

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт фундаментальной биологии и биотехнологии  
Кафедра водных и наземных экосистем

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_   
подпись инициалы, фамилия

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

06.03.01 – Биология

Видовое разнообразие макрофитов бассейна среднего течения р.  
Енисей

Тема

Руководитель \_\_\_\_\_ доцент, к.б.н. И.П. Филиппова  
подпись, дата должность, учёная степень инициалы, фамилия

Выпускник \_\_\_\_\_ И.Д. Минаков  
подпись, дата инициалы, фамилия

Красноярск 2021

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ .....	5
1.1. Необходимость исследования флоры макрофитов.....	5
1.2. Подходы к определению структуры флоры макрофитов .....	8
1.3. Распределение макрофитов в реке Енисей .....	10
1.4. Инвазивные виды макрофитов в бассейне среднего течения р. Енисей	13
2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ .....	16
3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ .....	19
3.1. Инвентаризация видового состава макрофитов бассейна среднего течения р. Енисей .....	19
3.2. Структура флоры.....	31
3.3. Обсуждение результатов .....	39
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	45
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....	46

## ВВЕДЕНИЕ

Растительность макрофитов оказывает существенное влияние на водные объекты, на разнообразие их фаунистического состава, происходящие в них процессы обмена вещества и энергии, в частности макрофиты играют важную роль в процессах самоочищения водных экосистем, накапливают в своей биомассе загрязняющие вещества, а потому используются как биоиндикаторы загрязнения [3, 11]. В соответствии с этим актуальные данные о структуре флоры макрофитов бассейна среднего течения реки Енисей необходимы для оценки экологического состояния бассейна, потенциале самоочищения и восстановления экосистем под действием антропогенной нагрузки, выявления в этом роли макрофитов [13]. Несмотря на важность макрофитов в бассейне среднего течения реки Енисей, информация о его водной растительности разбросана среди нескольких различных статей и докладов. Имеются отрывочные данные о водной флоре отдельных водоёмов и водотоков, а также работы по всей флоре отдельных регионов бассейна, где макрофитам не уделено должное внимание.

Изучение любой флоры, и водной в том числе, ставит перед собой как минимум задачу составления списка таксонов, обитающих на той или иной территории или акватории [57]. Его формирование начинается с составления списков распространённых в исследуемом регионе видов (флористические списки), часто содержащих дополнительные сведения о встречаемости, обилии данных видов, обязательно указывается географическое положение точек обнаружения растений из списков, дату их сбора (флористические описания). При составлении флористического списка водных растений имеется ряд сложностей: во-первых, необходимо определится, какие экологические группы видов включать в список – только водные или водные и прибрежные, учитывать ли земноводные растения (экологическая амплитуда); во-вторых, какие крупные таксоны должен содержать в себе список – только покрытосеменными или же включить макроводоросли,

мохообразные и хвощи (таксономическая амплитуда) [16]. На основе флористического списка проводится анализ флоры, который должен выявить её систематическую, экологическую, хорологическую, и т.д. структуры [40]. Помимо этого, полученный флористический список, особенно при переносе его информации на географическую карту, может стать ценным инструментом для анализа степени изученности рассматриваемого региона, позволяя найти слабоизученные участки для дальнейшей концентрации усилий по описанию их флоры макрофитов.

**Цель работы:** исследовать биоразнообразие и особенности структуры флоры макрофитов бассейна среднего течения р. Енисей.

**Задачи:**

1. Составить флористический список макрофитов бассейна среднего течения р. Енисей на основе собственных сборов и с привлечением фондовых материалов.
2. Составить по флористическому списку карту, показывающую места сборов макрофитов, и число обнаруженных в этих местах видов, чтобы оценить степень изученности флор разных участков бассейна среднего течения р. Енисей.
3. Провести систематический, экологический, хорологический анализ флоры макрофитов бассейна среднего течения р. Енисей.

## 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

### 1.1. Необходимость исследования флоры макрофитов

Сообщества макрофитов, особенно погруженных, оказывают целый спектр разнообразных воздействий на водоёмы и водотоки. Они оказывают положительное влияние на содержание растворённого кислорода в воде, в их присутствии отмечено интенсивное окисление органического вещества, ускорение процессов нитрификации и потребления углекислого газа. При токе воды сквозь густые заросли макрофитов происходит механическая фильтрация разного рода взвесей, волокон, коллоидов и т.д., а растворенные в воде вещества поглощаются и проходят процессы трансформации в растительных тканях, с их последующей дезактивацией [33]. Макрофиты активно участвуют в самоочищении экосистем от загрязнителей антропогенной природы, например, таких как пестициды [48], ПХБ [27], нефтепродукты [35], тяжелые металлы [47].

