

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт фундаментальной биологии и биотехнологий
Кафедра водных и наземных экосистем

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель магистерской
программы

_____ Н. А. Гаевский
подпись инициалы, фамилия
« _____ » _____ 20 __ г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Физиологические особенности водных растений в условиях

искусственного излучения

тема

_____ 06.04.01 «Биология» _____
код и наименование направления

06.04.01.02 «Физиология растений»
код и наименование магистерской программы

Руководитель	_____	<u>д-р биол. наук, проф.</u>	<u>Н. А. Гаевский</u>
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия
Выпускник	_____	<u>ББ16-02М, 041625603</u>	<u>А.А. Шаляева</u>
	подпись, дата	номер группы, номер зачетки	инициалы, фамилия
Рецензент	_____	<u>к.б.н., доцент</u>	<u>Т. А. Зотина</u>
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия

Красноярск 2018

РЕФЕРАТ

Выпускная магистерская диссертация по теме «Физиологические особенности водных растений в условиях искусственного излучения» состоит из введения, 3 глав, заключения, библиографического списка. Работа изложена на 56 страницах текстового документа, содержит 29 рисунков, 10 таблиц, 4 формулы, 57 использованных источников.

ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ И РОСТ РАСТЕНИЙ, ИСКУССТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ, ПИТОФОРА, ЯВАНСКИЙ МОХ, ВОДЯНОЙ ГИАЦИНТ.

Объект исследования – водные растения

Предмет исследования – физиологические особенности водных растений выращенных в условиях искусственного освещения с различным спектральным составом.

Цель работы: изучить физиологические особенности водных растений потенциально способных участвовать в процессах очистки воды от органических и неорганических компонентов загрязнителей в условиях искусственного освещения с различным спектральным составом.

Для достижения цели были поставлены задачи:

Исследовать показатели роста, пигментный состав и фотосинтетическую активность водяного гиацинта, яванского мха, нитчатой водоросли питофоры.

Исследовать фитоценоз, сформировавшийся в системе очистки воды при искусственном содержании рыбы в пилотном варианте рыбоводной установки, созданной на базе научной лаборатории кафедры водных и наземных экосистем СФУ.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Глава 1. Обзор литературы	6
1.1 Аквакультура	6
1.2. Аквапоника	7
1.3. Очистка вод с помощью высших растений	9
1.4.1 Аквакультура водяного гиацинта (<i>Eichhornia crassipes</i>)	11
1.4.2 Аквакультура питофоры (<i>Pithophora sp</i>)	14
1.5 Искусственное освещение	15
1.5. Влияние спектрального состава света на физиологические характеристики растений	18
Глава 2. Материалы и методы	21
2.1. Объекты исследования	21
2.2. Методы исследования	23
Глава 3. Результаты и обсуждения	30
3.1. Физиологические особенности растений в различных условиях освещения.	30
3.1.1 Физиологические особенности растения <i>Vesicularia dubyana</i> в условиях различного освещения	30
3.1.2. Физиологические особенности <i>Pithophora sp.</i> в условиях различного освещения	33
3.1.3. Физиологические особенности <i>Eichhornia crassipes</i> в условиях различного освещения.	36
3.2. Особенности физиологических показателей водных растений в условиях качественно различного освещения.	40
3.3. Действие сайдекса на культуру <i>Scenedesmus sp.</i>	42
3.4. Оценка работы рыбного модуля научной лаборатории СФУ	45
Заключение	50
Список литературы	51

ВВЕДЕНИЕ

В условиях возрастающего загрязнения окружающей среды все большее значение приобретают биологические методы, в которых используется растения, санитарно-биологическая роль которых в процессах самоочищения водоемов достаточно велика. Для очистки и доочистки сточных вод в настоящее время широко используются водные растения [Борисова и др., 2006].

Водные растения способны интенсивно поглощать и накапливать многие минеральные и органические вещества из окружающей среды. Эти свойства используются в мероприятиях по очистке и доочистке водоемов [Вишнякова, 2010].

В промышленных условиях одними из первых были апробированы и применены: водный гиацинт (*Eichhornia crassipes*) [Панин, 2001] и зеленые нитчатые водоросли, а именно питофора (*Pithophora sp.*) [Mubeen, 2010]. Доочистка воды используется не только в природных водоемах, но и в искусственных. При этом возникает дополнительная задача создания необходимых условий выращивания для поддержания аквакультуры: световых и температурных режимов, минерального состава.

Эффективность растений для биоремедиации определяется такими характеристиками: скорость роста, фотосинтетическая активность, интенсивность транспирации. В настоящее время для досвечивания применяются различные источники света с различным спектральным составом. Вопрос об использовании тех или иных источников в отношении водных растений, решен слабо. Необходимость оптимизации светового режима указывает на актуальность исследований физиологических особенностей водных растений для фиторемедиации при различных спектральных характеристиках в искусственно освещаемых биологических водоемах [Борисова и др., 2013].

Цель работы: изучить физиологические особенности водных растений потенциально способных участвовать в процессах очистки воды от органических и неорганических компонентов загрязнителей в условиях искусственного освещения с различным спектральным составом.

Для достижения цели были поставлены задачи:

1. Исследовать показатели роста, пигментный состав и фотосинтетическую активность водяного гиацинта, яванского мха, нитчатой водоросли питофоры.

2. Исследовать фитоценоз, сформировавшийся в системе очистки воды при искусственном содержании рыбы в пилотном варианте рыбоводной установки, созданной на базе научной лаборатории кафедры водных и наземных экосистем СФУ.

Работа выполнена на кафедре водных и наземных экосистем СФУ.

Глава 1. Обзор литературы

1.1 Аквакультура

Под аквакультурой (от лат. aqua – вода и cultura – возделывание, уход) - понимается разведение и выращивание водных организмов в естественных и искусственных водоемах. Речь идет о целесообразном искусственном воспроизводстве водных организмов при помощи их перенесения, акклиматизации в искусственных условиях. Иногда аквакультуру относят к отрасли экономики, занимающей промежуточное положение между присваивающим хозяйством (собирательство, охота) и агропроизводством.

Различают три основных типа аквакультуры:

- экстенсивный, при котором водные организмы содержат при низкой плотности и питании естественными кормами;
- полуинтенсивный, при котором обеспечивается более высокая плотность содержания с подкормкой и применением удобрений;
- интенсивный – с наивысшей плотностью и исключительно искусственными кормами.

Также аквакультуру можно подразделить на пресноводную и морскую.

Пресноводная аквакультура занимается увеличением и улучшением запасов водных организмов в естественных и искусственных водоемах[Бентли,1965].

Морская аквакультура (марикультура) – это товарное выращивание морских или солоновато-водных организмов на естественных или искусственных кормах в отгороженных заливах или специальных садках. В отличие от пресноводной аквакультуры разведение организмов в марикультуре имеет подчиненное значение. Объекты марикультуры – водоросли, рыба, моллюски (мидии, гребешки и т.д.)[Эл. ресурс, режим доступа: <http://artlib.osu.ru>].

Аквакультура вместе с гидропоникой образуют аквапонику.

