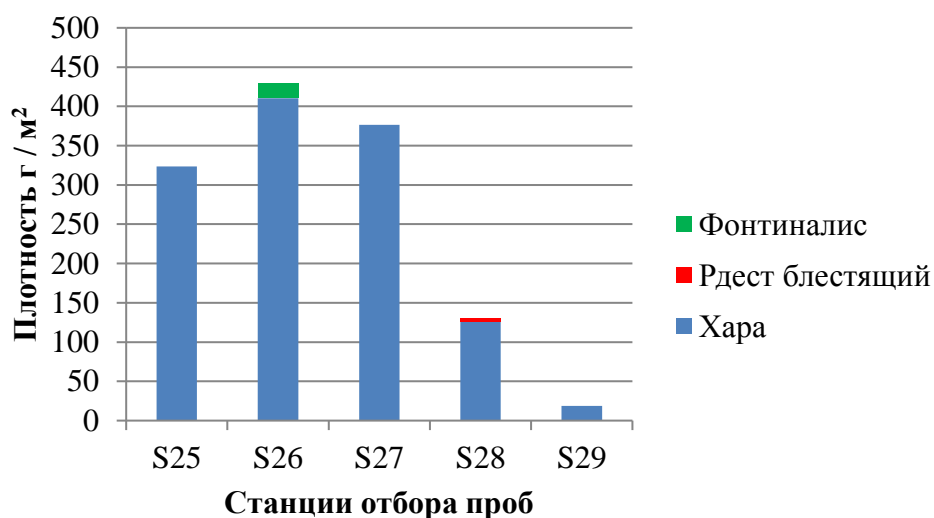


Рисунок 18 – плотность макрофитов на станциях трансекты 5

Резкое падение плотности зарослей хары между станциями S27 и S28 отражает резкое повышение глубины на данном участке трансекты. Интересно и то, что заросли хары достигают максимальной плотности на станции S26, тогда как на первой станции данной трансекты плотность хары отстаёт на 100 г/м². Подытожим описание трансект следующей таблицей, уже упомянутой в начале этого раздела.

Таблица 2 – сырая и воздушно-сухая масса проб погруженных макрофитов

Трансекта	Станция	Вид	Сырая масса, г	Воздушно-сухая масса, г
1	S1	Хара	1005,3	161,57
1	S2	Хара	605,15	117,7
1	S3	Телорез	99,8	9,15
1	S3	Хара	711,5	148,54
1	S4	Телорез	917,4	81,92
1	S4	Элодея	9,17	0,9
1	S4	Роголистник	49,4	3,07
1	S5	Элодея	585,5	48,87
1	S6	Хара	-	-
2	S7	Элодея	635,8	40,87
2	S8	Рдест блестящий	52,53	7,08
2	S8	Хара	792,3	177,1
2	S9	Хара	593,5	92,11
2	S10	Хара	543,1	82,48
2	S11	Рдест сплюснутый	18,67	2,87
2	S11	Элодея	57,31	4,45
2	S11	Роголистник	75,93	5,04
2	S12	Роголистник	11,96	10,79
2	S12	Фонтиналис	18,85	1,79
2	S12	Хара	57	5,3
2	S13	Элодея	774	53,14
2	S14	Телорез	431,3	30,11
2	S14	Хара	713,9	127,74
2	S15	Хара	658,4	193,73
2	S16	Хара	958,2	231,77
3	S17	Хара	1004,01	179,99
3	S18	Хара	456,9	103,98
3	S19	Элодея	233,3	25,44
3	S19	Роголистник	207,9	20,85
4	S20	Хара + роголистник	302,6	78,66
4	S21	Фонтиналис	37,34	3,45
4	S21	Элодея	2,04	0,43
4	S21	Хара	337,35	86,67
4	S22	Хара + нитчатка	252,8	28,20
4	S22	Фонтиналис	34	3,71
4	S22	Роголистник	28	4,28

Продолжение таблицы 2

Трансекта	Станция	Вид	Сырая масса, г	Воздушно-сухая масса, г
4	S23	Элодея	191,2	11,49
4	S24	Элодея	3,18	0,4
4	S24	Роголистник	73,48	4,91
4	S24	Хара	148,26	23,67
5	S25	Хара	370,83	80,88
5	S26	Хара	439,34	102,55
5	S26	Фонтиналис	52,35	4,74
5	S27	Хара	441,26	94,13
5	S28	Хара	179,99	31,50
5	S28	Рдест блестящий	4,53	1,19
5	S29	Хара	19,21	4,71

Как видно из таблицы, заросли хары на первой и третьей трансекте (пробы S1 и S17) имели наибольший сырой вес, однако их воздушно-сухой вес ничем не выделяется на фоне некоторых других станций. Это объясняется тем, что отрезок времени от получения пробы до её первого взвешивания различался от одной пробы к другой. По этой причине одни пробы могли просохнуть больше, чем другие, поэтому во избежание излишней неточности при оценке плотности был использован воздушно-сухой вес.

