



ISBN: 978-93-87568-21-6

ВОДНАЯ
РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И ИХ
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ

Author

С.Р. РУСТАМОВА



Published by

Novateur Publication

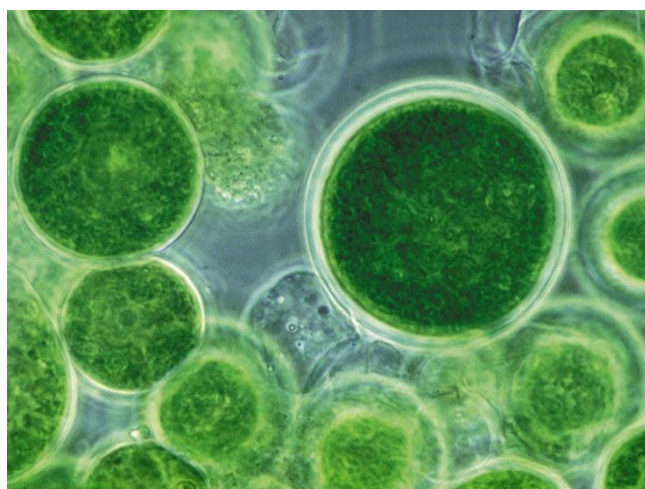
466, Sadashiv Peth, M.S.India-411030
novateurpublication.org

**АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
КАРАКАЛПАКСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
КАРАКАЛПАКСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

С.Р. РУСТАМОВА

**ВОДНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И ИХ
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ**

Монография



НУКУС - 2023

**Рустамова С.Р. «Водная растительность и их экологическая роль» -
Монография.- Нукус, 2023 год.**

Монография посвящена проблемам использования водной растительности в качестве индикаторов состояния окружающей среды в условиях Южного Приаралья, а также их использование в различных отраслях сельского хозяйства. Книга адресована ученым, преподавателям высших образовательных учреждений, докторантам и магистрантам, занимающимся научно-исследовательской деятельностью в области экологии и охраны окружающей среды, студентам бакалавриата, а также для тех, кто интересуется проблемой охраны окружающей среды в регионе Южного Приаралья.

Рекомендовано Ученым Советом Каракалпакского научно-исследовательского института естественных наук
(Протокол № 14 от 30 мая 2023 г.)

Рецензенты:

Р.П. Аймуратов – PhD биологических наук, зав. Муйнакской биостанцией Каракалпакского научно-исследовательского института естественных наук ККО АН РУз

А. Сайтова – кандидат биологических наук, доцент Каракалпакского государственного университета им. Бердаха

ОГЛАВЛЕНИЕ

	ВВЕДЕНИЕ	
ГЛАВА 1.	АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭКОЛОГИИ ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ	
1.1.	История изучения водной растительности	
1.2.	Основные понятия классификации прибрежно-водной растительности	
ГЛАВА 2.	БИОМАССА РАСТИТЕЛЬНОСТИ	
2.1.	Методы определения продукции растений по их биомассе	
2.2.	Факторы среды, влияющие на развитие водной растительности	
ГЛАВА 3.	БИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВОДНЫХ РАСТЕНИЙ И ИХ КУЛЬТИВИРОВАНИЕ	
3.1.	Хлорелла (<i>Chlorella vulgaris</i>)	
3.2.	Ряска (<i>Lemna minor</i> L.)	
3.3.	Пистия (<i>Pistia stratiotes</i> L.)	
ГЛАВА 4.	ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РАСТЕНИЙ В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА	
4.1.	Использование водной растительности в различных отраслях сельского хозяйства	
4.2.	Биологическая реабилитация загрязненных водоемов и сточных вод	
4.3.	Микроводоросль хлорелла, ее применение.	
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	
	ПРИЛОЖЕНИЯ	

ПРЕДИСЛОВИЕ

В настоящее время уровень загрязнения окружающей среды продуктами жизнедеятельности человека в густонаселенных местах достигает критической отметки. За счет выбросов с промышленных предприятий, автомобильных выхлопов и продуктов жизнедеятельности человека в воду попадает огромное количество токсичных веществ. Это приводит к отравлению водных пространств и атмосферного воздуха в больших городах и населенных пунктах.

Стратегия устойчивого существования», подготовленном Международным Союзом охраны природы и природных ресурсов, Программой ООН по охране окружающей среды, Всемирным Фондом Охраны Природы в 1991г., обосновывается призыв к человечеству органично вписывать свою все возрастающую активность в естественные возможности Земли. Реализация основных принципов устойчивого развития невозможна без обратной связи - информации о состоянии среды в ответ на каждый шаг человечества. Для обеспечения обратной связи необходимо проведение оценки состояния окружающей среды на всех этапах деятельности, связанной с природопользованием. Такая оценка возможна только на основе функционирования системы экологического мониторинга.

Экологический мониторинг - это таким образом организованная система слежения за состоянием окружающей природной среды, при которой, во-первых, обеспечивается

постоянная оценка экологических условий среды обитания человека и биологических объектов, а также оценка состояния и функционирования целостности экосистем; во-вторых, создаются условия для определения корректирующих действий в тех случаях, когда выявляются отклонения от нормативных показателей экологической обстановки.

Для защиты окружающей среды и предотвращения экологических катастроф, оценки качества воды и ее очистки в лабораториях этих организаций используются методы биотестирования и биологической очистки вод тест – объектами такими как: дафнии, инфузории, беззубки, гуппи, речные раки. Так же не малую роль в очистке сточных вод занимают водные растения, такие как: хлорелла, рогоз, камыш, тростник, ряска малая, эйхорния, пистия и т.д. Последнее растение известно как хороший фиторемедиатор.

В настоящее время особое значение приобретает проблема очистки сточных вод и вод естественных и искусственных водоемов от большого количества загрязняющих веществ, в том числе тяжелых металлов. Существуют три основных группы методов очистки вод: физические, химические и биологические. Именно последняя группа методов, названная биоремедиацией, в последнее время используется все шире, благодаря относительной дешевизне и простоте выполнения.

Водная растительность является важным компонентом водных экосистем. Она, подобно траве суши, является кормом для многих водных организмов. Кто только ни ест ее – рыбы,

личинки насекомых, всевозможные черви, моллюски, многие виды водоплавающих птиц, пушные звери и многие другие. Значение этих растений настолько велико, что трудно представить последствия для обитателей зарослей, в случае гибели хотя бы части растительного сообщества. Если это и происходит, то трагедия остается вне поля нашего зрения, так как люди (за исключением разве специалистов) достаточно мало знают о многообразии жизни прибрежий водоемов.