Гидропоника - это способ выращивания растений на искусственных субстратах заменяющих почву. При выращивании гидропонным методом растение питается корнями во влажно-воздушной, сильно аэрируемой водной, или твердой, но пористой, влаго- и воздухоёмкой среде, способствующей дыханию корней, и требующей сравнительно частого (или постоянно-капельного) полива раствором минеральных солей, приготовленным в соответствии с растением [Курышева, 2016]. В качестве искусственных субстратов могут быть гравий, щебень, а также некоторые пористые материалы — керамзит, вермикулит и др. [Эл. ресурс, режим доступа: <http://www.ponics.ru>].

1.2. Аквапоника

Аквапоника – это замкнутая система выращивания рыб и растений органическим способом. Является сочетанием аквакультуры и гидропоники. Аквапоника имитирует естественный биогеохимический круговорот, позволяет выращивать одновременно и рыбу, и растения. Питание растений происходит от продуктов жизнедеятельности рыб в аквариуме. В аквапонике большое внимание уделяется микроорганизмам, которые превращают продукты жизнедеятельности рыб в питательные вещества, в которых нуждаются растения, тем самым очищая воду. Водные животные выделяют токсичные для них самих продукты жизнедеятельности: азотистые, калийные, фосфорные соединения, углекислый газ. Накопление этих веществ в воде представляет главную проблему как в замкнутой промышленной аквакультуре, так и в простом аквариуме. Эти же вещества абсолютно необходимы в гидропонике, и их добавляют в воду для получения питательных растворов для растений. В аквапонике эта проблема решается сама собой поскольку продукты жизнедеятельности рыб утилизируются бактериями и растениями [Моисеев и др., 1982].

Несмотря на то, что аквапоника состоит в основном из этих двух частей, аквапонные системы, как правило, сгруппированы в несколько компонентов или подсистем, отвечающих за эффективное удаление отходов, добавления основы для нейтрализации кислот или для обогащения воды кислородом. Аквапоника дает возможность существенно сократить, а в ряде случаев и свести к нулю, сброс сточных вод [Мартынов и др., 2016].

Растения выращивают в системах гидропоники, где их корни погружают в богатые питательными веществами сточные воды. Это позволяет им отфильтровать аммиак и мочевину, которые являются токсичным для водных животных, или его метаболитов. После того как вода проходит через гидропонную подсистему, её дополнительно аэрируют кислородом и она может вернуться к резервуарам аквакультуры. Этот цикл непрерывен.

В аквапонике не используются гербициды и пестициды, так как они губительны для водных организмов. По этой же причине требуется внимательный подход к выбору и дозировке питательных добавок для растений [эл. ресурс, режим доступа: <http://artlib.osu.ru>].

Реализация аквапоники в крупных промышленных масштабах осуществлена в Кении (рис. 1) и в США (рис. 2).



Рисунок 1 – Аквапоника, Кения [<http://wallpapersoft.us/backyard-tilapia-farming/farming-of-tilapia-fish-in-kenya>].



Рисунок 2 – Аквапоника, США[<https://www.aquacosm.eu>].

1.3 Очистка вод с помощью водных растений

В последнее время увеличивается количество различных водоемов, где качество воды оценивается как неудовлетворительное практически для всех видов пользования – рыбохозяйственного и питьевого. Наибольший вред приносят рекам и природным водоемам различного рода стоки, т.к. в них попадают как отходы производств, так и недоочищенные, хлорированные и т.п. стоки, из-за чего часто происходит эвтрофирование этих рек и водоемов. Такие бассейны практически становятся мертвыми [Гарин и др., 2005].

Проблема обработки стоков актуальна во многих местах, где на небольших площадях сконцентрировано большое количество требуемых очистки вод различного происхождения[Макеев, 2015]. Из наиболее распространенных способов доочистки поверхностных стоков является выдерживание их в биологических прудах-отстойниках, в которых концентрация загрязнителей в течение того или иного периода времени снижается до требуемых норм за счет естественного процесса самоочищения, который осуществляется микроорганизмами, водорослями, беспозвоночными организмами и высшими водными растениями (ВВР). Способность высших водных растений удалять из воды загрязняющие вещества - биогенные элементы (N, P, Ca, K, Mg, Mn, S), тяжелые металлы (Cd, Cu, Pb, Zn), фенолы,

сульфаты - и уменьшать ее загрязненность нефтепродуктами, синтетическими ПАВ [Хайрулина, 2013].

Водные растения в водоемах выполняют разнообразные функции: фильтрационную, поглотительную (поглощение биогенных элементов и некоторых органических веществ), накопительную (способность накапливать некоторые металлы и органические вещества, которые трудно разлагаются), окислительную (в процессе фотосинтеза вода обогащается кислородом); детоксикационную (растения способны накапливать токсичные вещества и преобразовывать их в нетоксичные) [Тарушкина и др., 2006].

Растения способны извлекать из воды многие жизненно важные для них элементы и органические соединения и этим снижать степень эвтрофирования водоемов [Крот, 2006]. Кроме растворенных в воде веществ водные растения способны включать в свой метаболизм некоторое количество осевших на их поверхности органических и минеральных взвесей [Дмитриев, 2000]. Часть их трансформируется в растительных тканях и аккумулируется в надводных и подземных органах. Погруженные растения на 1 кг сухой массы аккумулируют в среднем 50 г - N, 3 г - P, 45 г - K. Тяжелые металлы представляют особую опасность в связи с их возможным движением по пищевым цепям в водоеме [Панин и др, 2001].

Концентрация химических элементов в тканях растений находится в зависимости от их содержания в грунтах и воде. Водные растения извлекают из воды не только необходимые им биогенные элементы, но и соединения тяжелых металлов, синтетические ПАВ и многое другое. Поглощение растениями минеральных веществ характеризуется видовой специфичностью. Наибольшая аккумулирующая способность тяжелых металлов отмечена у погруженных растений, среди которых по интенсивности накопления выделяются харовые водоросли, элодею, роголистник, рдесты и другие [Садчиков, 2004]. Погруженные растения накапливают тяжелые металлы в 10 раз интенсивнее водно-воздушных. Так,

ряска накапливает достаточно много бора, харовые водоросли - медь, тростник - ртуть [Бричкова, 2003].

Интенсивность поглощения токсичных соединений зависит от времени года и развития растений; наибольшее содержание элементов наблюдается в период их интенсивного роста, а наименьшее - осенью [Минаева и др., 2009].

Анализ материалов по способности растений к накоплению тяжелых металлов показывает, что часть водных растений не способна длительно существовать при наличии тяжелых металлов в водной среде. Поскольку такие тяжелые металлы как Fe, Zn, Mn и Cu являются биоэлементами, то многие водные растения способны накапливать их большие количества, многократно превышающие их концентрации в воде [Фомина, 2006]. В процессе эволюции растения-аккумуляторы сформировали специальные механизмы устойчивости к тяжелым металлам, такие как способность аккумулировать токсичные элементы в метаболически-инертных органах и органеллах, способность включать их в хелаты - вещества, образующие с металлом комплексные соли, в которых металл закреплен по всем валентностям и находится внутри молекулы, вследствие чего, возможность его вступления в реакцию резко снижается [Калайда, 2010].

1.4.1 Водяной гиацинт (*Eichhornia crassipes*)

В 1985 года Моисеев А.П. в своей статье говорил о том, что как аквакультура водяной гиацинт в России еще не нашел широкого распространения из-за отсутствия эффективных технологий по его выращиванию. Однако в настоящее время водяной гиацинт имеет широкий спектр применения [Вишнякова, 2010].