Таким образом, наибольшая плотность харовых зарослей выявлена на станции S16, и составила примерно 927 г/м^2 , тогда как минимальная плотность харовых зарослей ожидаемо оказалась на станции S29, и составила чуть меньше 19 г/м^2 . Однако в целом следует отметить трансекту 2 как обладающую харовыми зарослями наибольшей плотности. При этом интересно отметить станцию S8, находящуюся на глубине 5,5 метров. Хотя хара на такой глубине почти не встречалась на других трансектах, здесь она обладает плотностью в 708 г/м^2 , то есть данная станция занимает четвертое место по величине данного показателя, тогда как все остальные станции, чей показатель плотности хары примерно сопоставим с таковым у S8, находятся на глубинах до 3-х метров.

Что же касается плотности иных видов макрофитов, то тут следует обратить внимание на пробу S4, плотность телореза на которой составила 327 г/м^2 , что является наибольшей величиной среди всех проб макрофитов, за исключением хары.

Продолжим сравнение трансект между собой, рассмотрев, для начала, черты, общие для всех пяти маршрутов, а затем перейдем к различиям.

Итак, наиболее очевидным сходством является харовый пояс, находящийся на небольших и средних глубинах (до 2,5-3 метров). На всех пяти трансектах внешний вид данного пояса примерно одинаков: это довольно плотный харовый «ковёр», с редкими одиночными растениями других видов. Протяженность данного пояса на разных трансектах различна, поскольку пологость дна на разных участках озера различна, а, как мы уже отметили, данный пояс растительности наблюдается до вполне конкретной глубины. Особенно выделилась в этом плане трансекта 4, где харовый пояс занимал большую часть маршрута, видимо, из-за довольно пологого дна.

Далее мы могли бы обсуждать оставшиеся сходные черты, как то мозаичное расположение ассоциаций на средних глубинах, однако среди всех трансект выделяется трансекта 5, не имеющая никаких иных общих черт с остальными четырьмя пройденными маршрутами, если не считать наличия харового пояса на малых глубинах. Но вернёмся к мозаичности. Как мы помним, на средних глубинах начинается резкая смена растительных ассоциаций. Мы могли наблюдать ассоциации типа «телорез-хара», «элодея-роголистник», «хара-элодея-роголистник» и так далее. При этом между ассоциациями зачастую имеется весьма четкая граница. Однако на трансекте 5 подобная мозаичность отсутствует. Как мы помним, пятая трансекта представляет собой непрерывный харовый пояс, продолжающийся вплоть до глубин в 7,5 метров. И это наталкивает нас на следующую черту, присущую всем трансектам, кроме пятой, а именно – наличие пояса элодеи на высоких глубинах (примерно с 4,5 до 6,5 метров).

Таким образом, мы наблюдаем некий архетип, согласно которому расположены растительные ассоциации, а именно: харовый пояс на малых и средних глубинах, затем (примерно с 2,5-3 метров) пояс мозаично расположенных ассоциаций, и, наконец, пояс элодеи на высоких глубинах (примерно с пяти метров). Стоит отметить, что практически всегда по мере приближения к поясу элодеи увеличивается частота появления ассоциаций типа «роголистник-элодея» в мозаичном поясе. Однако это лишь общая схема, и, конечно, в каждом конкретном случае мы будем наблюдать те или иные отличия как в плотности зарослей на той или иной глубине, так и в продолжительности того или иного пояса. К тому же, возможны и достаточно серьёзные изменения в схеме расположения ассоциаций, что наглядно продемонстрировала трансекта 5. К сожалению, пока что сложно сказать, в чём причина отсутствия разнообразия растительных ассоциаций на данном участке дна.

Также следует отметить довольно любопытную смену ассоциаций на второй трансекте, в частности, наличие хары на довольно большой (5.5 м.)

глубине, хотя согласно общей схеме здесь следовало бы ожидать увидеть заросли элодеи. Впрочем, пояс элодеи здесь имеет место быть, но на чуть большей глубине (после шести метров). Кроме того, вторая трансекта имеет ещё одну интересную особенность, а именно, достаточно большая встречаемость рдеста по ходу трансекты, причем на различных глубинах.

Взглянув на батиметрическую карту Нарочи, представленную на рисунке, можно увидеть, что рельеф дна отличался от трансекты к трансекте, но всю глубину этих отличий куда лучше видно при просмотре видеозаписей погружений, ведь, как мы уже разобрались, на глубинах с разницей в четыре метра могут встречаться абсолютно разные растительные ассоциации. Тем не менее, в рамках данного раздела следует отметить, что среди исследованных трансект следует выделить трансекту 4, как максимально однородную по своему рельефу. Похожая ситуация наблюдается и с третьей трансектой, также имеющей весьма пологий склон, однако перед последней станцией данной трансекты всё же происходит довольно резкое повышение глубины до 4,6 метров.

Что любопытно, трансекта 5 также не может похвастаться разнообразием рельефа. На протяжении всей трансекты происходит довольно резкое увеличение глубины вплоть до 7,4 метров на последней станции.

Оставшиеся две трансекты всё же имеют некоторые особенности в своём рельефе. Так, трансекта 1 проходила через впадину, в пределах которой, на глубине 4,7 метров, была взята проба №5, но уже к шестой станции впадина заканчивается. В то же время вторая трансекта примечательна тем, что в её рамках был охвачен наибольший диапазон глубин (с 1,5 по 6,6 метра).