Водные растения – это не только пищевой компонент для организмов, но и среда обитания. Ряд насекомых использует заросли погруженных растений для откладывания на них яиц, питания личинок, в качестве убежищ.

Водные растения вместе с микроскопическими водорослями обогащают воду кислородом, регулируют концентрацию углекислоты, кислотность, влияют на минеральный состав вод и весь гидрохимический режим водоемов. В зарослях растений формируются благоприятные температурные условия и газовый режим, способствующие размножению и интенсивному росту животных. В зоне произрастания погруженных растений физико-химические процессы более динамичны, чем в открытых участках. Этому способствуют не только сами растения, но и их обрастатели (перифитон), а также обитающие в зарослях бактерии, планктонные и донные организмы. Видовое разнообразие животных и растений в зарослях водных растений значительно выше, чем в открытой части водоема.

Биоремедиация – это одна из способностей природы к самоочищению при воздействии антропогенных загрязнителей.

Чаще данный термин используется в значении комплекса методов очистки вод, грунтов и атмосферы с использованием метаболического потенциала биологических объектов – растений, грибов, насекомых, червей и других организмов.

В особую группу выделяют очищение вод с помощью зеленых растений – фиторемедиацию, так как высшие растения, в отличие от микроорганизмов, способны накапливать соли тяжелых металлов, долго оставаясь живыми, при этом легче утилизировать их отмершие остатки с накопленными ядовитыми веществами.

Водная растительность выполняет еще одну важную функцию, защищает водоем от загрязнений. С поверхностными стоками в водоем поступает большое количество органических и минеральных веществ, удобрения, соединения тяжелых металлов, моющие средства, нефтяные загрязнения.

Густые заросли водных и прибрежных растений являются своеобразным фильтром, механически задерживают минеральные и органические взвеси, коллоиды. Оседанию взвеси способствует замедленное течение в зоне зарослей и слизь на поверхности погруженных растений.

Водная растительность способна поглощать и использовать в процессе метаболизма многие органические и минеральные вещества, в том числе удобрения и моющие средства. В зоне зарослей минерализующая способность организмов значительно выше, чем в открытой части водоема. Это связано с тем, что многие водные растения имеют, кроме почвенных, водные корни, которыми потребляют питательные вещества непосредственно из воды. Этими

корнями растения могут потреблять растворенные органические вещества. Общая поверхность таких корней тростника может в 10-15 раз превышать площадь, занимаемую растениями. Роль этих корней в очистке воды от загрязнителей чрезвычайно велика.

В настоящее время уже разработаны и активно применяются на практике методики использования различных растений-гидробионтов, но важно расширить перечень используемых растений для очистки водоемов, в том числе и от тяжелых металлов. Контроль качества окружающей среды с использованием биологических объектов в последние годы стал востребованным и имеет актуальное научно-прикладное направление.

ГЛАВА 1. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭКОЛОГИИ ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

1.1. История изучения водной растительности

В Европе интерес к изучению прибрежно-водных растений начал появляться еще в XV^{III} веке в связи с развитием рыбоводства. Однако планомерные исследования начались только с конца XIX века. В России изучение растительного и животного мира водоемов было связано с организацией ряда гидробиологических станций на территории страны. Цель та же самая – разработка методов и способов эффективной эксплуатации природных ресурсов водоемов.

К началу XX века уже были опубликованы многочисленные исследования прибрежно-водной растительности. В России были изданы определители водных растений отдельных регионов страны: Ростовского уезда (Григорьев, 1903), Уральских озер (Исполитов, 1910) средней полосы России (Федченко, 1913) и др. В ряде работ рассматривались биологические и экологические особенности растений озер и рек (Золотницкий, 1890; Танфильев, 1890; Кропачев, 1901; Флеров, 1908; Савенков, 1910).

Начиная с 20-х годов XX века для решения вопросов, связанных с ведением рыбного хозяйства, водоснабжения и очистки сточных вод, начались исследования биологических процессов в водоемах. Большое внимание стали уделять вопросам классификации и экологии водной растительности (Аржанов, 1920).

В связи с этим появилось значительное количество работ, посвященных водной растительности различных регионов России: отдельных водоемов Европейской части страны (Никитский, 1925), озер Алтайского края (Верещагин, 1925), Кончезерской группы озер Карелии (Лепилова, 1930), поймы Дона и Волги (Фурсаев, 1933),

описание растительности плавней, лиманов и морских побережий (Косенко, 1924; Пачосский, 1927).

Начиная с 50-х годов, большое внимание начали уделять изучению продуктивности прибрежно-водной растительности (Воронихин, 1953; Катанская, 1960; Таубаев, 1958, 1959, 1963; Довбня, 1978, 1979; и др.). Исследуется кормовая ценность прибрежно-водных растений (Розанов, 1954; Хабибуллин, 1974). Появился интерес к изучению влияния водной растительности на рыбопродуктивность водоемов, так как заросли растений являются местом нереста и средой обитания молоди и взрослых рыб (Веригин, 1961; Чарыев, Канода, 1977).

Изучается возможность использования водных растений в качестве корма для сельскохозяйственных животных. Рассматриваются вопросы распространения растений, условия их произрастания, кормовая ценность, способы заготовки, хранения, культивирования (Мушкет, 1960; Пашкевич, Юдин, 1978).

Исследуется роль и значение водной растительности для охотохозяйственных целей. В ряде статей рассматривается необходимость создания искусственных растительных сообществ, которые должны служить естественной кормовой базой для диких животных и птиц, местом гнездовий и укрытий (Барсегян, 1961; Таубаев, 1963; Нечаев, Сапаев, 1973; Пашкевич, Юдин, 1978).

Появилось еще одно направление в гидробиотанике, связанное с использованием прибрежно-водной растительности в качестве биологического фильтра для очистки загрязненных вод. Это

объясняется недостаточной производительностью существующих в то время очистных сооружений и их дороговизной.

В ряде работ (Кокин, 1961, 1962, 1963; Кроткевич, 1970, 1976; Комиссаров, Сай, 1972) указывается на возможность использования водной растительности в очистке водоемов от органической и минеральной взвеси. В их зарослях задерживается и разрушается значительная часть взвешенных веществ, поступающих в водоемы с различными стоками.

Отмечена существенная роль прибрежно-водной растительности в очистке вод от ряда биогенных макро- и микросоединений: фосфатов, нитратов, сульфатов, органических кислот (Кокин, 1962; Дексбах, 1965; Кордаков, 1971; Мережко, 1977; Врочинский, 1977).