Водяной гиацинт *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms – сем. Понтедериевые (Pontederiaceae) типичный гидрофит, произрастающий в тропических районах Америки. Водяной гиацинт – это небольшое по высоте полупогруженное в воду растение, растущее у берегов рек, прудов, озер,

каналов и канав, по окраинам рисовых полей. Растение имеет мясистые, симподиально-ветвящиеся корневища, покрытые остатками влагалищ старых, отмерших листьев. Длинные ползучие корневища с пучками тонких придаточных корней, отходящих от каждого узла, легко обламываются, а их обрывки разносятся течением на значительные расстояния. Укореняясь, они дают начало новым растениям. Таким образом, водой осуществляется расселение водяной гиацинт в естественных условиях ее обитания. *E. crassipes* быстро растет и развивается не только в прикрепленном состоянии, но и свободно плавая по поверхности воды. На поверхности воды располагаются розетки из сочных листьев овальной формы — на сформировавшемся гиацинте может быть до десяти листьев. Поверхностное расположение *E. crassipes* обеспечивается за счёт внутри черешковых полостей, заполненных воздухом, что позволяет водяному гиацинту произрастать в водоёмах любой глубины: при глубине в 50 см и более *E. crassipes* будет существовать на плаву; при меньшей — укоренится в иле мелководья [Мартынов и др., 2016].

Водяной гиацинт – нетрадиционный для Сибири объект, тем не менее опыт других стран дает основание использовать его в системе очистки сточных вод в качестве основного или дополнительного фактора. Благодаря своим морфологическим (мощная корневая система, хорошо развитая надводная часть с широкими листьями), экологическим (высокая плотность зарослей благодаря быстрому вегетативному размножению) и физиологическим (высокие темпы поглощения минеральных и органических веществ) свойствам это растение служит надежным барьером для взвешенных частиц, растворенных неорганических веществ (включая цианиды), нефтяных загрязнений, фенола, тяжелых металлов и даже болезнетворных бактерий, значительно снижая кол-индекс ; улучшает качество воды, повышая содержание растворенного кислорода и понижая значения БПК и ХПК на 58% и 76 % соответственно [Delgado, 2009]. Если в тропических и субтропических регионах *E. crassipes* активно произрастает

круглый год, то в нашем климате его использование ограничено теплым временем года, и зимовать растения должны в закрытых помещениях, температура и освещенность в которых позволила бы им нормально расти и вегетировать. *E.crassipes* быстро растет и развивается не только в прикрепленном состоянии, но и свободно плавая по поверхности воды. Однако, культивирование водяного гиацинта в искусственных и естественных водоемах перспективно [Чубчикова и др., 2006].

Водяной гиацинт в условиях летнего водоёма при достаточно высокой температуре воздуха и солнечной погоде не требует особого ухода. Размножается вегетативно — боковыми побегами [Бреховская, 2001]. Даже при не особенно жаркой погоде в средней полосе России в течение трёх летних месяцев водяной гиацинт в открытом водоёме может сформировать до трёхсот молодых растений. В воде должны присутствовать растворенные органические компоненты. В качестве среды для выращивания водного гиацинта используют стандартную среду Кнопа/Хогланда [Минаева и др., 2009].

Поскольку, водяной гиацинт растет в тропических и субтропических климатических зонах, то для его успешного выращивания нужна высокая температура воды и воздуха порядка $+26^{\circ}\text{C}$, для цветения - около $+30^{\circ}\text{C}$. При недостаточной температуре водяной гиацинт не будет цвести, но при этом может быстро наращивать биомассу. Водяной гиацинт высаживают в мае-июне, когда вода прогрелась, и гарантированно не будет ночных заморозков [Макеев и др., 2013].

При выращивании водяного гиацинта в условиях аквариума создают стабильную, без перепадов, высокую температуру (не ниже 25°C). Место для аквариума выбирают без сквозняков, но и не вблизи отопительных приборов. Для стимуляции цветения водяного гиацинта температуру воды и воздуха повышают до $30-32^{\circ}\text{C}$. Во время проветривания помещения во избежание сквозняков и для создания влажной камеры (не менее 20 см высотой) резервуар накрывают стеклом [Прасун, 2002].

1.4.2. Питофора (*Pithophora sp*)

Питофора (*Pithophora sp.*) - род нитчатых зеленых водорослей из класса ульвофициевых (*Ulvophyceae*). Этот вид нитевидных водорослей имеет грубую текстуру, поэтому его часто называют «конским волосом». Вне воды очень жесткие, можно рассмотреть отдельные нити [Mubeen, 2011].

Растения представляют собой кустики длиной до 20 см., неопределенных очертаний, негустые, слабо перекрученные, не распадаются на отдельные пучки и пряди, часто представляют в виде спутанных прядей.

Ветвление слоевища дихотомическое, конечные веточки редкие, отходят поочередно. Биомасса достигает до 0,3кг/м².

Растет в основном на камнях, а также представляет собой аквариумный вид. Для нормального развития питофоры, не мало важное значение имеет жесткость воды. Предположено, что при рН выше 8, колония питофоры распадается, но вода с щелочной реакцией так же неблагоприятна для развития растений. Наиболее рекомендуемая рН воды – нейтральная или слабокислая [Прасун, 2002].

Так же показано, что интенсивность освещения существенного значения для развития питофоры не имеет. Но предположено, что чем ярче свет, тем больше кислорода выделяет растение, но при этом появление других растений в аквариуме нежелательно, т.к. аквариум начинает зарастать [эл.ресурс. Режим доступа: <http://www.aquaristics.ru>].

Характер грунта не играет важной роли, так как растение свободно перемещается по аквариуму. Размножение питофоры производится двумя способами: механическим (разделение на несколько частей) либо с помощью повышения температуры до 24 С колония распадается, после температуру понижают и поддерживают в пределах 18-20°С) [эл.ресурс. Режим доступа: www.medbe.ru]

1.5. Искусственное освещение

Для досветки растений используют разнообразные источники излучения:

- люминесцентные лампы общего назначения;
- люминесцентные лампы специального назначения;
- газоразрядные лампы;
- ртутные лампы;
- натриевые лампы высокого давления;
- металлогалогеновые лампы;
- светодиоды;

В данной работе использованы галогенные лампы, которые имитируют солнечный свет и светоизлучающие диоды (СИД), для облучения растений белым и красным светом.

Металлогалогеновые лампы

Металлогалогеновая лампа- это лампа накаливания в баллон, которой добавлен буферный газ(пары галогенов(брома или йода)). Буферный газ повышает срок службы лампы

Их можно считать наиболее совершенными лампами для подсветки растений. Обладают высокой мощностью, большим ресурсом, оптимальным спектром излучения, компактностью.

К сожалению, эти лампы, особенно с улучшенным спектром излучения, дороже других ламп. В продаже есть новые лампы с керамической горелкой производства Philips (CDM), OSRAM (HCI) с повышенным коэффициентом цветопередачи (CRI=80-95). Отечественная промышленность выпускает лампы серии ДРИ. Область применения - та же, что и для натриевых ламп высокого давления[Юнович, 2011].