Таким образом, мы завершили анализ исследованных пяти трансект. Потому перейдем к рассмотрению литоральных станций.

3.2 Характеристика литоральных станций и развивающихся там макрофитов

Известно, что литоральная зона представляет собой экотон, что ведет за собой увеличение биоразнообразия на данной территории. Используемая нами методика как раз позволила учесть данный факт. В результате нами были обнаружены не только различные растительные ассоциации, но и заросли макрофитов (в основном, хары) различной плотности. Но поскольку плотность зарослей оценивалась на глаз, то далее они будут упоминаться как «хара густая», «хара редкая», и так далее. Как уже говорилось в разделе «материалы и методы», литоральные станции не всегда располагались на одной линии с основной трансектой. И тому есть одна весьма банальная причина: зачастую в

этих местах попросту не было нормального спуска к воде. Расположение литоральных станций продемонстрировано на рисунке

Как видно из карты, нами были изучены шесть станций, тогда как трансект – всего пять. Тому есть причина. Дело в том, что было весьма затруднительно взять пробы в районе трансекты 4 из-за очень крутого берега и каменистого дна на данном участке озера, что делало пеший спуск к воде не только трудным, но и небезопасным. Потому изначально было принято решение о сборе проб со станции SL2. Однако в последствие нам всё же выпала возможность собрать пробы на станции SL3, подойдя к ней на лодке. А поскольку станция 2 представляла собой достаточно интересный биотоп, не повторяющийся на других станциях, было решено оставить её в числе «рабочих». Но приступим к описанию самих станций.

Станция SL1 располагалась к северу от р. Скема. Берег у станции довольно плотно зарос деревьями и кустарниками, местами доходящими до воды, однако на берегу имеется маленький (около 3-4 метров) пляж. У берега дно песчаное, но по мере отдаления начинают появляться заросли хары, и дно в этих местах довольно илистое. Стоит отметить, что хара распространена весьма неравномерно, и чёткого градиента плотности выявить не удастся. На дне довольно часто встречаются друзы дрейссены небольших размеров. Местами среди хары растёт рдест.

Станция SL2 находилась к югу от деревни Пасынки на небольшом пляже (около 10 метров длиной). Деревьев меньше, чем на предыдущей станции, однако их кроны нависают над водой. При этом кустарники по краям пляжа всё так же доходят до воды. Недалеко от берега располагаются достаточно плотные и высокие заросли тростника. Дно очень илистое, дрейссены на дне обнаружено не было. Заросли хары на первый взгляд однородны, однако при ближайшем рассмотрении оказывается, что имеет место быть достаточно большая разница в плотности этих зарослей. Местами среди хары встречается рдест, а также роголистник, при этом в нескольких местах последний преобладает над харой.

Недалеко от этого места располагается *станция SL3*. Берег у станции обрывистый, песчаный. Дно усеяно камнями разных размеров, вплоть до весьма крупных экземпляров, многие из которых обросли харой и/или друзами дрейссены, под камнями дрейссена встречается в виде одиночных особей. Хара растёт более-менее однородно. Какие-либо другие макрофиты обнаружены не были.

На пляже у биостанции находилась *станция SL4*. По краям пляжа имеются заросли тростника различной плотности, а также небольшое скопление растений ежеголовника. К берегу зачастую прибывает оторванные

талломы хары, элодеи и других макрофитов, при этом кое-где хара прикрепилась ко дну. По мере отдаления от берега появляются «островки» хары разной протяженности, а по дну разбросаны друзды дрейссены различного размера. Дно весьма илистое, однако сверху лежит тонкий слой песка.

Станция SL5 находилась к югу от д. Степенёво. Берег зарос травой, и свободная от деревьев площадь едва достигает 10-15 метров. Кроны деревьев свисают над водой, а под ними расположены плотные заросли тростника. Дно очень илистое, и у берега находятся лишь разлагающиеся остатки хары. Подобная картина наблюдается на протяжении нескольких метров от берега, и лишь затем начинают появляться живые макрофиты. Однако и там не было обнаружено ничего, кроме хары.

Станция SL6 была расположена у края «косы» разделяющей большой и малый плёсы озера. На берегу сильно развита околотовдная растительность. Имеются плотные заросли тростника, при этом на протяжении трёх-пяти метров от берега дно покрыто неразложившимися стеблями тростника. Далее дно песчаное, ила мало. На дне имеются небольшие друзды дрейссены. Заросли хары расположены достаточно мозаично.