Исследована возможность использования некоторых видов растений для удаления из промышленных сточных вод тяжелых металлов и радиоактивных элементов (Кордаков, 1971; Смирнов и др., 1975; Соболев, 1983). Показано, что водная растительность принимает активное участие в детоксикации многих опасных загрязнений, таких как фенолы, нефтепродукты, пестициды, поверхностно-активные вещества (Петров, 1969; Николаев, 1977; Петрова, 1977; Морозов, 2001, 2003).

Смыв в водоемы минеральных удобрений с сельскохозяйственных угодий, поступление бытовых и промышленных стоков способствуют интенсивному развитию прибрежно-водной растительности. Это приводит к вторичному загрязнению вод гниющими растительными остатками и

эвтрофированию водоемов (Корелякова, 1958; Кабанов, 1961; Потапов, 1961).

Краткий обзор работ показывает, что прибрежно-водная растительность является важным звеном пресноводного биоценоза; растения вносят свою долю участия в круговорот вещества и энергии, и создают особую среду для обитателей водоемов.

В 60-х годах XX века были обозначены основные направления гидрботанических исследований в нашей стране (Распопов, 1963): геоботаническое, экологическое, анатомо-морфологическое, физиологическое, систематическое, продукционное и хозяйственное. В дальнейшем некоторые из этих направлений были детализированы (Белавская, Корелякова, 1988; Кузьмичев и др., 1992; Кузьмичев, 1998). Эти направления объединили все те работы, которые проводились в стране и послужили своеобразным вектором в дальнейших исследованиях.

Исследователи отмечали, что для изучения взаимосвязей водных растений с другими компонентами биоценозов, выяснения их структурных и функциональных особенностей необходим комплексный подход – исследование связей растений с организмами других трофических уровней, их влияния на водоем в целом.

Экологические исследования имеют аутэкологическую и синэкологическую направленность. В работах такого плана представлены сведения об экологии растений водоемов, особенностях их жизни в водной среде, влиянии различных факторов среды на их развитие. Важными являются трофические взаимоотношения водных растений и обитающих в их зарослях

животных, участия прибрежно-водной растительности в самоочищении водоемов (Гаевская, 1966; Кокин, 1982).

Систематическое направление начало развиваться с 50-х годов XX века, что связано с необходимостью знаний таксономии видов при изучении прибрежно-водных группировок (Кузьмичев и др., 1992). На второй всесоюзной конференции по прибрежно-водным растениям в 1988 г. высказывалось мнение, что многие таксоны водных растений требуют систематической ревизии, что связано с широкой изменчивостью видов внутри рода и отсутствием четкой систематической границы между отдельными видами (Тихомиров, 1988; Кузьмичев, Краснова, Карасева, 1992).

Определение первичной продукции, в том числе создаваемой макрофитами, - одна из центральных задач изучения водоемов. Данных по продукции водных растений накоплено очень много, однако они не всегда сопоставимы между собой. В большинстве работ приводятся сведения о продуктивности водных фитоценозов. В то же время отсутствие данных о площадях этих зарастаний не позволяет произвести расчет общей продукции водоемов. До сих пор в продукционных исследованиях не решены многие вопросы методического характера, в частности соотношение биомассы прибрежно-водных растений и их продукции (Распопов, 1965; Белавская, 1975, 1982; Белавская, Корелякова, 1988).

Перспективным направлением является изучение растений водоемов, имеющих практическое назначение: в качестве технического и лекарственного сырья, корма для

сельскохозяйственных животных, для охотничье-промысловых хозяйств (Гаевская, 1966; Кузьмичев и др., 1992).

В работах анализируется роль водных растений в питании диких и домашних животных и птицы. Однако, как отмечается в литературе (Доброхотова и др., 1982), в настоящее время существует скептическое отношение к водным растениям как к источнику пищи для домашних животных. Это связано с недостаточной изученностью кормовых достоинств водных растений и трудностью их заготовки. В то же время специалисты полны энтузиазма, считая, что следующим этапом практического применения водных растений будет создание систем аквакультур, в которых водные растения будут использованы в качестве агентов самоочищения вод, в качестве корма для рыб-фитофагов и сельскохозяйственных животных, пищевого субстрата для выращивания кормовых дрожжей, навозных червей, получения биогаза, перегноя и др. (Францев, 1961; Кроткевич, 1976, 1982; Кокин, 1982; Морозов, 2001).

Специалисты постоянно делают попытки классифицировать водоемы исходя из интенсивности развития прибрежно-водной растительности с выделением наиболее характерных видов для того или иного типа вод. Однако, как выяснилось, значительная часть водных растений обладает высокой толерантностью, что затрудняет использовать их в качестве индикаторных видов. Однако, как бы то ни было, такие работы имеются, результаты которых приводятся ниже.

При индикации трофности водной среды с помощью отдельных видов растений могут быть использованы признаки жизненного

состояния растений (развитие нормальное, выше или ниже нормального) и общий облик растений.

Чрезмерное развитие или угнетенное состояние растений свидетельствует о необходимости обратить внимание на состояние качества воды.

Большими (по сравнению с отдельными видами растений) индикаторными возможностями обладают растительные сообщества, так как они размерами своих ареалов способны отражать всякие, даже незначительные изменения в условиях среды (Виноградов, 1964).

Анализ развития водной растительности в водоемах, подверженных разной степени эвтрофирования, позволяет сделать следующие выводы (Гигевич, Власов, Вынаев, 2001):

1. Погруженная растительность достаточно полно характеризует состояние водоемов и происходящие в них изменения;
2. Биомасса гидрофитов и индекс сапробности, рассчитанный по индикаторному весу погруженных растений, могут служить показателями качества воды и степени эвтрофирования водоемов.
3. Антропогенное эвтрофирование водоемов приводит к структурной перестройке сообщества гидрофитов; в результате изменяется видовой состав доминирующего комплекса, появляются или исчезают индикаторные виды; по мере возрастания трофности водоема олигосапробные виды уступают место β - мезосапробным, которые, в свою очередь, заменяются α -мезосапробными видами.
4. Прибрежно-водная растительность более консервативна, чем сообщества фито-, зоопланктона и бентоса, поэтому видовой состав

макрофитов, их биомасса и проективное покрытие могут являться показателями изменения качества воды.

Таким образом, видовой состав прибрежно-водной растительности позволяет достаточно точно охарактеризовать экологическое состояние экосистемы. В настоящее время широко применяется методика индикации вод по биологическим показателям, которая широко используется в практике гидробиологических исследований.