Светодиодные осветительные устройства

В отличие от всех используемых для освещения либо подсветки растений приборов светодиодное осветительное устройство — это не лампа, а твердотельный полупроводниковый прибор, в котором нет хрупкой стеклянной колбы, наполненной небезопасным газом, нити накала и ненадежных подвижных элементов. Излучение в светодиоде генерируется при прохождении электрического тока через специальный искусственный кристалл. Основная энергия при этом расходуется на создание светового потока, процесс проходит без выделения тепла. Светодиоды отличаются непревзойденным ресурсом до 100 тыс. часов непрерывной работы, расходуют на 75% меньше электроэнергии по сравнению с традиционными осветительными приборами и способны обеспечить комфортный для развития растений спектр излучения [Юнович и др, 2011].

Светодиодные лампы потребляют в 6-8 раз меньше энергии света, что показывает их небольшую энергозатратность (стоимость светодиодов окупаема).

Преимущества светодиодных ламп: низкое энергопотребление, долговечность, прочность, безопасность, отсутствие мерцания, отсутствие ультрафиолетового излучения, минимальное выделение тепла, экологичность, простота. Излучение узкой части спектра (синий и красный) необходимый для растений. В настоящее время существуют многочисленные коммерческие предложения фитоламп разной мощности и спектрального состава[эл.ресур. Режим доступа:www.strmt.com].



Рисунок 3 – Фитолампа, собранная с использованием синих и красных светодиодов [эл. Ресурс <http://fito-diod.ru>].

Светодиодная фитолампа способна обеспечить растения необходимым для их развития светом за счет генерирования световых волн разной длины.

Некоторые из оранжерейных растений чувствительны к ультрафиолетовым лучам. Избыток такого излучения способен оказать вредное влияние на общее состояние растения или повредить листья[эл.ресурс. Режим доступа:www.lifeandlight.ru].

Светодиодные лампы для теплиц настраиваются под требования овощных и плодовых культур. Они не боятся повышенной влажности, а также попадания на них воды при поливе растений. В лампе используется низкое напряжение, поэтому лампа почти не нагревается.

Современные светодиоды можно разделить на несколько групп по их мощности и рабочему диапазону. Индикаторные, сверх яркие и мощные.

Индикаторные: это компактные светодиоды, которые имеют небольшую силу света (до 100мКд). Их рабочий диапазон тока около 20 мА. Такие светодиоды чаще применяются в оптических индикаторах.

Сверх яркие: имеют высокие световые характеристики. Рабочий диапазон тока 20-150 (200) мА. Занимают промежуточное положение между

индикаторными и мощными светодиодами. Имеют широкий спектр применений: дорожные светофоры, мобильные телефоны и т.д.

Мощные: Потребляемая мощность в номинальном режиме составляет 1Вт. Возможно применение при токах 500, 700, 1000 мА и выше. Повышение рабочего тока позволяет увеличить световой поток. Основным применением является осветительное оборудование.

Так же существуют светодиодные модули. Они также применяются в осветительном оборудовании.

В последнее время светодиоды разделяют и по применению. Так же их можно разделить и по световому потоку, и по цветовой температуре[эл.ресур. Режим доступа:www.agrotip.ru].

1.6. Влияние спектрального состава света на физиологические характеристики растения

Различные спектры света по-разному влияют на развитие растений. Пигменты с пиком поглощения в синей и фиолетовых областях спектра оказывают влияние на рост корневой системы, цветение и созревание плодов. Красный и инфракрасный отвечают за развитие листьев и рост растения в целом.

Теоретические основы влияния источников света различного спектрального состава были заложены Воскресенской Н.П. (1965). В настоящее время многие лаборатории испытывают новые источники света, в том числе в Институте биофизики СО РАН под руководством А. А. Тихомирова[Тихомиров и др,2000].

В диапазоне длин волн, относящихся к фотосинтетически активной радиации (ФАР), выделяют определенные участки, способные вызвать физиологические ответные реакции у растений.

Сводную таблицу действия различных участков и механизмы влияния предложила Головацкая И.Ф. в 2009году.

Таблица 1 – Спектральный диапазон испускания и физиологические эффекты

Спектральный диапазон, нм.	Физиологический эффект
УФ (280-315)	Задерживают «вытягивание» растений и стимулируют синтез некоторых витаминов, повышают холодостойкость.
Фиолетово-синий (315-460)	Наибольшее влияние на фотосинтез; хлорофилл и каротиноиды поглощают большую долю светового потока.
Сине-зеленый (460-610)	Низкая эффективность поглощения зелеными пигментами.
Красный (610-720)	Оказывает значительное влияние на фотосинтез, увеличивая его скорость. Наибольшее значение имеют красные (720-600 нм) и оранжевые лучи (620-595 нм). Именно они являются основными поставщиками энергии для фотосинтеза и влияют на процессы, связанные с изменением скорости развития растения (избыток красной и оранжевой составляющей спектра задерживает переход растения к цветению).
Ближний ИК (720-1000)	Стимулируют растяжение клеток, ускоряют цветение.

Из приведенных выше эффектов различных длин волн света для фотосинтеза требуется только часть спектра в области ФАР(400-720нм), для фотосинтеза наиболее востребованы «синий» 440-460 нм и «красный» 630-680 нм диапазон. Они вносят наибольший энергетический вклад в процесс накопления биомассы. Длины волн 520-610 нм поглощаются пигментами листа менее эффективно. На основе этих сведений проектируют спектры испускания фитосветильников на основе СИД. Подсветка растения осуществляется светильниками на основе «красных» и «синих» светодиодов в соотношениях от 5:1 до 10:1 соответственно. Чаще всего используют соотношение 8:1 [D.Singh,2009].

Из анализа использованной литературы можно сделать вывод, что физиологические характеристики изучаемых растений в условиях искусственного освещения изучены недостаточно. В качестве параметров, которые могут быть связаны с эффективной способностью растений участвовать в биоремедиации: рост растений, фотосинтетические пигменты (как адаптация), фотосинтетическая активность (связь с продуктивностью).

Глава 2. Материалы и методы

2.1. Объекты исследования

Водяной гиацинт *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms – сем. Понтедериевые (Pontederiaceae), однодольное. Растение имеет мясистые, симподиально ветвящиеся корневища, покрытые остатками влагалищ старых, отмерших листьев. Длинные ползучие корневища с пучками тонких придаточных корней, отходящих от каждого узла. Укореняясь, они дают начало новым растениям.

E. crassipes быстро растет и развивается не только в прикрепленном состоянии, но и свободно плавая по поверхности воды. На поверхности воды располагаются розетки из сочных листьев овальной формы — на сформировавшемся гиацинте может быть до десяти листьев. Поверхностное расположение *E. crassipes* обеспечивается за счёт внутричерешковых полостей, заполненных воздухом, что позволяет водяному гиацинту произрастать в водоёмах любой глубины: при глубине в 50 см и более *E. crassipes* будет существовать на плаву; при меньшей — укоренится в иле мелководья [Мартынов, 2016].



Рисунок 4 – Водяной гиацинт (*Eichhornia crassipes*) (фото автора).

Яванский мох (*Vesicularia dubyana*) – многолетний водный мох рода *Vesicularia* семейства Гипновые (Hypnaceae), класс листостебельные мхи

(Bryopsida). Листья растения до 45 см., стебли сильно ветвящиеся, покрыты листьями длиной до 0,2см от светло-зеленого до темно-зеленого. Прикрепляются к твердым предметам ризоидами. Яванский мох используется, как аквариумное растение. Это любимый субстрат для нереста фитотрофных рыб. Часто используется для декорирования аквариума [Раделов ,2007].