Итак, подытожим описание литоральных станций следующей таблицей:

Таблица 3 – результаты отбора проб макрофитов на литоральных станциях

Станция	Макрофиты	Сухой вес, г
SL1	Хара густая	156,45
	Хара редкая	28,03
	Рдест	103,52
SL2	Хара густая	105,93
	Хара редкая	23,39
	Хара и роголистник (80%)	10,04
	Рдест	5,17
SL3	Хара	453,62
SL4	Хара густая	355,59
	Хара редкая	41,82
	Хара + рдест	246,82 + 16,81
SL5	Хара	205,15
SL6	Хара густая	324
	Хара редкая	6,79

Как видите, наибольшее количество хары было собрано со станции 4, расположенной на пляже у нарочанской биостанции. Это можно объяснить тем, что хару, равно как и другие макрофиты, попросту прибывает волнами к берегу с больших глубин. Но давайте обратим внимание на станцию 3, где также было

собрано довольно большое количество хары, тогда как наименьшее её количество оказалось на станции SL2. Это достаточно интересное наблюдение, если учесть, что данные станции располагались весьма близко друг к другу. Скорее всего, причина столь большой разницы (453,62 г. сухой массы на станции SL3 против 149,36 г. на станции SL2) в том, что к третьей станции хара приносится прибоем, тогда как вторая станция расположена в ложбине, и укрыта от волн.

Но есть ли разница между литоральными пробами и образцами, взятыми с больших глубин? Пожалуй, да. Первое, что бросается в глаза – это распространение макрофитов по поверхности дна. Возьмем случайный кадр с видеозаписи погружения (рисунок 19), и увидим довольно-таки равномерно растущую хару. Тогда как у берега растения расположены неравномерно, есть большие площади, не покрытые растениями, к тому же, плотность зарослей может различаться в разы на расстоянии в пару метров. Довольно часто на литоральных станциях встречался рдест, тогда как на глубине он попадался несколько реже.



Рисунок 19 – распространение хары на средних глубинах

Что же касается иных видов макрофитов, то их отсутствие на литоральных станциях (за исключением SL2) не удивительно, ведь, как мы помним, заросли того же роголистника или элодеи начинают появляться только на средних глубинах, и им предшествует пояс харовых зарослей.

3.3 Пространственное распределение растительных ассоциаций

Выполненная работа по анализу трансект и литоральных станций позволила нанести обнаруженные нами макрофитные пояса на уже имеющуюся батиметрическую карту оз. Нарочь. Однако в силу трудоёмкости и больших временных затрат на прохождение одной трансекты была проработана лишь небольшая часть озера, а именно, его малый плёс. Имеющихся данных недостаточно, чтобы экстраполировать их на всё озеро. Однако даже этого достаточно, чтобы убедиться в применимости используемой методики и возможности дальнейшей работы в данном направлении. Тем не менее, перейдем к анализу получившейся карты (рисунок 20).

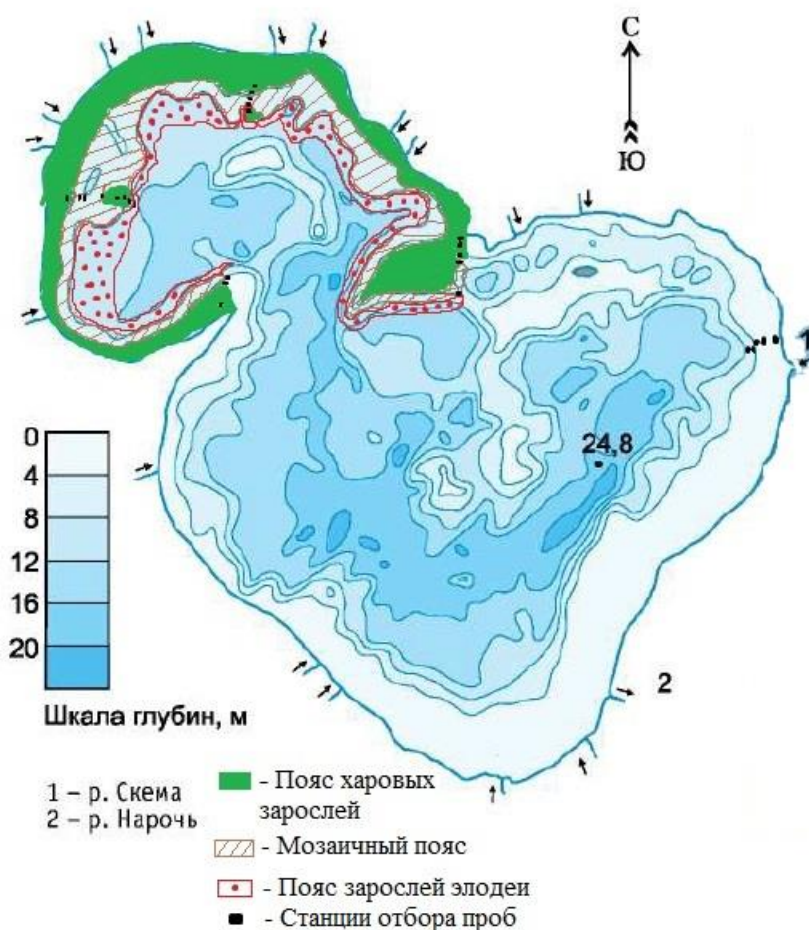


Рисунок 20 – Распространение погруженных макрофитов в оз. Нарочь

Как уже обсуждалось ранее, в ходе исследований была выявлена некая общая схема, согласно которой расположены различные растительные ассоциации. Разметка макрофитных поясов проводилась соответственно с глубинными поясами, так как на всех трансектах прослеживается более-менее