Водные растения как индикаторы изменения качества воды наряду с другими организмами находят широкое применение при биологическом анализе и проведении санитарно-гидробиологических исследований. Однако необходимо иметь в виду, что растения обладают довольно широкими географическими и экологическими ареалами, причем в различных физико-географических условиях одни и те же виды могут встречаться в водоемах различного трофического уровня и могут иметь разное индикаторное значение. Поэтому при разовых наблюдениях по присутствию или отсутствию какого-либо вида нельзя давать оценку качества среды. Кроме того, для определенного географического региона или группы водоемов необходимо выбирать виды, проявляющие индикаторные свойства в конкретных экологических условиях.

1.2. Основные понятия классификации водной растительности

Водные растения издавна привлекали к себе внимание исследователей. Так, ученик и друг Аристотеля Теофраст Эрезосский (372-287 до н.э.) по внешнему виду подразделял растения на собственно водные, прибрежные, болотные и амфибийные. В начале XIX века датским ботаником-географом И.Скоу (Schouw, 1823) впервые был использован термин «гидрофиты» для обозначения растений, произрастающих в водной среде.

Датский эколог Е.Варминг (1901) выделил четыре группы растений исходя из их отношения к воде: гидрофиты ксерофиты, галофиты и мезофиты. К.Ламперт (1900) подразделял растения на три группы:

- растения с листьями, погруженными в воду;
- растения с листьями, плавающими на поверхности воды;
- растения, у которых часть побегов находятся в воде, другая – возвышается над водой.

Специалисты чаще всего подразделяют водные растения на гидрофиты (обитающих непосредственно в водоеме) и гигрофиты (произрастающих в прибрежной зоне). В некоторых случаях выделяют и группу прибрежных мезофитов. Другие исследователи прибрежно-водные растения делят на следующие группы: воздушно-водные, растения с плавающими листьями и погруженные растения. В последних двух группах выделяют прикрепленные растения и свободноплавающие. Помимо приведенных примеров, в литературе существует много иных терминов и классификаций.

В настоящее время в научной и учебной литературе отсутствует единая классификация прибрежно-водной растительности. Нет и

общепринятого понятия прибрежно-водной флоры. Поэтому мы попытаемся привести понятия и обозначения, которыми наиболее часто встречаются в литературе и используются специалистами.

В настоящее время большинство исследователей (Vesner, Clements, 1938; Богдановская-Гиэнеф, 1950; Шенников, 1950; Распопов, 1977) в состав прибрежно-водной флоры включают:

1. Виды, которым в течение всего жизненного цикла требуется водная среда (рдесты, роголистники и др.).

2. Виды, обитающие в прибрежной, длительное время затопляемой полосе, и несущие в своем строении морфологические признаки связи с водной средой (манник водный, поручейник и др.).

3. Виды, появляющиеся на стадиях заболачивания водоемов (белокрыльник, сабельник и др.).

Ряд специалистов (Нечаев, Гапека, 1970; Гапека, 1971, 1973; Павленко, 1972), проводившие исследования на реках Дальнего Востока, в состав прибрежно-водной флоры включают группу растений, приуроченную в своем произрастании к меженной полосе берега, так называемую группу «меженных эфемеров».

В морфолого-экологическом отношении прибрежно-водная флора подразделяется многими исследователями (Gams, 1918; Varming, 1923; Поплавская, 1948; Федченко, 1949) на три главные группы: 1. Растения, возвышающиеся над водой, или как их еще называют воздушно-водные.

2. Растения с плавающими листьями (прикрепленные и свободноплавающие) на поверхности воды.

3. Растения, полностью погруженные в воду (прикрепленные или неприкрепленные к грунту, то есть, находящиеся в толще воды).

И.М. Распопов (1971, 1978, 1985) к “гидрофитам” относит высшие водные травянистые растения, анатомически и морфологически приспособленные к жизни в водной среде в погруженном, плавающем на поверхности воды или полупогруженном состоянии. Он предложил разделить гидрофиты на три группы:

1. Погруженные растения (гидатофиты) - виды, весь жизненный цикл которых проходит под водой, а также растения, у которых генеративные побеги возвышаются над поверхностью или плавают на поверхности воды, но основная растительная масса находится в толще воды.

2. Растения с плавающими ассимилирующими органами (плейстофиты) – виды, у которых большая часть вегетативных побегов и листьев плавают на поверхности воды.

3. Воздушно-водные растения (гелофиты) – виды, у которых часть побегов находится в водной среде, а другая - возвышается над поверхностью воды.

Некоторые водные растения в зависимости от условий произрастания могут принимать различную форму, к примеру, иметь плавающие листья или возвышающиеся над водой. Такие виды растений специалисты относят как к одной, так и к другой группе гидрофитов.

З.И.Гапека (1971) классифицирует прибрежно-водную растительность по экологическим группам, следующим образом:

- гидрогелофиты;

- гелиогидрофиты;
- меженные эфемеры;
- нимфеиды;
- потамеиды;
- планктические лемниды;
- нейстические лемниды;
- элодеиды.

Согласно этой классификации виды, имеющие широкую экологическую амплитуду, могут существовать в условиях разных экологических групп.

За основу классификации А.П.Нечаева и В.М.Сапаева (1973) взята глубина распределения растений в толще водоема. В ней выделены пять экологических групп:

1. Прибрежные растения, находящиеся под периодическим воздействием затопления и обнажения.
2. Растения, прикрепленные к грунту и возвышающиеся над водой.
3. Плавающие на поверхности воды растения, корневая система которых прикреплена к грунту.
4. Растения, полностью погруженные в толщу воды.
5. Растения, свободноплавающие на поверхности и в верхней толще водоема.

Классификация водоемов по трофности предусматривает деление их на четыре основные группы: олиготрофные, мезотрофные эвтрофные и дистрофные.

Впервые эти термины были использованы С.Вебером при изучении флоры торфяных болот Германии для характеристики растений, развивающихся при низкой, средней и высокой концентрации элементов питания. Позднее, в 1919 г. Е.Науманн, изучая фитопланктон шведских озер, применил их для классификации отдельных водоемов в соответствии с содержанием в них фосфора, азота и кальция.

В дальнейшем, А.Тинеманн, работая на озерах Германии, в качестве критериев их трофности предложил использовать и другие показатели – содержание в воде кислорода, наличие индикаторных организмов, суммарное количество фитопланктона (Винберг, 1960; Бульон, 1983; Паутова, Номоконова, 1994).