Рисунок 5 – Яванский мох(*Vesicularia dubyana*)[

<http://aquaplantfish.ru/plant/bottom/javanskijmoh/javanskijmoh.htm>]

Питофора (*Pithophora sp.*) - род нитчатых зеленых водорослей из класса ульвофициевых (Ulvophyceae). Этот вид нитевидных водорослей имеет грубую текстуру, поэтому его часто называют «конским волосом». Вне воды очень жесткие, можно рассмотреть отдельные нити [Mubeen , 2011].



Рисунок 6 – Питофора(*Pithophora sp*)[http://natural-history.main.jp/Tree_of_life/Eukaryote/Plantae/Ulvophyceae/Pithophora_sp/Pithophora_sp.html]

В качестве метода очистки можно использовать сообщества водорослей и микроорганизмов, которые могут формировать маты (фитоперифитон) на поверхности искусственных водоемов. И при наличии света выполнять ту же функцию, что и высшие растения. Фитоперифитон играет особую роль в жизни водоемов. Прежде всего это заключается в их процессах биологического самоочищения [Ковтун, 2012].

Перифитон (от др. греч.-περίφύω – расти, обрастать) — экотопическая группа гидробионтов (растений, животных, микроорганизмов), ведущих преимущественно прикрепленный образ жизни (твердые субстраты различного происхождения). В состав перифитона входят многочисленные виды животных и растений. Для прикрепления необходим твердый субстрат, а также благоприятный кислородный режим, определенная степень освещенности и т.д. В состав пресноводного перифитона преимущественно входят небольшие организмы, в частности зеленые и диатомовые водоросли [Эл.ресурс, <http://www.zoofirma.ru>].



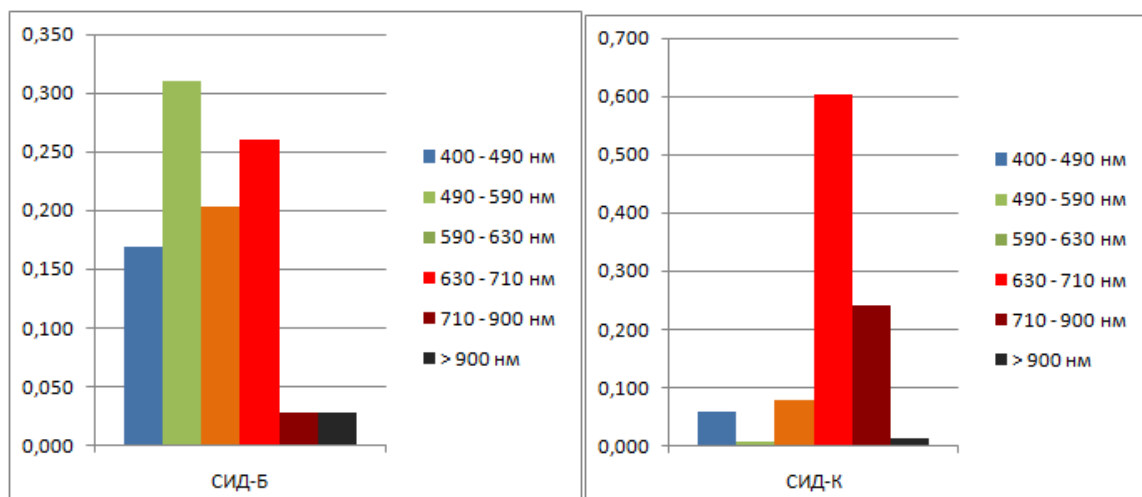
Рисунок 7 – Фитоперифитон.[<http://sakhalin-museums.ru/event/10963/>]

2.2.Методы исследования

Исследования проводились в научной лаборатории кафедры водных и наземных экосистем СФУ. Исходная культура пестофоры находилась в незаселенном моллюсками аквариуме при сочетании дневного и «белого» СИД освещения в качестве досветки.

Использовали светоизлучающие диоды «белого» и «красного» свечения компании ООО «СибИТЦ» и галогеновые лампы ГЛ «ITL-GL300».

Спектральные характеристики представлены на рисунке 8.



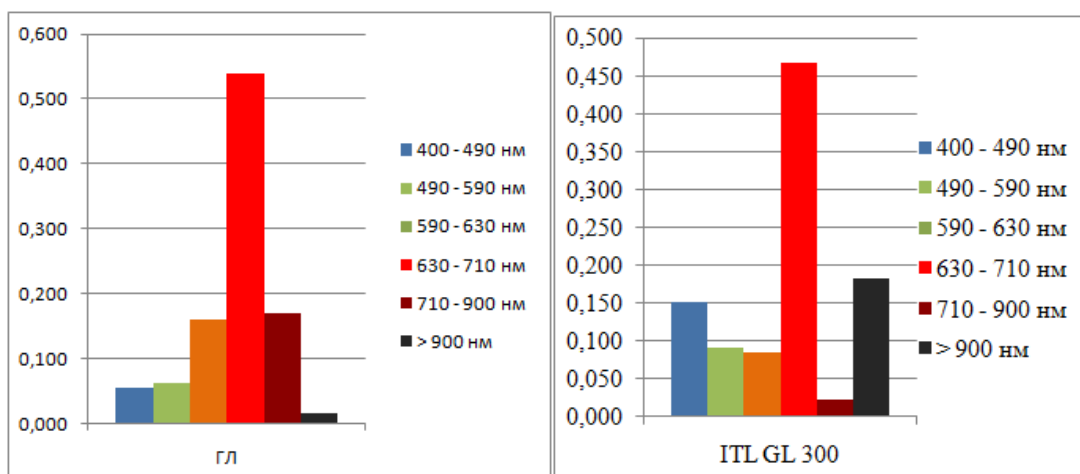


Рисунок 8 – Распределение светового потока между спектральными диапазонами. 1- СИД «белый», 2 – СИД «красный», 3 – галогеновая лампа (ГЛ), ITL GL 300 – лампа для водоемов СФУ.

Энергетическая освещенность под источниками излучения: «белый» СИД – $170 \text{ мкмольквантов} \times \text{м}^{-2} \times \text{с}^{-1}$, «красный» СИД - $130 \text{ мкмольквантов} \times \text{м}^{-2} \times \text{с}^{-1}$, ГЛ – $160 \text{ мкмольквантов} \times \text{м}^{-2} \times \text{с}^{-1}$, ITL GL 300 - $70 \text{ мкмольквантов} \times \text{м}^{-2} \times \text{с}^{-1}$.

Растения выращивались в вентилируемых светоизолированных камерах (гроубоксы). Размеры гроубоксов $45 \times 60 \times 40$ см (высота, ширина и глубина соответственно). Расстояние от источника освещения до поддона 27 см. Фотопериод 12 часов. Температура от 25 до 30°C.



Рисунок 9 – Светоизолированные камеры и культура водяного гиацинта. А – «красный» СИД, Б – «белый» СИД, В – ГЛ (фото автора).

Время культивирования растений: яванский мох - 20 суток, водяной гиацинт – 22 суток, питофора – 3 суток.

Водяной гиацинт помещали непосредственно в поддоны, яванский мох и питофору – в специальные погруженные емкости с сетчатым дном. Растения помещались в стаканчики с вырезанным дном для изолированных систем. Роль «дна» заменяла газовая сетка. Изолированная система представлена на рисунке 10. Диаметр стаканчика 9 см, высота 7 см, объем 200 мл. Стаканчики помещались в пластиковые емкости (16×21×17 см), которые находились в светонепроницаемых вентилируемых камерах с различным искусственным освещением. Объем питательного раствора 5л.