четкая привязка конкретных поясов к конкретным глубинам. Однако, картирование части озера от четвёртой до пятой трансекты не проводилось, так как пятая трансекта полностью выбивается из общей схемы, и можно предположить, что на данном участке озера расположение ассоциаций погруженных макрофитов будет так же отличаться от такового в области остальных трансект. Однако, нельзя сказать, что даже на картированном участке озера наблюдается идеальная поясность. Как видно из карты, на первой и второй трансектах перед поясом элодеи наблюдались достаточно крупные «пятна» харовых зарослей. Вполне возможно, что они попросту являются одним из компонентов мозаичного пояса, который, как мы помним, включает в себя весьма разнообразные ассоциации погруженных макрофитов. Однако обычно ассоциации довольно быстро сменяют друг друга, тогда как на данных участках хара наблюдается на довольно большой площади. Таким образом, можно предположить наличие подобных харовых «островов» и на других участках мозаичного пояса.

Обратим внимание на пояс элодеи. Следует отметить, что более-менее точно нами была определена лишь верхняя граница распространения элодеи, тогда как нижняя граница была достигнута лишь на второй трансекте и находилась на глубине около семи метров. Потому нижняя граница пояса элодеи дана весьма условно, и почти наверняка не отражает реальной ситуации.

Что касается мозаичного пояса, то, если предположение о соответствии границ поясов глубинам верно, этот пояс имеет меньшую, по сравнению с поясом хары, площадь. Кроме того, на некоторых участках озера мозаичный пояс практически выпадает, что особенно заметно на третьей трансекте и на участке к северо-востоку от трансекты 4. При этом, именно мозаичный (смешанный) пояс демонстрирует наибольшее биоразнообразие, и включает в себя все виды погруженных макрофитов, обнаруженные в ходе исследования.

В то же время харовый пояс, из-за весьма обширной литорали озера, вероятно, занимает наибольшую площадь, простираясь от берега до глубин в 2-2,5 метра. Так, расстояние от берега до конца харового пояса в районе первой трансекты составляет около 550 метров, тогда как в той же области протяженность мозаичного пояса всего 100 метров.

Подытожив, отмечу, что данная карта является не более, чем предположением, построенным на основании данных четырёх трансект, и ещё предстоит большое количество работы для её уточнения.

3.4 Сравнение численности и размерных показателей популяций моллюска *Dreissena polymorpha*, обитающих на различных растительных ассоциациях

Как уже было упомянуто в главе «материал и методы исследования», кроме работы над анализом состояния макрофитов были проанализированы популяции дрейссены на различных растительных ассоциациях. Результаты данной работы представлены в таблице 4. Однако это лишь один из многих возможных аспектов исследования дрейссены с использованием полученных данных, и в дальнейшем возможны работы по изучению зависимости распространения дрейссены от глубины, а также изменении размерных показателей моллюска на разных глубинах, однако в рамках этой работы данные исследования не проводились.

Таблица 4 – численность и размерные показатели *Dreissena polymorpha* в различных растительных ассоциациях

Растительная Ассоциация	Кол-во станций с дрейссеной	Среднее кол-во раковин дрейссены, шт	Средняя длина раковины, мм	Средняя ширина раковины, мм	Средняя высота раковины, мм
хара	7	536,29	9,64	5,10	5,29
хара, телорез	1	2432,00	10,10	4,98	4,55
телорез, роголистник, элодея	1	724	12,89	6,07	6,26
элодея	3	53,67	11,14	5,99	5,24
хара, рдест	2	30	11,73	5,80	5,40
рдест, роголистник, элодея	1	5	15,24	7,36	6,18
элодея, роголистник	1	218	11,04	5,62	4,87
хара, роголистник	1	1118	10,31	5,16	4,70
хара, элодея, фонтиналис	1	359	10,13	4,94	4,55
хара, элодея, роголистник	1	15	10,13	5,36	4,63

Как видите, в большинстве случаев наибольшее количество дрейссены наблюдалось на ассоциациях, включающих в себя хару. Однако следует отметить, что в биотопах, включающих исключительно хару, численность дрейссены изменялась в весьма широком диапазоне от 1420 на станции S16 до 20 на станции S9. Подобный разброс можно объяснить различной плотностью хары на разных станциях, равно как и различными глубинами на той или иной станции. Кроме того, возможно влияние каких-либо не выявленных факторов.

Так или иначе, харовые заросли оказались наиболее распространенной ассоциацией, а потому данные с таких станций имеют наибольшую статистическую достоверность в силу большего размера выборки. Что же касается некоторых других ассоциаций, то в ходе исследования они встречались единожды, а потому данные, полученные с таких станций, могут не до конца отражать реальную обстановку.