Макрофиты могут являться тест-объектами при биотестировании водоёмов, в научной литературе накоплен достаточно большой материал по этой тематике [44]. Присутствие некоторых определённых видов индикаторов указывает на такие параметры водоёма как солёность, кислотность, содержание биогенных элементов, и, как следствие, наличие антропогенного загрязнения того или иного вида, а также его степени. Фонтиналис противопожарный (*Fontinalis antipyretica*) и рдест курчавый (*Potamogeton crispus*) развиваются в мезоэвтрофной и достаточно чистой воде, роголистник рассечённый (*Ceratophyllum demersum*) – в эвтрофной воде среднего качества, а уруть колосистая (*Myriophyllum spicatum*) и особенно рдест гребенчатый (*Stuckenia pectinata*) встречаются в гипертрофной воде низкого качества. Частуха подорожная (*Alisma plantago-aquatica*), хвощ речной (*Equisetum fluviatile*) и элодея канадская (*Elodea canadensis*) сигнализируют о присутствии большого количества растворённых в воде органических соединений, что может свидетельствовать об их поступлении с

бытовыми стоками [4, 45]. Также высшие водные растения могут быть использованы для выявления содержания в воде разнообразных металлов [26] и радионуклидов [18]. Эффективность использования макрофитов в биомониторинге связана с тем, что они являются неотъемлемым звеном накопления химических элементов в водных экосистемах. Неподвижная природа макрофитов позволяет оценить реальные уровни загрязнения, присутствующие на территории их произрастания [37]. Так, макрофиты р. Енисей, произрастающие в зоне антропогенного влияния г. Красноярска и Горно-химического комбината (территория ЗАТО г. Железногорск), используются для биомониторинга антропогенного, в частности радионуклидного, загрязнения и экологических исследований реки [14].

Гелофиты с большой покрывающей площадью (рогоз, тростник, сусак и другие) препятствуют инсоляции воды, вместе с тем поглощая биогенные элементы, что подавляет развитие цианобактерий. В зарослях макрофитов, например тростника, также наблюдается обеззараживание воды от патогенных микроорганизмов за счёт выделения растениями биологически активных веществ – фитонцидов и антибиотиков. Иная функция высших водных растений заключается в создании жизненного пространства для других организмов. Так, стебли водных растений являются подходящей поверхностью для развития перифитона [33]. Макрофиты способствуют сохранению биоразнообразия также водных насекомых [2] и других организмов в местах своего произрастания. Обычно беспозвоночные используют растительность как субстрат для откладки яиц, как строительный материал, и в качестве убежище от хищников, в меньшей степени потребляют эту растительность в пищу. Так как в водоемах листья и стебли макрофитов формируют многоярусность биоценоза, они создают благоприятные условия для поддержания высокой плотности популяций беспозвоночных [30]. Структура и пространственное размещение сообществ зоопланктона в литоральной зоне водоемов определяется, главным образом именно интенсивностью развития макрофитов, а также их морфологическим

строением. Гидрофиты и погружённые части гелофитов с большой биомассой образуют высокую гетерогенность местообитаний, что вызывает увеличение разнообразия и плотности зоопланктона. Видовая структура сообществ зоопланктона неоднородна и зависит от доминирующего вида макрофита [20]. В свою очередь обилие и неоднородность фаунистического состава водных беспозвоночных, обитающих на растительности разных экологических групп, а также условия питания, сезонная динамика и распределение кормовых объектов в зоне произрастания макрофитов формируют у сеголетков рыб, использующих заросли высшей водной растительности как место для роста, благоприятны трофические условия [51]. Тем не менее эффект, который макрофиты оказывают на прочие водные организмы, в частности на зоопланктон, может быть негативным. Зафиксировано летальное воздействие некоторых макрофитов на такие группы как фитопланктон, коловратки и личинки двукрылых. В частности, уруть колосистая (*Myriophyllum spicatum*) оказывает сильное негативное влияние как на фитопланктон, так и на животных, и на другие макрофиты [9]. Так же несмотря на описанные выше преимущества для молоди рыб, которые дают макрофиты, и их положительного влияния на рыбопродуктивность водоёмов, имеются данные, что сильное зарастание нерестилищ макрофитами способно оказать негативное влияние на естественное воспроизводство рыб [53].

Не менее важна роль макрофитов и в глобальных геохимических процессах. Как и другие растения, макрофиты участвуют в глобальном круговороте органического вещества [38]. Так многие метанотрофы ассоциированы с поверхностью высших водных растений, и потребление метана в присутствии макрофитов происходит быстрее, чем при аналогичных условиях в присутствии водорослей и наземных растений [12]. Также высшие водные растения являются продуцентами. Особенно это касается рдестов (род *Potamogeton*) в местах плёсов и перекатов, где наблюдаются благоприятные для них условия – каменистый или глинистый грунт,

среднеминерализованная вода. К наиболее важным в продукционном плане относят рдест злаковый (*Potamogeton gramineus*), рдест блестящий (*Potamogeton lucens*), рдест плавающий (*Potamogeton natans*) и некоторые иные виды. Заросли макрофитов способны сильно изменять гидрологические параметры водотока: значительно снижать скорость течения, усиливать аккумуляцию детрита и аллювия, ухудшать освещённость придонного слоя, и гидрохимические параметры: повышать температуру и рН, колебать значения уровня кислорода и так далее [17]. Важна роль рдестов и других макрофитов в образовании современных континентальных карбонатных осадков путём карбонат-осаждения в холодной пресной воде [29].

Таким образом макрофиты играют важную экологическую роль в водоёмах, оказывая влияние на все аспекты функционирования водных экосистем.

## **1.2. Подходы к определению структуры флоры макрофитов**

При определении структуры водной флоры необходимо учитывать то, растения каких экологических групп в неё входят. Это прежде всего необходимо для корректного сопоставления разных флористических спектров. В гидробиологии имеется множество подходов по экологической классификации макрофитов.