Рисунок 10 – Изолированная для выращивания сванского мха и водоросли питофора (фото автора)

Для всех растений питательным раствором для выращивания была среда Хогланда–Арнона, разбавленная в 10 раз. Питательная среда в расчете на 200мл маточного раствора: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ безв - 16,4 г, KNO_3 – 10,0 г, KH_2PO_4 – 2,6 г, MgSO_4 – 4,8 г, Fe–цитрат – 0,38 г.

Для поддержания ионной силы питательного раствора с учетом потребления растениями, проводили измерения электропроводности 1 раз в

3-4 дня на «Conductivity meter», Польша. В течение опыта поддерживали проводимость на уровне 1,0-2,5 мкS.

Подавление уровня «цветения»:

Контроль нежелательного цветения одноклеточными водорослями питательного раствора, пытались контролировать с помощью рекомендованным в аквариумистике препаратом «Сайдексом».

Глутаровый альдегид компании «Zoolink Cidex» представляет собой 2,2-2,7% водный раствор глутарового альдегида. Назначение - профилактика и борьба с вредными низшими растениями в домашних условиях. «Сайдекс» берет свое наименование от американского химического средства «Cidex Activated Glutaraldehyde». Сайдекс не несет вреда высшим растениям, воздействует на клеточном уровне с тканями водорослей. Способ применения: вносить по 20-30мл/100л воды ежедневно в течение 5-7 дней.

Для маточного раствора сайдекс разводили 1:20 (95мл H₂O+5мл сайдекса). В эксперименте использовали сайдекс трех концентраций: 0,1%, 0,2% и 0,4%. Культивировали в сосудах на 100мл, добавляли по 100мл H₂O+необходимую концентрацию сайдекса+20мл культуры и ставили на свет. Время культивирования – 7 суток. Для каждой концентрации две повторности. Культуру брали из сосуда для выращивания водяного гиацинта.

В эксперименте по исследованию действия сайдекса на микроводоросли использовали флуориметр ФЛ3003 НПП «Тест». Флуорисценцию возбуждали синим светом. В качестве показателя блокировки фотосинтеза вносили симазин в концентрации 10⁻⁵ моль. Уровень флуорисценции возбуждаемой синим светом после добавления симазина использовали для оценки концентрации хлорофилла, а отношение $F_{(-сим)}/F_{(+сим)}$ как показатель фотосинтетической активности: $Y(II) = (F_{(-сим)} - F_{(+сим)})/F_{(+сим)}$

Очистительный блок в рыбоводном проекте

Очистительный блок в рыбоводном пилотном проекте был представлен двумя водоемами. Конструкция показана на рисунке 11.

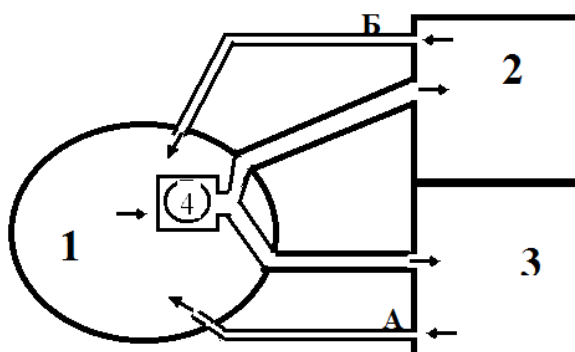


Рисунок 11 – Схема водоемов для забора материала. 1 – водоем с карасями, 2 – водоем с высшими растениями, 3 – водоем без высших растений, 4 – компрессор, стрелки показывают направление движения воды, А – труба 1, Б – труба 2.(фото автора).

Характеристики очистительного блока в рыбоводном пилотном проекте:

Скорость вытекания воды из 1 трубы равна 900 мл за 2.1 сек, из 2 трубы водоема с высшими растениями равна 898 мл за 3,9сек. Объем водоема с карасями равна 4000л, высота 1м. Объем квадратных водоемов 500л, размеры 1,5×1,7×0,2м. Температура воды = 20,5°C. Высшая растительность представлена ростками лотоса. Над каждым водоемом был установлен светильник Marcom, интенсивность на поверхности водоемов 70 мкмольквантов×м⁻²с⁻¹.

Так же отбор материала перифитона производился из водоемов СФУ. Водоемы представлены на рисунке 12. Произведен забор воды из водоема с карасями (1), из труб с очищенной водой из водоема с высшими(2) и без них(3).

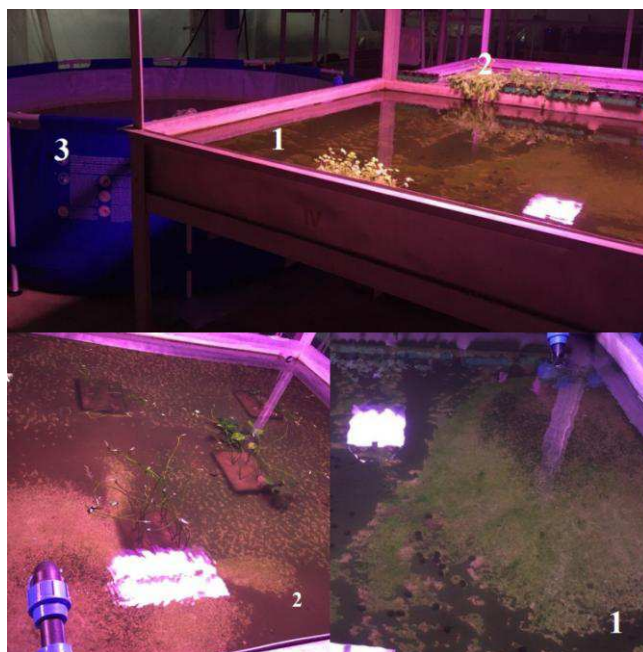


Рисунок 12 – Водоемы для отбора проб. 1- водоем без высших растений, 2-водоем с высшими растениями, 3 – водоем с карасями (фото автора).

Определение фотосинтетических пигментов:

Отбор проб перифитона производился из водоемов с помощью шприца диаметров 1,5см., с водяного гиацинта высежкой диаметром 1 см и массой 0,2г, с яванского мха и питофоре – по сырой массе. Пробы перифитона отфильтровывали с помощью колбы Бунзена и медицинского отсоса «Утес», фильтры хранили в темноте до полного высыхания, осадок с фильтров, сырую массу яванского мха и питофоры, а так же высежки водяного гиацинта переносили в пробирки, с добавлением 10 мл 96% этилового спирта, нагревали на водяной бане EL1300 20 минут при температуре 65°C, охлаждали до комнатной температуры, определяли оптическую плотность при длинах волн: 470, 649, 665, 720 нм на спектрофотометре СПЕКОЛ 1300.