Остановлюсь на ассоциациях, включающих в себя элодею: зачастую эти ассоциации встречаются на средних и больших глубинах, что, возможно, негативно влияет на популяцию дрейссены, а потому в таких ассоциациях численность моллюска невелика по сравнению с харовыми зарослями. Кроме того, в отличие от элодеи, хара представляет собой весьма удобный субстрат для прикрепления моллюсков. Это касается и других видов макрофитов. Что же касается размерных показателей, то дрейссена, снятая с хара, в среднем обладала несколько меньшими размерами по сравнению с моллюсками, обитавшими в других растительных ассоциациях. В таком случае можно сделать вывод о том, что моллюски, живущие на харовых водорослях, несколько моложе своих сородичей, обитающих на иных макрофитах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несмотря на всю трудоёмкость используемого метода, удалось провести масштабное исследование погруженных макрофитов озера Нарочь. Ручной сбор материала позволяет избежать излишнего повреждения образцов, а также, что более важно, контролировать площадь сбора материала с помощью рамки. В то же время видеосъемка погружений позволила не только подробно описать станции отбора проб, но и избежать суждения о распространении макрофитов исключительно на основании данных с находящихся на некотором расстоянии станциях. Как мы могли видеть, иногда даже на небольшом расстоянии может произойти смена растительных ассоциаций, которая иначе попросту осталась бы незамеченной. Кроме данных о распространении макрофитов, нами были получены данные о плотности и весе растений в той или иной ассоциации. Таким образом, апробированная методика может найти успешное применение в дальнейших исследованиях, связанных с изучением погруженных макрофитов.

Стоит отметить, что предположение, высказанное в 90-х годах прошлого века о том, что элодеиды вытесняют харовые водоросли, не подтверждается нашими исследованиями. Фактически, элодея заняла свою нишу в глубоководной (от 4-5 до 7-8 метров) части озера, и за её пределами встречается нечасто.

Конечно, пяти трансект недостаточно для экстраполяции полученных данных на всё озеро, однако данная работа показала состоятельность используемой методики, а значит, возможна дальнейшая работа в данном направлении. В таком случае будет создана полноценная карта распространения погруженных макрофитов.

Кроме всего вышеперечисленного, была проведена работа по изучению дрейссены, обитающей в различных растительных ассоциациях, в результате которой выяснилось, что наибольшей численностью обладают популяции дрейссены, обитающие в растительных ассоциациях, включающих в себя харовые водоросли.

Таким образом, исходя из результатов работы можно сделать следующие выводы:

- Среди всех растительных ассоциаций наибольшей плотностью обладали те из них, в состав которых входила хара. Среди этих ассоциаций наибольшую плотность имели заросли на станциях S15 и 16
- На основании видеозаписей был описан и картирован участок дна оз. Нарочь.

- Наибольшее количество особей *Dreissena polymorpha* было обнаружено в харовых зарослях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Алимов, А.Ф. Элементы теории функционирования водных экосистем / А.Ф. Алимов. – М.: Наука, 2000. – 142 с.
2. Бирюкова О.В., Воротников В.П. Таксономическая структура «водного ядра» флоры бассейна реки Кудьмы (Нижегородская область) // Гидрботаника 2015: мат. VII Всерос. конф. с междунар. участием по водным макрофитам, Борок, 16-20 окт. 2015 г. – Ярославль: Филигрань, 2015. – 261 с.
3. Блакітны скарб Беларусі // Энциклопедия. – Минск: БелЭН, 2007. – С. 163–164.
4. Бурлакова, Л.Е. Экология моллюска *Dreissena Polymorpha* (Pallas) и его роль в структуре и функционировании водных экосистем: автореф. Дис. ... канд. биол. наук: 03.00.18/ Л.Е. Бурлакова; Беларус. гос. ун-т. Минск, 1998. – 18 с.
5. Бюллетень экологического состояния озер Нарочь, Мястро, Баторино (2015 год). / Т.В. Жукова и др.; под ред. Т.М. Михеевой. – Минск, БГУ. – 2016. – 113 с.
6. Вейсберг Е.И. Структура и динамика сообществ макрофитов озер Ильменского заповедника – Миасс: ИГЗ УрО РАН. 1999. – 122 с.
7. Водные ресурсы Национального парка «Нарочанский»: Справочник / Под общ. ред. В.С. Люштыка и Т.В. Жуковой. – Минск: Рифтур Принт, 2012. – 128 с. ; ил.
8. Гигевич Г.С., Власов Б.П., Вынаев Г.В. Высшие водные растения Беларуси, Эколого-биологическая характеристика, использование, охрана. // Минск, БГУ. – 2001. – 231 с.
9. Жукова А.А., Адамович Б.В., Крюк Д.В., Панько А.Ю. Состояние популяции дрейссены в оз. Нарочь по данным съемки 2016 г. // Зоологические чтения – 2017: Сборник статей Международной научно-практической конференции, Гродно, 15-17 марта 2017 г. / О.В. Янчуревич (отв. ред.) [и др.]. Гродно: ГрГУ, 2017. С. 87-90.
10. Жукова А.А. Роль комплекса «макрофиты-эпифитон» в формировании уровня первичной продукции озера Нарочь // Гидрботаника-2010: Мат. I (VII) Междунар. конф. По водным макрофитам, Борок, 9-13 окт. 2010 г. – Ярославль: «Принт Хаус», 2010. – С. 118-120.
11. Жукова А.А., Жукова Т.В., Макаревич О.А., Остапеня А.П. Роль полупогруженных макрофитов в функционировании Нарочанских озер // Экология биосистем: проблемы изучения, индикации и прогнозирования: Мат. II Междунар. науч.-практ. конф., – Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2009. – С. 295-299.
12. Жукова А.А., Савич И.В. Тростниковые ассоциации литорали озера Мястро как субстрат для перифитона // Актуальные проблемы ботаники и