Основываясь на местообитаниях, особенностях морфологии и физиологии растений, их отношении к конкретному фактору, в фитоэкологии принято выделять экологические группы. [56]. Существуют различные подходы к экологической классификации водных растений. Так или иначе, все они сводятся к классификации растений по степени связи между макрофитом и водной средой, воздухом, грунтом. Обычно авторы выделяют истинно-водные растения, которые полностью погружены в воду, и весь цикл развития которых проходит в воде (как правило их называют гидрофитами, хотя в ряде классификаций этому термину даётся другое значение), и растения, которые не столь облигатно связаны с водной средой (часто



именуемые гелофитами, гидатофитами, гигрофитами и т.д.). Разумеется, в зависимости от классификации между этими группами существует множество переходных групп, а сами группы включают в себя разнообразные подгруппы и т.д. Так, например, растущие в воде растения часто разделяют на укореняющиеся и не укореняющиеся, а прибрежные растения на низкотравные и высокотравные. Тем не менее, такими классификациями далеко не исчерпывается их разнообразие. Существует много различных подходов, сочетающих в себе те или иные элементы рассмотренных классификаций. Например, частный случай такого подхода – это обозначение экологической группы водных растений именем одного из её представителей [39].

Важным понятием при определении структуры водной флоры является «водное ядро флоры». В водное ядро флоры включаются виды истинно-водных и земноводных растений. Истинно-водными растениями в данном случае считаются макрофиты, весь онтогенез которых проходит исключительно в водной среде. В свою очередь не истинно-водные растения не способны к такому, и их вегетативные частично или полностью находятся в воздушной среде. Земноводными растениями называются те виды, онтогенез которых может протекать как по типу водных растений, так и по типу наземных (таковым, например, является горец земноводный (*Persicaria amphibia*)). Поэтому, чтобы сравнение выборок разных авторов и/или географических объектов было корректно, необходимо чётко разделять группы, чтобы число видов, которые нельзя уверенно отнести к той или иной группе, было минимальным. В частности, необходимость введения термина «водное ядро флоры» в сравнительную флористику была связана с тем, что разными исследователями в водную флору включалось разное число видов. Поскольку с увеличением доли прибрежно-водных растений основные используемые в сравнительно флористических работах показатели изменялись, цифры, полученные разными исследователями, часто переставали быть корректно сопоставимыми. Важно подчеркнуть, что

разделение растений по разным экологическим группам всегда носит условный характер, подтверждение чему можно найти в количестве классификаций, выделении подгрупп и прочем [58].

### **1.3. Распределение макрофитов в реке Енисей**

Енисей является одной из крупнейших рек земного шара, длина водостока от места слияния Малого Енисея и Большого Енисея до устья в Карском море по данным государственного водного реестра составляет 3487 км. Площадь водосборной площади реки (бассейна) около 2580000 км<sup>2</sup>. Средний бассейн реки представлен основным течением Енисей от Красноярской ГЭС до впадения в него реки Ангара около посёлка Стрелка протяжённостью 364 км, а также всеми водными объектами, располагающимися на его водосборной площади. Основные притоки р. Енисей на этом участке: р. Мана (2488 км от устья) и р. Кан (2356 км от устья), а также непосредственно сама река Ангара, крупнейшими притоками которой являются: р. Тасеева и р. Илим.

Скорость течения на основном русле реки Енисей составляет около 5 км/ч на спокойных, глубоководных и широких участках. На перекатах же скорость возрастает примерно до 10 км/ч, и может составлять 18 км/ч на порогах. Скоростной режим реки сильно зависит режима уровня воды, связанного с ресурсами Красноярского водохранилища и работой Красноярской ГЭС, при спуске воды скорость течения на плёсовых участках способна значительно возрастать. Скорость течения определяет распределение температуры воды в акватории р. Енисей, степень её аэрации, и, следовательно, характер развития водных организмов, в том числе и макрофитов, многие виды которых предпочитают определённый скоростной, температурный, кислородный режимы.

Температура поверхностного слоя воды Енисея на рассматриваемом участке в июле-августе становится максимальной, и не превышает 18°C. В следствии высоких скоростей течения воды, приводящих к высокой степени турбулентного перемешивания потока на всем его протяжении в фарватере

потока наблюдается строгая гомотермия водной массы. В некоторых прибрежных местах, таких как курьи и заливы, занимающих незначительную площадь (до 0,2 % акватории), возможна относительная устойчивость водной массы. Возведения гидротехнических сооружений привело к значительному изменению температурного режима р. Енисей [14, 21]. В целом климат бассейна среднего течения реки Енисей является резко континентальным.

Распределение макрофитов в течении реки зависит от множества факторов, таких как: физиологические особенности растения, его способность выживать в местной среде, и история расселения вида. Таким образом, вид должен быть в состоянии заселиться, выжить, расти и размножаться в преобладающих условиях окружающей среды, чтобы быть устойчивым в определённом месте течения [1].

Ключевым параметром, контролирующим рост растений в прибрежной зоне Енисея, является глубина. Макрофитная растительность четко разделяется по видовому составу на мелководную и глубоководную. Как правило границу между ними проводят на уровне глубины один метр. Заросли не погружённых макрофитов сосредоточены в основном именно на мелководных участках: вблизи островов, в старицах, протоках. Рост же погружённых макрофитов лимитирован напротив, низким уровнем воды. В целом высшие водные растения среднего течения реки Енисей развиты слабо, не образуют значительных зарослей, не занимают больших территорий. Это обуславливается как раз редкой встречаемостью мелководных участков вдоль русла, большими колебаниями уровня воды. Также оседающий лёд отрывает зачатки макрофитов, а растительность, растущая вдоль побережья, к августу часто оказывается затопленной. Скорее всего, характерный для Енисея гидрологический режим не позволит макрофитам активно произрастать на больших территориях и в будущем [7, 14].