В качестве показателя степени трофности предлагались различные критерии: содержание в толще воды растворенного кислорода, биогенных элементов, присутствие индикаторных организмов, количество фитопланктона и др. Однако, основным показателем все же следует считать первичную продукцию (Винберг, 1960).

Развитие организмов в водоемах определяется условиями среды: прозрачностью воды, содержанием биогенных элементов (прежде всего азота и фосфора), концентрацией кислорода, температурным режимом, величинами рН и др. Поэтому по количеству и видовому составу организмов, интенсивности продукционных и деструкционных процессов можно определить тип водоема (Винберг, 1960; Романенко, 1985). Развитие водной растительности тесно связано с гидрологическими особенностями водоема, размерами и

морфометрией котловины, химическим составом вод, характером и распределением донных отложений и рядом других факторов.

В водоемах разной трофности скорость круговорота органического вещества различна. В олиготрофных водоемах отмершие организмы в основном минерализуются в толще воды, из-за чего донные отложения крайне бедны органическим веществом. В эвтрофных водах несмотря на высокую скорость минерализации, донные отложения постоянно пополняются органическим веществом. В дистрофных водоемах органический материал разлагается очень медленно; в основном консервируется в донных отложениях.

Границы между отдельными типами водоемов в какой-то мере условны, так как обнаружено огромное разнообразие переходных форм, которые достаточно трудно ранжировать по каким-то количественным показателям.

Даже в пределах одного и того же водоема можно наблюдать признаки разнотипных водоемов. Поэтому понятие «олиготрофия» и «эвтрофия» имеет смысл не в качестве основы классификации, а как общие понятия, характеризующие водоем в смысле богатства жизни, экологические условия существования организмов и специфики физико-химических показателей вод (Горленко, Дубинина, Кузнецов, 1977).

ГЛАВА 2. БИОМАССА РАСТИТЕЛЬНОСТИ

2.1. Методы определения продукции растений по их биомассе

Изучение продуктивности прибрежно-водных растительных сообществ в настоящее время строится в основном на определении растительной массы весовым методом в период их максимального развития. Максимальная биомасса растений условно приравнивается к их годовой продукции. Эти величины, как показали исследования, не всегда совпадают, так как годовая продукция может превышать

максимальную биомассу, причем разница между ними иногда значительна (Распопов, 1973; Белавская, 1979) .

Для количественного учета водной растительности, прежде всего, необходимо определить видовой состав биоценоза, выявить характер распределения растений по площади и степень зарастания водоема.

Необходимо установить экологические особенности произрастания доминирующих растений (Распопов, 1962).

Растительная продукция - это новообразованное органическое вещество за определенный период времени (сутки, месяц, год). Этот процесс характеризуется скоростью, именуемой продуктивностью. В зарубежной литературе в это понятие входит образование продукции в единицу времени. В отечественной литературе этот термин используется в ином контексте. Специалисты рассматривают «продуктивность», как свойство популяции, сообщества, экосистемы (например, озера, болота, реки и т.д.).

Для начала необходимо отметить, что максимальная фитомасса может соответствовать продукции (конечно, с учетом изложенного выше) только в том случае, если начальная биомасса растений очень незначительна (Westlake, 1965). К примеру, у тростника, рогоза ежегодный прирост растений начинается как бы с нуля, от корня, тогда как элодея, рдесты, мхи вегетируют круглый год.

В пресных водоемах животные могут выедать от 3 до 90% водной растительности (Смирнов, 1959, 1961; Гаевская, 1966), а вес пищевых отходов при питании может превышать количество съеденной пищи в несколько раз (Гаевская, 1958). Неудивительно, что при определении первичной продукции Ладожского озера биомасса

тростника увеличивалась в течение лета, тогда как количество стеблей на исследуемых участках уменьшалось (Распопов, Рычкова, 1969).

Для анализа прироста корней и корневищ специалисты рекомендуют проводить эксперименты по выращиванию тех или иных растений в погруженных в водоем специальных поддонах заполненных грунтом или илом. В некоторых случаях целесообразно выращивать растения на значительно больших площадках. Для этого на дне водоема выкапывают яму, выстилают ее полиэтиленовой пленкой и высаживают растения. Для выращивания слабоукореняющихся растений не обязательно выкапывать яму; пленку кладут на дно и засыпают ее грунтом. Полиэтиленовая пленка позволяет доставать растения без повреждения корневой системы. Для изучения развития подземных органов иногда используют методы гидропоники.

Перед началом работ, так же как и при описании растительности, необходимо провести рекогносцировку береговой зоны водоема и детально изучить (пока только предварительно) произрастающую там растительность. На карту наносятся внешние границы произрастания растений. Районы отбора проб отмечаются кольями, веревками (если участки большие) или квадратной рамкой (если меньшие). Затем производится описание группировок растительности; для этого пользуются геоботаническими методами и приемами (см. выше). Примеры описания прибрежно-водной растительности имеются в ряде работ (Богачев, 1950; Экзерцев, 1960; Белавская, 1969; и др.).

Поэтому для правильного сопоставления биомассы и продукции высшей водной растительности необходимо проведение специальных

опытов на постоянных (стационарных) площадках или тщательные наблюдения за отдельными растениями. Определяя, таким образом, прирост и опад растений в течение вегетационного сезона, развитие корневой системы можно рассчитать поправочные коэффициенты для определения продукции не только отдельных растений по их биомассе, но и целых сообществ.

Опыты могут проводиться не только на стационарных точках в природных условиях, но и в лабораториях. Они позволяют изучать не только биомассу и продукцию растений, но и биологические и экологические особенности в монокультуре и сообществе. Подобные работы требуют в каждом конкретном случае разработки специальных приемов, методик и оборудования.

Один из основных методов сбора биомассы – метод пробных площадок (метод квадратов). Сущность метода заключается в том, что пробы (укосы) для определения биомассы берутся в наиболее типичных местах описываемой растительности с 0,25 до 1,0 м². Для ограничения пробной площадки используется квадратная или прямоугольная рама.

Для растений с плавающими листьями рекомендуется брать укосы с площади 2-4 м². Для густого однородного сообщества (к примеру, тростника) достаточно 0,5 или 0,25 м². Необходимая повторность и размеры площадок в каждом конкретном случае определяются сложностью и густотой растительного сообщества и особенностями его сложения.

Модификацией метода площадок является метод трансекта, сущность которого заключается в том, что учет растений

производится из полосы определенной ширины (от 0,2 до 1 м) под прямым углом к береговой линии до открытой части водоема. Полосу ограничивают размеченными по всей длине веревками, и выбирают все растения, попавшие в это пространство (Распопов, 1962, 1969; Экзерцев, 1966; Экзерцева, 1971).