- экологии: Мат. междунар. конф. молодых ученых, Ялта, 21-25 сент. 2010 г. – Симферополь: «АРИАЛ», 2010. – С. 214-215.
13. Захаренкова Г.Ф. Водная растительность озер Нарочанской группы и её продуктивность. // Тр. V науч. Конф. по изуч. внутр. водоёмов Прибалтики. Минск, 16-20 апреля 1957 г. – Под ред. Г.Г. Винберга. – Минск, из-во БГУ. – 1959. – С. 14-18.
14. Катанская, В.М. Высшая водная растительность континентальных водоемов СССР / В.М. Катанская. Л.: Наука, 1981. 187 с.
15. Картографические данные © Google [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: <https://www.google.ru/maps/@54.8560437,26.8062606,11.77z.html>. – Дата доступа: 15.05.2017.
16. Лапиров, А.Г. О терминологии экологических групп растений / А.Г. Лапиров // Гидробиотаника: методология, методы / Материалы школы по гидробиотанике, Борок, 8-12 апреля 2003 г. – Рыбинск, 2003. – С. 5-22.
17. Остапеня А.П., Жукова Т.В., Михеева Т.М., Ковалевская Р.З., Макаревич Т.А., Жукова А.А., Лукьянова Е.В., Никитина Л.В., Макаревич О.А., Дубко Н.В., Карабанович В.С., Савич И.В., Верес Ю.К. Бентификация озерной экосистемы: причины, механизмы, возможные последствия, перспективы исследований // Труды БГУ. 2012. Т. 7, Ч. 1. С.135-148.
18. Папченков, В.Г. Картирование растительности водоемов и водотоков / В.Г. Папченков // Гидробиотаника: методология, методы: Материалы Школы по гидробиотанике (п. Борок, 8-12 апреля 2003 г.). Рыбинск: ОАО «Рыбинский Дом печати», 2003. 188 с.
19. Папченков В.Г., Щербakov А.В., Лапиров А.Г., Основные гидробиотанические понятия и сопутствующие им термины // Гидробиотаника: методология, методы: Материалы Школы по гидробиотанике (п. Борок, 8-12 апреля 2003 г.). Рыбинск: ОАО «Рыбинский дом печати», 2003. С. 27-38.
20. Садчиков А.П., Кудряшов М.А. Экология прибрежно-водной растительности (учебное пособие для студентов вузов). – М.: Изд-во НИА-Природа, РЭФИА, 2004. – 220 с.: 15 ил.
21. Синантропные растительные сообщества: модели организации и особенности классификации / Б.М. Миркин [и др.] // Журнал общей биологии. – 2007. – т.68. – №6. – С. 446-454.
22. Соловьева В.В., Лапиров А.Г. Гидробиотаника: учебное пособие. – Самара: ПГСГА, 2013. – 354 с. ; ил.
23. Эйно Л.О. Макрофиты в экологии водоема. М. : ИВП РАН. 1992. 256 с.
24. Экологическая система Нарочанских озер / Под ред. Г.Г. Винберга. – Мн.: Изд-во «Университетское», 1985. – 303 с.
25. Экологический паспорт озера Нарочь / А.П. Остапеня [и др.]. Минск, 1993. – 95 с. – (Препринт / РНТЦ «Экомир», БГУ; №14).
26. Restoration of submerged vegetation in shallow eutrophic lakes – A guideline and state of the art in Germany / S. Hilt [et al.] // Limnologica – Ecology and Management of Inland Waters. – 2006. – Vol. 36, Is. 3. – P. 155-171.

БИБЛИОГРАФИЯ ПО ИССЛЕДУЕМОЙ ТЕМЕ

1. А.А. Жукова, А.Ю. Панько, Д.В. Крюк. Погруженные макрофиты оз. Нарочь в период бентификации // Экологическая культура и охрана окружающей среды: II Дорофеевские чтения: материалы международной научно-практической конференции, Витебск, 29–30 ноября 2016 г. / Витеб. гос. ун-т; редкол.: И.М. Прищепа (отв. ред.) [и др.]. – Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2016. – С. 38–39.
2. Гигевич Г.С., Власов Б.П., Вынаев Г.В. Высшие водные растения Беларуси, Эколого-биологическая характеристика, использование, охрана. // Минск, БГУ. – 2001. – 231 с.
3. Гигевич Г.С. Макрофиты. // В кн. Экологическая система Нарочанских озер. – Мн.: Изд-во «Университетское». - 1985. - С . 116-123.
4. Гигевич Г.С., Серафимович О.В. Особенности зарастания оз. Нарочь в условиях интенсивной рекреации. // В кн. Влияние хозяйственной деятельности на природу Белоруссии. – Минск, 1981. – С. 116-123.
5. Жукова А.А., Жукова Т.В., Макаревич О.А., Остапеня А.П. Роль полупогруженных макрофитов в функционировании Нарочанских озер // Экология биосистем: проблемы изучения, индикации и прогнозирования: Мат. II Междунар. науч.-практ. конф., – Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2009. – С. 295-299.
6. Жукова Т.В., Макаревич О.А., Жукова А.А., Остапеня А.П. Современное состояние надводной растительности в оз. Нарочь и её роль в функционировании экосистемы // Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов европейского севера: Мат. IV Междунар. конф. 5-10 декабря 2005 г., Вологда, Россия. Вологда, 2005. С. 149-151.
7. Жукова А.А., Панько А.Ю., Крюк Д.В. Тростник в литорали оз. Нарочь // Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: Материалы V Междунар. науч. конф. 12–17 сент. 2016 г., Минск – Нарочь / Сост. и общ. ред. Т.М. Михеевой. – Мн.: БГУ, 2016. – С. 138–140.
8. Жукова А.А. Роль комплекса "макрофиты-эпифитон" в формировании уровня первичной продукции озера Нарочь // Гидробиотаника-2010: Мат. I (VII) Междунар. конф. по водным макрофитам, Борок, 9-13 окт. 2010 г. – Ярославль: «Принт Хаус», 2010. – С. 118-120.