Исследования макрофитной растительности Енисея не выявили значительных изменений видového разнообразия погруженных макрофитов и

их биомассы на разном удалении от источников антропогенного загрязнения [14].

Водная флора Енисея представлена покрытосеменными и споровыми растениями. Сосудистые растения произрастают и являются доминантами в прибрежной, достаточно прогреваемой зоне проток и заводей, доля площади которой составляет примерно 1,5 % от всей акватории. Весьма проблематично оценить разнообразие и распространение водных мхов. В частности, в источниках, относящихся к периоду естественного стока, отсутствовали сведения о водных мхах, в то время как в период управляемого стока появились сообщения об обнаружении водных мхов в акватории Енисея [22].

Для среднего течения реки Енисей и его притоков (в частности для Ангары) в литературе отмечается наличие в общей сложности около двух десятков семейств водных и околоводных макрофитов. Наиболее богатым по числу видов является семейство рдестовых (*Potamogetonaceae*), его положение в топе ведущих семейств флоры характерно для большинства речных бассейнов. Глубоководные заросли на проточных участках формирует рдест блестящий (*Potamogeton lucens*), он распространён также и на основном русле реки. На проточных участках где течение слабее и в заводях массовое развитие получает рдест стеблеобъемлющий (*Potamogeton perfoliatus*). На глубине до одного метра в прибрежных условиях произрастают рдест тонкий (*Potamogeton nitens*), рдест гребенчатый (*Stuckenia pectinata*) и ряд других видов этого рода. Среди других макрофитов род *Potamogeton* известен как наиболее подверженный межвидовой гибридизации, в частности в реке Енисей отмечено нахождение уже вышеупомянутого *Potamogeton nitens*, который является гибридом рдеста злакового (*Potamogeton gramineus*) и рдеста стеблеобъемлющего (*Potamogeton perfoliatus*). Широко распространена элодея канадская (*Elodea canadensis*), массовое развитие которой происходит преимущественно в местах с невысокой скоростью течения и глубиной до двух метров. Для

мелководной зоны характерно занятие наибольшей площади проективного покрытия многовидовыми сообщества макрофитов, а также монодоминантными сообщества рдеста стеблеобъемлющего (*Potamogeton perfoliatus*), рдеста гребенчатого (*Stuckenia pectinata*) и элодеи канадской (*Elodea canadensis*). Из споровых растений в бассейне среднего течения реки Енисей в литературе отмечается два вида – фонтиналис противопожарный (*Fontinalis antipyretica*) и хвощ приречный (*Equisetum fluviatile*). Покрытосеменные растения в основном относятся к классу *Liliopsida*. Отмечается большая насыщенность семейств макрофитов видами, нежели родами. Как для прибрежных, так и для погружённых макрофитов в большинстве случаев характерно более низкое соотношение род/семейство по сравнению с соотношением вид/род. В порядке расположения соотношений основных таксономических категорий, на первом месте оказывается соотношение вид/семейство, затем идёт вид/род, и только потом – род/семейство. То есть, в водной составляющей флоры большую роль в ее сложении играют многовидовые роды [13, 14, 15, 24].

#### **1.4. Инвазивные виды макрофитов в бассейне среднего течения р. Енисей**

При изучении видового состава какого-либо региона необходимо уделить особое внимание инвазивным видам. Одним из важнейших аспектов изучения адвентивных растений является своевременное обнаружение их проникновения в регион, необходимы и мероприятия по мониторингу их распространения и поведения в условиях вторичного ареала [23]. Биологические инвазии считаются одной из важнейших современных проблем, они несут угрозу нативному биоразнообразию местности, в которую попадают виды-вселенцы, нарушают естественно сложившиеся взаимоотношения между популяциями в природных комплексах, способны наносить вред также и экономическому потенциалу экосистем. Именно способность адвентивных видов изменять естественное видовое

разнообразии, и даже вызывать необратимые изменения в биоценозах, заставляет уделять все большее внимание этой проблеме. Чужеродные виды активно внедряются в сообщества макрофитов, занимая устойчивые позиции в составе флоры. Особую опасность среди видов-вселенцев несут те, которые преодолели не только географический, но и репродуктивный барьер и способны к воспроизводству, расселению, вхождению в природные и искусственные местообитания [30, 36].

В ходе изучения источников литературы чужеродные виды были обнаружены и для бассейна среднего течения реки Енисей.

Наибольшее количество инвазивных видов зарегистрировано в семействе *Hydrocharitaceae*: *Elodea canadensis*, *Egeria densa*, *Hydrilla verticillata*. По всей видимости, их распространение связано с интродукцией в естественную среду из аквариумных культур. Эти макрофиты обладают высоким инвазивным потенциалом. Если *E. Canadensis* уже распространилась по бассейну среднего течения Енисея, то в случае с *E. densa* и *H. verticillata* лишь дальнейшие наблюдения покажут, смогут ли и они стать массовыми.

*Elodea canadensis* – инвазивный вид из Северной Америки. Первые находки элодеи канадской в Енисее датируются 1971-1972 гг. в окрестностях посёлка Мирное в нижнем течении реки. В последние десятилетия элодея канадская входит в число массовых видов на всём бассейне среднего течения реки Енисей, распространена как в основном русле, так и в небольших искусственных водоёмах.