Концентрацию пигментов высчитывали по формулам[Hartmut,2001]:

$$\text{Хл А} = 13,7 \times (D_{665} - D_{720}) - 5,76 \times (D_{649} - D_{720}) \text{ мкг/мл}$$

$$\text{Хл. Б} = 25,8 \times (D_{649} - D_{720}) - 7,6 \times (D_{665} - D_{720}) \text{ мкг/мл}$$

$$\text{Кар.} = ((D_{470} - D_{720}) - (C_{\text{хл. а}} \times 0,001666) - (C_{\text{хл б}} \times 0,03315)) / 0,21 \text{ мкг/мл.}$$

Сырую массу определяли весовым методом на весах с точностью до 1 мг. Перед измерением растение помещали на фильтровальную бумагу, быстро взвешивали, возвращали назад в воду.

Размеры и площадь устьиц измерялись с помощью микроскопа с цифровой камерой Levenhuk, увеличение $\times 300$. Для подсчета размеров и число устьиц использовали программу ImageJ. Так же измерялись размеры и площадь листьев с помощью линейки.

Комплексный анализ фотосинтетических параметров фитоперефитона, яванского мха, питофоры осуществляли с помощью флуориметра Phyto-PAM (Walz, Германия) в ячейках EDF и ED в режиме «световая кривая», водяной гиацинт исследовали с помощью флуориметра Junior-PAM (Walz, Германия) Фотосинтетическую активность определяли на основе следующих параметров: α – тангенс угла наклона световой кривой, ETRmax – максимальная скорость электронного транспорта, I_k – оптимальная интенсивность света для нециклического транспорта электронов.

В таблицах и на рисунках показаны средние значения исследованных показателей и ошибки средних.

Глава 3. Результаты и обсуждение

3.1. Физиологические особенности растений в различных условиях освещения.

3.1.1. Физиологические особенности растения *Vesicularia dubyana* в различных условиях освещения.

Накопление сырой биомассы яванского мха показано на рисунке 13.

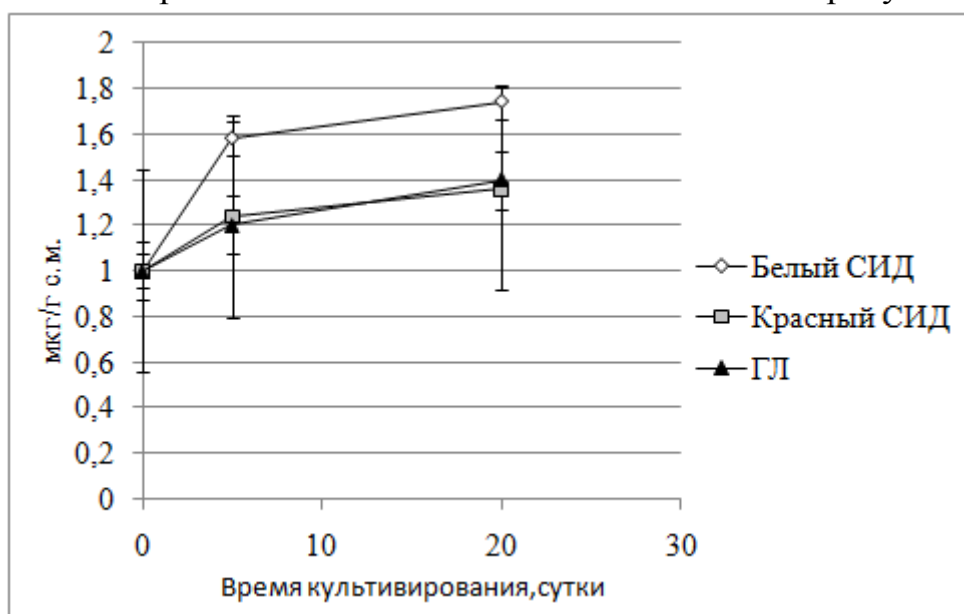


Рисунок 13 — Относительное увеличение сырой биомассы у *V. dubyana*. «Белый» СИД – светоизлучающий диод белого спектра, «красный» СИД – светоизлучающий диод красного спектра, ГЛ – галогеновая лампа.

Результаты пронормированы на начало эксперимента.

В вариантах «Красный» СИД и ГЛ прирост биомассы был одинаковым и значительно уступал приросту биомассы в варианте «Белый» СИД. Во всех вариантах кривая роста биомассы типична для накопительной культуры, когда скорость выше в начале культивирования и затем достигает плато.

За все время культивирования (20 суток) при культивировании растений на «Белом» СИД была получена сырая биомасса 950 г в пересчете на квадратный метр. В вариантах «Красный» СИД и ГЛ этот показатель

Заключение:

1. На основании исследованных физиологических показателей подтверждена возможность применения водных растений: водяной гиацинт, яванский мох и питофора для их включения в систему очистки воды при искусственном освещении.

2. В ходе испытания трех источников света: галогенных ламп, светоизлучающих диодов красного и белого света показана видовая специфика при выборе оптимального для роста растений света. Допускается одновременное включение в систему очистки воды светлюбивого вида (водяной гиацинт) и тенелюбивого вида (питофора).

3. В экспериментальной системе очистки воды при искусственном содержании рыбы и искусственном освещении автотрофное звено формируется за счет фитоперифитонного сообщества состоявшего преимущественно из диатомовых водорослей. Продуктивность этого сообщества по накопленной биомассе была выше при наличии в водоеме высших растений.

Список литературы

- 1.Агротехнические рекомендации по выращиванию зеленных культур методом проточной гидропоники [эл.ресурс].Режим доступа: <http://www.agrotip.ru>
- 2.Бентли М.В. Промышленная гидропоника//М.: Изд-во Колос,1965 – 189с.
- 3.Борисова Г.Г., Чукина Н.В., Малеева М.Г., Адаптивный потенциал высших водных растений с разной аккумулятивной способностью// Водное хозяйство России,2013– с.104-114
- 4.Борисова Г.Г., Чукина Н.В., Малеева М.Г., Использование гидрофитов для биоремедиации и фиторемедиации загрязненных водных объектов//Водное хозяйство России,2006– с.30-40
- 5.Браяловская В.Л., Якубовский К.Б., Попова А.И., О влиянии высшей водной растительности на качество воды водоемов-приемников сточных вод цветной металлургии//Вод.ресурсы,1989- с.135-143
- 6.Бреховских В.Ф.Особенности накопления тяжелых металлов в донных отложениях и высшей водной растительности заливов Иваньковского водохранилища// Водные ресурсы,2001.
- 7.Бричкова Г.Г., Картель Н.А..Использование растений для очистки территорий, загрязненных тяжелыми металлами// Вести НАН Беларуси,2003
- 8.Брызгалов В.А., Овощеводство закрытого грунта//М.Колос,1992-196с
- 9.Вишнякова М.Ю. Очистка сельскохозяйственных сточных вод с помощью водного гиацинта (*Eichornia crassipes*)//Теоретические и прикладные проблемы АПК,2010.
- 10.Водные ресурсы и аквакультура [эл.ресурс]Режим доступа: <http://artlib.osu.ru>
- 11.Водный гиацинт:Посадка и уход [эл.ресурс] Режим доступа:<http://aquariumguide.ru>
- 12.Воскресенская Н.П. Фотосинтез и спектральный состав света//Изд. Наука, Москва,1965.

13.Выращивание растений в защищенном грунте [эл.ресурс.] Режим доступа: <http://www.ponics.ru>

14.Гарин В. М., Кленова И. А., Соукуп В. А. О возможности применения высшей водности растительности для очистки загрязненных вод // Безопасность жизнедеятельности. № 2,2005-с32–35

15.Головацкая И.Ф. Регуляторная роль зеленого света в морфогенезе и гормональном статусе растений//Автореферат диссертации, Красноярск,2009.