Расстояние между трансектами зависит от величины водоема, от степени равномерности произрастания растительности и задач исследования. Учет и отбор проб ведется последовательно, начиная с прибрежья и заканчивая последним метром произрастания растений, например:

1. прибрежная зона (производится описание растительных группировок и отбор проб);

2. 0 - 5 м – зона земноводных растений, глубина 0,5 м, грунт – торфянистый ил (далее проводится описание растительных группировок и отбор проб);

3. 5 - 25 м – зона высоких водных растений (тростник, рогоз и др.), глубина 0,1-1 м, грунт - торфянистый ил (производится описание растительных группировок и отбор проб) и так далее.

Методика учета биомассы прибрежно-водных растений различна для воздушно-водных растений, растений с плавающими и погруженными листьями и свободно плавающими растениями (Распопов, 1962; Белавская, 1975).

Для получения достоверных результатов биомассы используют те же статистические методы, что и в геоботанике, с учетом биологических особенностей водных растений, особенно погруженных.

Биомассу прибрежно-водной растительности оценивают по трем показателям (Воронов, 1973): вес свежей, только что срезанной массы, воздушно-сухой и абсолютно сухой массы. Зеленые части растений после срезания быстро теряют воду, поэтому для определения массы свежей растительности, взвешивание осуществляют сразу же. Водную растительность обсушивают фильтровальной бумагой и взвешивают. Получают величины биомассы в сыром виде.

Биомасса водной растительности выражается в единицах веса на единицу площади (г/м^2 , кг/м^2 , ц/га) с включением в эту величину (или наоборот исключением) подземных органов. Зная площади отдельных ассоциаций и их биомассу, можно рассчитать запас растительной массы на весь водоем.

Сложнее обстоит дело с отбором количественных проб подземных органов растений, так как многие из них достигают значительной глубины.

Водные растения, как и растительность суши, обеспечивают энергией все трофические звенья пищевой цепи литоральной зоны водоемов.

Гидробионты потребляют не только прижизненные части растений, но и отмершие. Последние, кроме того, разлагаются бактериями, грибами и простейшими, и вместе с детритом утилизируются различными детритофагами.

В настоящее время значение и роль водных растений в трофике прибрежных сообществ не вызывает сомнения (Гаевская, 1966), однако в начале XX века существовала иная точка зрения. Считалось,

что обитающие в зарослях животные, используют их только в качестве среды обитания, а непосредственные трофические взаимоотношения при этом крайне ничтожны. Высказывалось даже мнение, что замена растений на стеклянные структуры той же формы и поверхности, не окажет существенного влияния на структуру прибрежных биоценозов. При этом основным фактором, определяющим видовое разнообразие и численность населения зарослей, является степень расчлененности листовой поверхности водных растений.

Однако дальнейшие исследования, опровергли это ошибочное мнение. Суммарная поверхность водных растений, несомненно, оказывает большое влияние на обитающих там животных, однако, их роль как продуцентов органического вещества имеет значение не только в трофике литорали, но и всего водоема в целом. Прибрежно-водные растения являются важным элементом пищевой цепи, так как нет видов, которые бы не использовались в пищу теми или иными водными организмами.

2.2. Факторы среды, влияющие на развитие водной растительности

К основным неблагоприятным факторам, влияющим на водные растения, являются природные и антропогенные. Среди природных – это климатические изменения, изменение водного режима среды обитания, сукцессионная смена фитоценозов, вытеснение одних видов растений другими.

Антропогенные факторы включают изменение условий среды обитания вследствие загрязнения и эвтрофирования, изменение водного режима водоемов в результате гидромелиоративных работ; повреждение зарослей макрофитов моторным транспортом, интенсивный сбор охраняемых видов растений, хозяйственная деятельность (добыча растительного сырья, сапропеля и др.).

В результате антропогенных воздействий на природные экосистемы происходит уничтожение или создаются предпосылки для исчезновения многих редких и хозяйственно ценных видов растений, в том числе и занесенных в международные и национальные Красные книги.

Стратегия сохранения нуждающихся в охране и рациональном использовании видов должна включать охрану конкретных популяций редких, исчезающих и хозяйственно ценных видов растений, а также среды их обитания.

Организация охраны редких и исчезающих видов растений должна осуществляться по популяционному уровню, и обеспечивать надежное сохранение локальных популяций и их комплексов.

Основными методами охраны конкретных популяций редких, исчезающих, а также хозяйственно ценных видов растений и их комплексов в естественных условиях являются юридические, экологические, биологические, биотехнические, профилактические и агитационно-разъяснительные.

Практическая охрана популяций отдельных видов растений должна сочетать в себе следующие формы деятельности (Гигевич, Власов, Вынаев, 2001):

- проведение биотехнических мероприятий (искусственное размножение, разведение и расселение растений в подходящие биотопы; огораживание популяций для защиты от возможных повреждений дикими и домашними животными);
- ограничение антропогенных нагрузок на популяции редких, исчезающих и хозяйственно ценных растений;
- культивирование охраняемых и хозяйственно ценных растений в природных условиях (метод поликультур);
- культивирование охраняемых и хозяйственно ценных растений в искусственных условиях (в ботанических садах, питомниках, прудах и других искусственных водоемах);
- репатриация исчезнувших из состава флоры видов путем искусственного заселения их в природные биотопы;
- создание банка семян и семенного фонда редких, исчезающих и хозяйственно ценных видов;
- инвентаризация и картирование обитания редких и исчезающих видов;
- периодическая ревизия и картирование местонахождений редких и исчезающих видов;
- определение численности, продуктивности и эксплуатационных запасов охраняемых видов;
- образование специальных ботанических, биологических и ландшафтных заказников (микрозаказников), резерватов в местах произрастания особо ценных популяций охраняемых растений;

- пропаганда идей охраны растительного мира и отдельных видов растений среди местного населения.

Некоторые из указанных мероприятий требуют специальных пояснений. Инвентаризация редких, исчезающих и хозяйственно ценных видов растений – начальный и необходимый этап природоохранных мероприятий, в процессе которого выявляются нуждающиеся в охране виды.

Для проведения этого этапа необходимо привлечение специалистов соответствующих профилей (научных работников, учителей биологического профиля, специалистов лесного хозяйства).

Биотехнические мероприятия радикальным образом способствуют восстановлению и приумножению исходной численности и запасов сокращающихся видов растений. Они проводятся в природных условиях, в условиях поликультуры на специально отведенных для этой цели участках.