Относительно родственным видом для элодеи канадской является эгерия густолиственная (*Egeria densa*), которая не так давно также относилась к роду *Elodea*. Естественный ареал этого инвазивного макрофита находится в Южной Америке, там он занимает водоемы Бразилии, Аргентины и Уругвая. Тем не менее, несмотря на своё субтропическое происхождение, этот вид показал способность адаптироваться к низким температурам воды. К настоящему времени эгерия натурализовалась в

естественных водоемах на всех континентах, кроме Антарктиды, включая Евразию. В реке Енисей *E. Densa* впервые была обнаружена в сентябре 2011 года [25]

*Hydrilla verticillata* в настоящее время формирует новые очаги распространения в Восточной Сибири. Родиной этого плюризонального макротермального космополитного вида с многочисленными дизъюнкциями ареала является юг Тихоокеанского региона. Широкая экологическая амплитуда, высокие темпы роста, способность к рассеиванию и способность противостоять значительным антропогенным воздействиям обеспечивают гидрилле большой потенциал для вторжения в различные места обитания. Однако наличие более агрессивных вселенцев (например, *Elodea canadensis*) является ограничивающим фактором, не позволяющим ей стать массовым видом. Пока в бассейне Енисея имеется информация о её нахождении только в акватории Ангары [5,10].

Другой инвазивный вид – аир обыкновенный (*Acorus calamus*), он является палеотропическим видом, его родина располагается в Юго-Восточной Азии. В настоящее время популяции этого вселенца распространены уже практически по всей Голарктике. Первые документальные сведения о распространении аира в России относятся к первой половине XIX века [36].

Так же во флоре Енисея присутствует и виды, интродуцированные из Европы. Ряска горбатая (*Lemna gibba*) – европейский вид [23], распространение которого приурочено в основном к тёплым регионам планеты, однако её современный ареал охватывает практически все континенты, за исключением Австралии и Антарктиды. Тем не менее, до недавнего времени, в умеренных областях Голарктики, в том числе на территории России, этот вид не имел широкого распространения. В настоящее же время, по имеющимся в литературе сведениям, *L. gibba* довольно быстро распространяется в пределах Евразии, особенно на

вторичных местообитаниях и в водоемах, подвергающихся антропогенному эвтрофированию [28].

Таким образом во флоре макрофитов бассейна среднего течения реки Енисей присутствуют инвазивные виды из различных континентов.

## 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Изучалась флора макрофитов бассейна среднего течения реки Енисей. Следует отметить, что в данной работе Ангаро-Байкальский бассейновый округ подробно не рассматривался, прежде всего это связано с особым биогеографическим статусом Байкала. Собственные сборы материала осуществлялся в ходе маршрутных исследований в июле-августе 2019 и 2020 годов (Табл. 1). Макрофиты были собраны в различных местообитаниях, таких как основное русло Енисея и его притоков, боковые каналы, временные и постоянные озера. Собирались и гербаризировались растения с учётом рекомендаций изложенных Л.И. Лисицыной [34]: растения собирались как можно более полно, чтобы присутствовали все органы: корни, стебли, листья, цветки, плоды, семена, если они есть. Собранные растения укладывались в полиэтиленовые мешки и перевозились в лабораторию для камеральной обработки. При отборе проб и составлении флористического списка макрофитов бассейна р. Енисей использовалось правило, согласно которому включать в список следует только те виды растений, которые в момент обследования произрастают на стабильно покрытом водой грунте [39]. В связи с этим в списке отсутствуют многие виды рода *Carex* (сем. *Cyperaceae*), так как эти растения склоны произрастать на периодически затапливаемой почве, но не на постоянно затопленном грунте. Также в список включались только высшие водные растения. Для определения растений использовались: “Определитель растений юга Красноярского края” [19] и “Флора Сибири” [41].



Таблица 1 – Станции отбора проб макрофитов.

№	Станция	Собрано гербарных листов
1	Малое водохранилище Бугач	9
2	р. Кача	1
3	Искусственные водоемы на территории г. Красноярск	3
4	р. Енисей – Абаканская протока	10
5	р. Енисей, пос. Стрелка	8
6	р. Карабула, пос. Карабула	7
7	Кантатское водохранилище	3
8	р. Мингуль	9
9	с. Казачинское	5
10	р. Енисей, с. Слизнево	7
11	р. Енисей, пос. Кубеково	3
12	р. Енисей, пос. Хлопуново	9
13	р. Енисей, пос. Новокаргино	22
14	р. Берёзовка	1
15	р. Хаус (р. Галичиха)	1
Общее количество собранных гербарных листов		98

В работе использованы и литературные данные [13, 14, 24, 25, 26, 41, 42, 43, 49, 54], в которых указывается наличие того или иного вида макрофитов в бассейне среднего течения реки Енисей, для дополнения списка. Затем, на основании составленного списка была произведена работа с фондовыми материалами Красноярского краеведческого музея (KRM) и электронным гербарием СФУ (KRSU) [60] – было обработано свыше полутысячи гербарных образцов. Просматривались как отдельные виды, так и специальный сбор, выполненный сотрудниками музея в 2019 году на реке Ангаре (51 км вверх по течению от п. Мотыгино). Однако лишь 167 образцов были включены во флористический список. Среди причин не включения образца в список были: отсутствие хотя бы примерного места сбора растения

(например, были исключены образцы, место сбора которых указывалось как «Енисейская губерния») или иных важных данных, невозможность найти на карте указанное место сбора, принадлежность образца не к исследуемому региону и т.д.