16.Гула К.Е., Крупская Л.Т., Дербенцева А.М., Волобуева Н.Г. Использование водных растений в процессе очистки сточных вод//Узбекистан,2012.

17.Дмитриев А.Г., Рыженко Б.Д., Змиевец Ю.Ф., Сокол К.Г., Технология биологической очистки и доочистки малых рек, водоемов и истоков// Городское упр. №10,2010-с.60-68

18.Калайда, М.Л. Аккумуляция загрязняющих веществ водными растениями и возможности утилизации растительной массы // М.Л. Калайда, С.Д. Борисова // Бутлеровские сообщения Т.21. – №9, 2006–с33-39

19.Ковтун О.А.Методические указания по изучению фитомикробентоса и фитоперифитона//Одесса,2012

20.Кравец В. В., Бухгалтер И. Б., Акользин А. П. Высшие водные растения как элемент очистки промышленных сточных вод// Экология и промышленность России № 8,2008-с20–23

21.Крот Ю. Г. Использование высших водных растений в биотехнологиях очистки поверхностных и сточных вод// Гидробиологический журнал № 1, 2006-с76–91.

22.Курылева Н.В., Юрина А.В. Гидропоника как метод выращивания зеленых культур//Молодежь и наука,2016

23.Лампы для подсветки растений [эл.ресурс.] Режим доступа :<http://skalniki.com>

24.Макеев И.С., Горбунова С.Ю., Коротаева М.И., Влияние освещенности на рост, размножение и ассимиляционные характеристики водного гиацинта//Н.Новгород,2013

25.Макеев И.С., Горбунова С.Ю., Коротаева М.И., Влияние солености воды на рост и размножение водного гиацинта в условиях биогенной нагрузки//Н.Новгород,2015

26.Мартынов М.С., Семенов С.Ю., Морозова Т.С.. Перспективы использования аквакультуры водного гиацинта в сельском хозяйстве//Сельскохозяйственные науки,2016– с.-302

27.Мережко А.И. «Роль высших водных растений в самоочищении водоемов//Гидробиол.журнал,1973– с.118-125

28.Минаева О.М., Акимова Е.Е., Минаев К.М. Поглощение ряда тяжелых металлов из водных растворов растениями водного гиацинта// Вестник томского гос.университета,2009- с106-111

29.Моисеев П.А., Корневич А.Ф., Романцева О.Д., Морская аквакультура//М.:Агропромиздат,1985

30.Мошков Б.С.Выращивание растений при искусственном освещении//Второе издание, издательство «Колос»,1966

31.Организмы перифитона[эл.ресурс]. Режим доступа: <http://www.zoofirma.ru>

32.Освещение для растений: функции, способы и приборы устройства [эл.ресурс.] Режим доступа :<http://strmnt.com>

33.Основные преимущества использования светодиодных ламп [эл.ресурс.] Режим доступа :<http://led-ted.ru>

34.Очистка сточных вод с помощью высших растений [эл.ресурс]. Режим доступа : <http://www.valleyflora.ru>

34.Панин М.С., Свицерский А.К. Аккумуляция меди, цинка, кадмия, хрома макрофитами реки Иртыш // Водные биологические ресурсы№3,2001 – С.67

- 36.Прасун М., Кристенсен К., Пендерсен О.//Иллюстрированный справочник аквариумных растений,2002.
- 37.Раделов С.Ю. Все об аквариумах// «СЗКЭО «Кристалл»»,2007.
- 38.Садчиков А.П., Кудряшов М.А. Экология прибрежно-водной растительности//М.: Изд-во НИА-Природа,2004 – с-220
- 39.Светодиодные лампы для растений [эл.ресурс.] Режим доступа :<http://lifeandlight.ru>
- 40.Среды для выращивания [эл.ресурс.].Режим доступа :<http://www.findpatent.ru>
- 41.Тарушкина Ю.А., Ольшанская Л.Н., Мечева О.Е., Лазуткина А.С. Высшие водные растения для очистки сточных вод//Энгельский технологический институт//Экология и промышленность России,2006
- 42.Тахтаджан А.Л., Жизнь растений,1982
- 43.Тихомиров А.А., Шарупич В.П., Лисовский Г.М.Светокультура растений:биофизические и биотехнологические основы. Учебное пособие//Красноярск,2000.
- 44.Условия и методы культивирования [эл.ресурс.] Режим доступа :<http://medbe.ru>
- 45.Фомина Е. С., Трошина Е. А.. Влияние высшей водной растительности на доочистку сточных вод// Сборник статей III межвузовской конференции "Современные проблемы экологии//Житомир,2006.
- 46.Хайруллина Г.Г. Возможность использования высших водных растений (ВВР) при очистке сточных вод//Конференция Проблемы геологии и освоения недр,2013
- 47.Чубчикова И.Н., Щербань С.А., Содержание водного гиацинта в искусственных условиях в холодное время года//Бюллетень Никитского бот.сада,2006- с -44
- 48.Шихо В.Н., Нестеренко Т.В., Тихомиров А.А..Влияние света разной интенсивности на флуоресценцию хлорофилла в листьях пшеницы,2016
- 49.Эдельштейн В.И., Овощеводство:-М,1962г.

50.Юнович А.Э. Светодиоды и их применение для освещения//М.:Знак,2011- с-280

51.Aliyev EA Vegetables Growing in hydroponic greenhouses - 2 nd ed., Ext. and pererab//К .: Harvest,1985

52.Aquaristics. Питофора [эл.ресурс]. Режим доступа: <http://www.aquaristics.ru>.

53.D.Singh, Chandrajit Basu, M.Meinhardt-Wollweber, and B.Roth Hannover.Centre for Optical Technologies//LEDs for Energy Efficient Greenhouse Lighting,2009

54.Delgado M. ,Bigeriego M., Guardiola E., Uptake of Zn,Cr and Cd by water hyacinth// water Resours,Bull,2009-P.269-272

55.Hartmut, K. Chlorophylls and Carotenoids: Measurement and Characterization by UV-VIS Spectroscopy / K. Hartmut // Current Protocols in Food Analytical Chemistry,2001.

56.Lichtenthater, Hartmut K, Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic membranes//Hurtmut K. Lichtenthaler//Meth. Enzym.,1987 - p350-382

57.Umarah Mubeen и др., Study of Native Algal Species for Growth Potential and Lipid Yield//Department of Biological Sciences, Forman Christian College Pakistan,2011.

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт фундаментальной биологии и биотехнологии
Кафедра водных и наземных экосистем

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой


подпись М. И. Гладышев
инициалы, фамилия
«15» июня 2018 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Физиологические особенности водных растений в условиях
искусственного излучения

тема

06.04.01 Биология

код и наименование направления

06.04.01.02 Физиология растений

код и наименование магистерской программы

Научный

руководитель 15.06.18 
подпись, дата

профессор, д-р биол. наук
должность, ученая степень

Н. А. Гаевский
инициалы, фамилия

Выпускник

15.06.18 
подпись, дата

ББ16-02М. 041625603
номер группы, номер зачетки

А. А. Шалеева
инициалы, фамилия

Рецензент

15.06.18 
подпись, дата

доцент, кандидат биол. наук
должность, ученая степень

Т. А. Зотина
инициалы, фамилия

Красноярск 2018