Огораживание территории приемлемо не для всех видов растений. Проведение его должно проходить при обязательном участии специалистов, так как зачастую огораживание приводит к усиленной вегетации практически всех (в том числе и нежелательных) видов на данном участке и может привести к полному выпадению из состава фитоценоза редких и исчезающих видов вследствие их слабой конкурентоспособности по сравнению с доминантными видами.

Определение численности, продуктивности и эксплуатационных запасов охраняемых и ресурсообразующих видов растений должно осуществляться по определенным методикам под руководством специалистов.

Контроль за состоянием популяций (фитомониторинг) предполагает ежегодную или периодическую ревизию охраняемых и эксплуатируемых популяций с проведением по необходимости всех перечисленных выше мероприятий. Эти сведения необходимы для организации практической охраны редких, исчезающих и хозяйственно ценных растений.

Перечисленные мероприятия являются наиболее общими мерами по охране и восстановлению природных популяций редких и исчезающих видов растений. Разумеется, необходимы и индивидуальные подходы к организации охраны и рационального использования того или иного вида растений, исходя из его биологических и экологических особенностей.

Меры, направленные на сохранение редких и исчезающих видов растений требуют планомерного подхода с учетом дифференциации по очередности и интенсивности природоохранных мероприятий (Гигевич, Власов, Вынаев, 2001):

1. Виды, для которых в основном необходимы только ревизия и периодический контроль за их состоянием.
2. Виды, численность которых может сильно уменьшаться вследствие нарушения экологических режимов их местообитаний и чрезмерной хозяйственной эксплуатации.
3. Виды, чрезвычайно редкие в пределах всего ареала ввиду своих экологических и биологических особенностей.
4. Виды, используемые в качестве лекарственного, технического и иного сырья, для других целей.

Комплексное использование предложенных принципов, форм и методов позволит обеспечить надежную охрану как редких и исчезающих, так и ресурсообразующих хозяйственно ценных видов прибрежно-водных растений.

Различные загрязнения, усиливающийся процесс эвтрофирования, интенсивная рекреационная нагрузка на водоемы оказывают неблагоприятное воздействие на многие виды прибрежно-водных растений. Ряд редких и реликтовых видов значительно сократили не только свою численность, но и ареал обитания.

Одной из важнейших задач охраны природы является сохранение генофонда и разнообразия современной дикой флоры.

Для обеспечения охраны, рационального использования и воспроизводства прибрежно-водных растений необходимо проводить различные мероприятия по сохранению популяций редких и исчезающих видов растений, включенных в международные, национальные и региональные Красные книги. Необходимо осуществлять культивирование наиболее ценных и малочисленных видов, создавать охраняемые территории, заказники, резерваты, призванные способствовать охране, рациональному использованию, восстановлению и воспроизводству ресурсов растительного мира.

В связи с этим большое значение имеет культивирование прибрежно-водных растений. Это позволит увеличить численность не только редких и исчезающих видов растений, но и тех, которые человек использует в своей практической деятельности. Культивирование прибрежно-водных растений необходимо для решения следующих задач:

При посадке прибрежно-водных растений, прежде всего, следует определить направление эксплуатации водоема, поскольку состав зарастания водоема во многом определяет оптимальный режим его хозяйственного использования. Затем, в зависимости от экологических условий следует подобрать наиболее подходящий видовой состав и распланировать зоны посадки (либо посева) растений. Это наиболее актуально для вновь создаваемых водоемов, в которых растительность отсутствует.

Многие виды прибрежно-водных растений находят разнообразное, но все еще недостаточное, применение в различных отраслях промышленности, сельском и лесном хозяйстве, рыбоводстве, медицине и др. Среди них немало технических растений (тростник, рогоз, камыш и др.), которые используются в качестве топлива и химического сырья, в производстве бумаги и строительных целях. Лекарственные растения водоемов используются в медицине, фармацевтике, гомеопатии, в качестве ароматерапевтических и косметических средств.

Использование прибрежно-водных растений открывает широкие возможности для селекции и семеноводства, что уже осуществляется в ряде стран. Прибрежно-водные растения образуют большую биомассу и хорошо поедаются животными и птицей. Они являются гарантированным источником полноценного и дешевого корма.

Растительность на подводных лугах развивается в 2-3 раза быстрее, чем на суше; ее рост не зависит от погодных условий и засухи. При правильном использовании водоемов можно собирать

урожаи элодеи, телореза, ряски и других 3-4 раза в год; растения после скашивания достаточно быстро отрастают.

Массовое использование водной растительности имеет большое экономическое значение; растения могут способствовать смягчению дефицита кормов, особенно в южных районах страны. Отдельные виды растений – телорез, элодея вегетируют и в зимнее время; их можно использовать для кормления птиц в виде зеленой массы круглый год (Гигевич, Власов, Вынаев, 2001).

Водные растения являются прекрасным кормом и кормовыми добавками для многих сельскохозяйственных животных. Они потребляются в свежем виде, другие - в качестве грубых кормов (сена, сенажа, силоса, сечки), или из них вырабатывают гранулированную травяную муку. Значительная часть водной растительности пригодна для силосования. Некоторые из этих растений скармливают в смеси с другими видами кормов (к примеру, отрубями, картофелем, зерном). Питательная ценность этих кормов повышается путем запаривания, добавления мелассы, свекловичного жома и других добавок.

Водную растительность можно использовать в качестве мульчирующего материала и органического удобрения после ее компостирования. Компостные удобрения широко применяются в сельском хозяйстве; по своему влиянию на урожайность культур компосты близки к навозным удобрениям. Для компостирования используются растения с огрубевшими и одревеневшими стеблями, не пригодные для кормления животных, а так же - растения после их использования в качестве подстилки.

Водная растительность является прекрасным субстратом для вермикультуры – разведения червей и получения биогуруса. Водные растения могут использоваться для получения биомассы червей в чистом виде и в смеси с навозом и другими органическими отходами.

Биомасса водных растений может использоваться для приготовления нетрадиционных продуктов питания. «Зеленая кровь, зеленое молоко. Травяное молоко» – под таким названием за рубежом начали выпускать соки растений, обогащенные белком и витаминами. «Зеленая революция» в производстве продуктов питания неизбежно приведет к полному использованию пищевых ресурсов водных растений.