В результате проведенных работ был составлен список, показывающий все зафиксированные находки высших водных растений на акватории бассейна среднего течения реки Енисей. Латинские названия видов и родов в данной работе даются по Лейпцигскому каталогу сосудистых растений (LCVP) [6]. Всего в список вошло 564 строки с информацией о 92 видах растений, их местах и дате сбора, водоёмах к которым они относятся и источниках информации. На основании этого списка с помощью сервиса «Яндекс.Карты» была составлена карта, показывающая количество видов в местах сбора макрофитов.

Для выявления структуры флоры учитывался тип ареала каждого вида, его принадлежность к экологической группе, с использованием следующих литературных данных [40, 41, 50]. Таксономическое положение видов бралось по системе магнолиофитов А.Л. Тахтаджяна (1987) [52]. С помощью Microsoft Excel были произведены расчёты соотношений таксономических, экологических и географических групп. При анализе систематической структуры флора водоема подразделена на две части: водная флора (все экогруппы по классификации водных растений В.Г. Папченкова 2001 [40]) и «водное ядро» флоры (только гидрофиты). Анализ систематической структуры в таком случае подразумевает изучение состава таксонов и их соотношений в связи с условиями обитания. Также немаловажной характеристикой экологической структуры флоры является предложенный Б.Ф. Свириденко [46] индекс гидрофитности флоры. Он используется для оценки доли видов «водного ядра» во флоре исследуемого региона и рассчитывается по формуле:

$$I_{hd} = (2A / B) - 1 \quad (1)$$

где А – число водных видов; В – число всех видов изученной флоры.

Величина индекса меняется от +1 при полном совпадении «водного ядра» с составом флоры, до -1 при отсутствии водных видов в выборке. В данной работе под водными видами подразумевались водные растения в узком смысле, то есть гидрофиты.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы в соответствии с поставленными задачами были сделаны соответствующие выводы.

### Выводы:

1. На основе литературных и гербарных данных, собственных сборов был составлен флористический список макрофитов бассейна среднего течения р. Енисей, включающий в себя 92 вида водных растений, относящихся к 41 роду и 25 семействам.
2. По флористическому списку была составлена карта, показывающая места сбора макрофитов и число обнаруженных в этих местах видов макрофитов. Наибольшей изученностью, согласно ей, обладает видовой состав окрестностей г. Красноярска, наименьшей – малые притоки р. Енисей. Флоре макрофитов этого бассейна необходимо более подробное изучение с привлечением современных специализированных данных.
3. Систематический анализ флоры выявил значительное преобладание по числу видов покрытосеменных. Крупнейший класс – *Liliopsida*, крупнейший подкласс – *Alismatidae*, наиболее богатое видами семейство – *Potamogetonaceae*. Экологический анализ выявил равенство долей настоящих водных макрофитов и прибрежных. Отмечается связь таксономической структуры флоры и её экологических групп. Результаты хорологического анализа говорят о преобладании видов с широким ареалом над видами с узким. Обнаружено пять инвазивных видов, и три вида входящих в Красную книгу Красноярского края.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bowden W. B., Glime J. M., Riis T. Macrophytes and bryophytes //Methods in Stream Ecology, Volume 1. – Elsevier, 2017. – С. 243–271.
2. Briggs A. [и др.]. Macrophytes promote aquatic insect conservation in artificial ponds //Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems. – 2019. – №. 8 (29). – С. 1190–1201.
3. Carpenter S., Lodge D., Effects of submersed macrophytes on ecosystem processes //Aquatic Botany. – 1986. – Т. 26. – С. 341–370.
4. Ceschin S., Zuccarello V., Caneva G. Role of macrophyte communities as bioindicators of water quality: Application on the Tiber river basin (Italy) // Plant Biosystems. – 2010. – № 3 (144). – С. 528–536.
5. Efremov A. et al. Features of distribution of *Hydrilla verticillata* (L. fil.) Royle (Hydrocharitaceae) in North Eurasia //Journal of Coastal Research. – 2018. – Т. 34. – №. 3. – С. 675–686.
6. Freiberg M. et al. LCVP, The Leipzig catalogue of vascular plants, a new taxonomic reference list for all known vascular plants //Scientific data. – 2020. – Т. 7. – №. 1. – С. 1–7.
7. Gold Z.G. Krasnoyarsk Water Reservoir: Monitoring, Biota, Water Quality (review) //Journal of Siberian Federal University. Biology. – 2008. – № 2 (1). – С. 178–186.
8. Ivanova E.A. et al. Contribution of different groups of autotrophs to the primary production of the mountain Lake Oiskoe //Contemporary problems of ecology. – 2014. – Т. 7. – №. 4. – С. 397–409.
9. Lindén E., Lehtiniemi M. The lethal and sublethal effects of the aquatic macrophyte *Myriophyllum spicatum* on Baltic littoral planktivores //Limnology and Oceanography. – 2005. – № 2 (50). – С. 405–411.
10. Madeira P. T. et al. The origin of *Hydrilla verticillata* recently discovered at a South African dam //Aquatic Botany. – 2007. – Т. 87. – №. 2. – С. 176–180.
11. Sood A. [et al.]. Phytoremediation potential of aquatic macrophyte, *Azolla* //Ambio. – 2012. – Т. 41. – №. 2. – С. 122–137.