9. Жукова А.А., Савич И.В. Тростниковые ассоциации литорали озера Мястро как субстрат для перифитона // Актуальные проблемы ботаники и экологии: Мат. междунар. конф. молодых ученых, Ялта, 21-25 сент. 2010 г. – Симферополь: «АРИАЛ», 2010. – С. 214-215.
10. Жукова А.А. Сезонная динамика роста тростника в литорали оз. Нарочь // Гидробиотаника 2015: Мат. VIII Всерос. конф. с междунар. участием. по водным макрофитам, Борок, 16-20 окт. 2015 г. – Ярославль: Филигрань, 2015. – С. 109-111.
11. Захаренкова Г.Ф. Водная растительность озер Нарочанской группы и ее продуктивность. // Труды V научной конференции по изучению внутренних водоемов Прибалтики. Минск, 16-20 апреля 1957 г.- Под ред. Г.Г. Винберга.- Минск, из-во БГУ.- 1959. – С. 14-22.
12. Оценка роли макрофитов в функционировании оз. Нарочь: Отчет о НИР (заключительный) /БГУ/ Руководитель Остапеня А.П. – Мн., 2005. – 67 с. – № ГР 20023851
13. Zhukava H., Panko A., Kryuk D. Reed parameters in thickets of different density in Naroch Lake // Actual Environmental Problems: the proceedings of the VIth International scientific conference for young scientists, PhD students, Master's degree students and students (in English), Minsk, November 24–25, 2016/ ISEI BSU; edited by S. A. Maskevitch, S. S. Poznjak. – Minsk: 2016. – P. 183–184.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПАНЬКО А.Ю.

1. Жукова А.А., Адамович Б.В., Крюк Д.В., Панько А.Ю. Состояние популяции дрейссены в оз. Нарочь по данным съемки 2016 г // Зоологические чтения – 2017: Сборник статей Международной научно- практической конференции (Гродно, 15–17 марта 2017 г.) / О. В. Янчуревич (отв. ред.) [и др.]. – Гродно : ГрГУ, 2017. – 248 с.
2. А.А. Жукова, А.Ю. Панько, Д.В. Крюк. Погруженные макрофиты оз. Нарочь в период бентификации // Экологическая культура и охрана окружающей среды: II Дорофеевские чтения: материалы международной научно-практической конференции, Витебск, 29–30 ноября 2016 г. / Витеб. гос. ун-т; редкол.: И.М. Прищепа (отв. ред.) [и др.]. – Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2016. – С. 38–39.
3. А.А. Жукова, А.Ю. Панько, Д.В. Крюк, Б.В. Адамович. Плотность дрейссены на различных глубинах оз. Нарочь (Беларусь) // Экологический сборник 6: Труды молодых ученых Поволжья. Международная молодежная научная конференция / Под ред. канд. биол. наук С.А. Сенатора, О.В. Мухортовой и проф. С.В. Саксонова. Тольятти: ИЭВБ РАН, «Кассандра», 2017. XL + 439 с.
4. Жукова А.А., Панько А.Ю., Крюк Д.В. Тростник в литорали оз. Нарочь // Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: Материалы V Междунар. науч. конф. 12–17 сент. 2016 г., Минск – Нарочь / Сост. и общ. ред. Т.М. Михеевой. – Мн.: БГУ, 2016. – С. 138–140.
5. Panko A., Kryuk D., Zhukava H. Size structure of *Dreissena polymorpha* in the Naroch lake // Youth and Progress of Biology: Book of Abstracts of XIII International Scientific Conference for Students and PhD Students (Lviv, 25 – 27 April 2017). – Lviv, 2017. – P. 147-148.
6. Zhukava H., Panko A., Kryuk D. Reed parameters in thickets of different density in Naroch Lake // Actual Environmental Problems: the proceedings of the VIth International scientific conference for young scientists, PhD students, Master's degree students and students (in English), Minsk, November 24–25, 2016/ ISEI BSU; edited by S. A. Maskevitch, S. S. Poznjak. – Minsk: 2016. – P. 183–184.