12. Yoshida N. [и др.]. Aquatic plant surface as a niche for methanotrophs //Frontiers in Microbiology. – 2014. – № FEB (5). – С. 1–9.
13. Zotina T.A. The biomass of macrophytes at several sites of the upper reaches of the Yenisei river //Journal of Siberian Federal University. Biology. – 2008. – № 1 (1). – С. 102–108.
14. Zotina T.A. Phytomass and Specific Diversity of Macrophyte Vegetation in the Middle Reach of the Yenisei River //Journal of Siberian Federal University. Biology. – 2014. – № 1 (7). – С. 73–86.
15. Алимов А.Ф., Иванова М.Б., Гольд З.Г. Красноярское водохранилище: мониторинг, биота, качество вод / А.Ф. Алимов, М.Б. Иванова, З.Г. Гольд, Красноярск: ФГАОУ ВО СФУ, 2008. – С. 537.
16. Бобров А.А., Чемерис Е.В. Изучение растительного покрова ручьёв и рек: методика, приёмы, сложности //Гидробиотаника 2005: мат-лы VI всерос. шк.-конф. по водным макрофитам (пос. Борок, 11-16 октября 2005 г.). – Рыбинск, 2006. – С. 181–203.
17. Бобров А.А., Чемерис Е.В. Рдесты (*Potamogeton*, *Potamogetonaceae*) в речных экосистемах на севере европейской России //Доклады Академии Наук. – 2009. – № 5 (425). – С. 705–708.
18. Болсуновский А.Я., Медведева М.Ю., Александрова Ю.В. Интенсивность накопления радионуклидов в биомассе водных растений реки Енисей //Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2011. № 1-4 (13). – С. 776–779.
19. Веглянова М.И. [и др.]. Определитель растений юга Красноярского края / под ред. И.М. Красноборова, Л.И. Кашиной. – Новосибирск, 1979. – С. 670.
20. Гаврилко Д. Е., Золотарева Т. В., Шурганова Г. В. Видовая структура сообществ зоопланктона зарослей высших водных растений малой реки (на примере р. Сережа Нижегородской области) //Принципы экологии. – 2019. – №. 3 (33). С. 24–39.
21. Гайденык Н.Д., Пережилин А.И., Чмаркова Г.М. Анализ особенностей функционирования экосистемы р. Енисей //Вестник КрасГАУ. 2010. – № 10.

– С. 99–105.

22. Гайденок Н.Д., Пережилин А.И., Чмаркова Г.М. Сравнительная характеристика микрофитобентоса и водного мха акватории реки Енисей //Вестник КрасГАУ. – 2010. – № 11. – С. 71–76.

23. Груданов Н.Ю. [и др.]. Инвазионные виды растений в водоёмоохладителе Верхнетагильской ГРЭС (Свердловская область) //Экологический мониторинг и биоразнообразиие – Ишим, 25-26 декабря 2018 г. – 2018. – С. 59–61.

24. Ефимов Д.Ю. Систематическая структура флоры Усть-Илимского водохранилища //Вестник КрасГАУ. – 2009. – № 1. – С. 44–51.

25. Зотина Т.А. Находка бразильской элодеи *Egeria densa* Planch. (Hydrocharitaceae) в реке Енисей //Turczaninowia. – 2014. – № 3 (16). – С. 60–63.

26. Иванова Е.А. [и др.]. Содержание металлов в высших растениях в небольшом сибирском водохранилище //Сибирский экологический журнал. – 2012. – № 4. – С. 485–495.

27. Ісаєнко В.М. [и др.]. Роль вищихводнихрослин в утилізаціїпестицидів //Вісник Національного Авіаційного Університету. – 2006. – № 30 (4). – С. 149–152.

28. Капитонова О.А. Ряска горбатая (*Lemna gibba*, Lemnaceae) – чужеродный вид во флоре Западной Сибири //Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. – 2018. – № 17. – С. 83–86.

29. Каткова В.И., Митюшева Т.П., Тетерюк Б.Ю. Особенности минерализации рдестов реки Вымь (Республика Коми) //Известия Коми научного центра УрО РАН. – 2019. – № 37 (1). – С. 69–75.

30. Кравцова Л.С. [и др.]. Натурализация *Elodea canadensis* Mich. в озере Байкал //Российский Журнал Биологических Инвазий. – 2010. – № 2. – С. 2–17.

31. Красноборов И.М., Толмачев А.И. Высокогорная флора Западного Саяна., Новосибирск: Наука, 1976. – С. 379.

32. Красноборов И.М. и др. Красная книга Республики Хакасия: Редкие и исчезающие виды растений и грибов 2-е изд., Новосибирск: Наука, 2012. – С. 288.
33. Крутько С.М., Лопух А.П. Роль высших водных растений в экологии //Мелиорация переувлажненных земель. – 2005. – № 53 (1). – С. 108–111.
34. Лисицына Л.И. Особенности гербаризации водных растений, работы с коллекциями //Гидрботаника 2005: мат-лы VI всерос. shk.-конф. по водным макрофитам (пос. Борок, 11-16 октября 2005 г.). – Рыбинск, 2006. – С. 16-24.
35. Макаров А.С., Свобода И.В., Бондарева Л.Г. Изучение поглощающих свойств высших водных растений ряски малой (*Lemna minor*), а также выявление возможности использования водных растений в качестве сорбента нефтепродуктов для биоремедиации водной среды //Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2019. – № 4. – С. 11–16.
36. Мальцева С.Ю., Бобров А.А. Чужеродные виды сосудистых растений Рыбинского водохранилища (верхняя Волга, Россия) //Российский Журнал Биологических Инвазий. – 2017. – № 3. – С. 30–37.
37. Мратович Р.М. [и др.]. Элементный состав макрофитов термокарстовых озер Западной Сибири //Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2018. – № 8 (329). – С. 50–65.
38. Мухин В.А. [и др.]. Роль водных макрофитов в круговороте органического вещества в предгорном озере Большое Миассово (Южный Урал) //Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2013. – № 2 (15). – С. 758–761.
39. Папченков В.Г. Различные подходы к классификации растений водоёмов и водотоков //Гидрботаника 2005: мат-лы VI всерос. shk.-конф. по водным макрофитам (пос. Борок, 11–16 октября 2005 г.). – Рыбинск, 2006. – С. 16–24.
40. Папченков В.Г. Растительный покров водоёмов и водотоков Среднего Поволжья / В.Г. Папченков, Ярославль: МУБиНТ, 2001. – С. 214
41. Положий А.В. [и др.]. Флора Сибири в 14 томах / А.В. Положий, С.Н.



- Выдрина, В.И. Курбатский, Е.Г. Наумова, М.В. Олонова [и др.]. Новосибирск: Наука, 1988–1997.
42. Положий А.В. [и др.]. Флора Красноярского края в 10 томах / А.В. Положий, Т.П. Березовская, В.В. Ревердатто, Л.П. Сергиевская [и др.]. Томск: Издательство Томского ун-та, 1960–1983.
43. Попов М.Г. Флора Средней Сибири в 2 томах / Попов М.Г., Шишкин Б.К. Ленинград: Издательство АН СССР, 1957–1959.
44. Раченкова Е.Г. Использование макрофитов для оценки качества природных вод //Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2010. – № 4 (28). – С. 271–272.
45. Рыжкова Д.В. [и др.]. Биоиндикация загрязненности верховьев р. Оредеж с помощью макрофитов методами фото и видеомониторинга. //Межвузовский сборник научных трудов: Информационные технологии и системы. – 2016. – № 2 (18). – С. 27–31.
46. Свириденко Б.Ф. Структура водной флоры Северного Казахстана //Ботанический журнал. – 1997. – № 11 (89). – С. 46–57.
47. Сиротина В.В., Алефиренко Ю.С. Очистка водоёмов, загрязнённых тяжелыми металлами, высшими водными растениями //Человек, Экология, культура: современные практики и проблемы. – 2014. – С. 203–205.
48. Соловых Г.Н., Винокурова Н.В., Голинская Л.В. Роль макрофитов р. Урал в процессах самоочищения водотока от полихлорированных бифенилов //Вестник Оренбургского Государственного Университета. – 2015. – № 10 (185) (10). – С. 118–121.
49. Степанов Н.В. и др., Красная книга Красноярского края Т.2: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений и грибов 2-е изд., Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2012. – С. 576.
50. Степанов Н.В. Флорогенетический анализ (на примере северо-восточной части Западного Саяна): учеб. пособие / Н.В. Степанов. Красноярск, 1994. – С. 108.

51. Стрельникова А.П. Значение высшей водной растительности в формировании условий обитания сеголетков рыб, нагуливающих в прибрежье //Вестник Астраханского Государственного Технического Университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2013. – № 1. – С. 91–99.
52. Тахтаджян А.Л. Система магнолиофитов / А.Л. Тахтаджян, Ленинград: Наука, 1987. – С. 439.
53. Чавычалова Н.И., Кушнарченко А.И. Влияние зарастаемости нерестилищ макрофитами на эффективность естественного воспроизводства северокаспийской воблы //Юг России: экология, развитие. – 2008. – № 4 (3). С. 115–121.
54. Черепнин Л.М. Флора южной части Красноярского края. Вып. 1–6. – Красноярск, 1957–1967.
55. Шауло Д.Н. и др. Флористические находки на юге Средней Сибири: Красноярский край, Республики Хакасия, Тыва //Turczaninowia. – 2019. – Т. 22. – №. 2. – С. 80–93.
56. Шмытов А.А. Экологические типы и экологические группы растений водоёмов по отношению к водной среде обитания //Гидробиотика 2005: мат-лы VI всерос. шк.-конф. по водным макрофитам (пос. Борок, 11–16 октября 2005 г.). – Рыбинск, 2006. – С. 371–373.
57. Щербаков А.В. Изучение и анализ региональных флор водоёмов //Гидробиотика 2003: мат-лы VI всерос. шк.-конф. по водным макрофитам (п. Борок, 8–12 апреля 2003 г.). – Рыбинск, 2006. – С. 56–69.
58. Щербаков А.В. Что такое «водное ядро флоры» и зачем нужен этот термин? //Гидробиотика 2005: мат-лы VI всерос. шк.-конф. по водным макрофитам (пос. Борок, 11–16 октября 2005 г.). – Рыбинск, 2006. – С. 27–33.
59. Щербина С.С. Флора сосудистых растений Центральносибирского государственного биосферного заповедника и сопредельных территорий //Turczaninowia. – 2009. – Т. 12. – №. 1-2. – С. 71–241.
60. Электронный гербарий Сибирского Федерального университета [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://krsu.sfu-kras.ru>.

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт фундаментальной биологии и биотехнологии  
Кафедра водных и наземных экосистем

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
И.П. Филиппова  
подпись инициалы, фамилия

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

06.03.01 – Биология

Видовое разнообразие макрофитов бассейна среднего течения р.  
Енисей

Тема

Руководитель И.П. Филиппова 28.06.21 доцент, к.б.н. И.П. Филиппова  
подпись, дата должность, учёная степень инициалы, фамилия

Выпускник И.Д. Минаков 28.06.2021 И.Д. Минаков  
подпись, дата инициалы, фамилия

Красноярск 2021