Водная растительность является важным компонентом водных экосистем. Она, подобно траве суши, является кормом для многих водных организмов. Кто только ни ест ее – рыбы, личинки насекомых, всевозможные черви, моллюски, многие виды водоплавающих птиц, пушные звери и многие другие. Значение этих растений настолько велико, что трудно представить последствия для обитателей зарослей, в случае гибели хотя бы части растительного сообщества. Если это и происходит, то трагедия остается вне поля нашего зрения, так как люди (за исключением разве специалистов) достаточно мало знают о многообразии жизни прибрежий водоемов.

Прибрежно-водные растения – это не только пищевой компонент для организмов, но и среда обитания. Ряд насекомых использует заросли погруженных растений для откладывания на них яиц, питания личинок, в качестве убежищ. В их зарослях многие виды рыб мечут икру. Это лещ, сазан, окунь, щука, карась, язь, плотва, вобла, линь и

многие другие. Здесь же происходит нагул молодежи и взрослых рыб, которые питаются обитающими там простейшими, рачками, червями, моллюсками, личинками насекомых и, конечно, самими же растениями. Мальки рыб находят среди зарослей укрытия от хищников и неблагоприятных условий окружающей среды. В водохранилищах, в которых часто сбрасывают воду, вместе с растениями гибнет икра и молодь многих видов рыб.

Водные растения вместе с микроскопическими водорослями обогащают воду кислородом, регулируют концентрацию углекислоты, кислотность, влияют на минеральный состав вод и весь гидрохимический режим водоемов. В зарослях растений формируются благоприятные температурные условия и газовый режим, способствующие размножению и интенсивному росту животных. В зоне произрастания погруженных растений физико-химические процессы более динамичны, чем в открытых участках. Этому способствуют не только сами растения, но и их обрастатели (перифитон), а также обитающие в зарослях бактерии, планктонные и донные организмы. Видовое разнообразие животных и растений в зарослях водных растений значительно выше, чем в открытой части водоема.

При умеренном зарастании водоемов создаются благоприятные условия для развития фитофильной фауны планктонных и донных организмов. Богатые растительными остатками донные отложения представляют собой питательную среду для обитающих там организмов. Они потребляют органическое вещество и таким способом принимают участие в очищении водоемов. Сами же

используются в пищу большинством видов рыб и водоплавающих птиц. Масса живых организмов в зарослях растений во много раз выше, чем в открытой части водоема. С одного квадратного метра площади прибрежной зоны водоема можно собрать до 500 граммов животных.

Бентос водоемов (организмы, обитающие на дне) состоит из личинок насекомых (хирономид и других двукрылых, ручейников, стрекоз, поденок), олигохет, моллюсков, ракообразных и др. В зарослях наибольшего развития достигают олигохеты, хирономиды и моллюски. Они служат кормом для рыб, водоплавающих птиц, норки, выдры, выхухоли, обитающих по берегам водоемов. Олигохеты (черви) встречаются на илистом грунте стоячих водоемов и в загрязненных водах, особенно если в водоем поступают стоки животноводческих ферм. Численность олигохет достигает нескольких тысяч экземпляров на 1 м² площади.

Моллюски являются существенным компонентом биоценоза. Брюхоногие моллюски или улитки – второй после насекомых по разнообразию и значимости компонент пресноводного макробентоса. Большинство видов обитает в зарослях водных растений. Питаются они в основном растительной пищей; обгрызают зеленые и отмирающие ткани растений, соскабливают перифитон или заглатывают иловые частицы. В зарослях растений обычны прудовики, катушки, затворки, живородки, чашечки, физы, битинии и др. Численность отдельных видов достигает 500 экземпляров на 1 м² площади прибрежья водоема.

В зарослях растений зарегистрировано большое количество видов фитофильных ракообразных. Численность отдельных видов рачков достигает 40 тысяч на одном растении. Наиболее богато представлены ракообразные на погруженных растениях; их численность достигает 20 тысяч на одном килограмме массы растений.

Водная растительность выполняет еще одну важную функцию, защищает водоем от загрязнений. С поверхностными стоками в водоем поступает большое количество органических и минеральных веществ, удобрения, соединения тяжелых металлов, моющие средства, нефтяные загрязнения. Густые заросли водных и прибрежных растений являются своеобразным фильтром, механически задерживают минеральные и органические взвеси, коллоиды. Оседанию взвеси способствует замедленное течение в зоне зарослей и слизь на поверхности погруженных растений.

Водная растительность способна поглощать и использовать в процессе метаболизма многие органические и минеральные вещества, в том числе удобрения и моющие средства. В зоне зарослей минерализующая способность организмов значительно выше, чем в открытой части водоема. Это связано с тем, что многие водные растения (такие, как тростник) имеют, кроме почвенных, водные корни, которыми потребляют питательные вещества непосредственно из воды. Этими корнями растения могут потреблять растворенные органические вещества. Общая поверхность таких корней тростника может в 10-15 раз превышать площадь, занимаемую растениями. Роль этих корней в очистке воды от загрязнителей чрезвычайно велика.

Водные растения выполняют функцию сорбента и поглотителя, что ускоряет очищение воды от такого стойкого загрязнителя, как нефть. Так, в присутствии растений разрушение нефти протекает в 3-5 раз быстрее, чем без них. Разложение нефти – это результат совместной деятельности микроорганизмов, обитающих на растениях, и самих прибрежно-водных растений. Первые выступают как основные разрушители загрязняющих веществ, а вторые – как потребители этих окисленных соединений.

В разрушении нефти и других загрязнителей большую роль играют не только сами растения, но и микроорганизмы, обитающие на их поверхности. На стеблях растений поселяются бактерии и водоросли, которые выполняют активную роль в очистке воды. Такая высокая минерализующая способность в зарослях водных растений в первую очередь обусловлена специфическими физико-химическими условиями, которые поддерживают высокую скорость потока энергии в биотопах. Прибрежные экосистемы, будь то моря или пресные водоемы, являются самыми продуктивными, однако они эксплуатируются человеком не в полной мере.

Высокая очистительная способность растений наводит на мысль о необходимости специального их выращивания на мелководьях. Многие специалисты рекомендуют использовать их в качестве биофильтров для водоемов разного назначения. Для этих целей могут подойти тростник, рогоз, камыш, канадский рис, бекмания, канареечник. Все эти растения являются хорошим кормом для домашних животных и птицы. Для эксплуатации таких биофильтров необходима их периодическая уборка. В противном случае сами

растения после отмирания станут причиной дальнейшего загрязнения водоемов.

Интенсивность развития водных растений зависит от многих факторов, в первую очередь, – от прозрачности и температуры воды, содержания в воде и иле биогенных элементов, величины pH и др.

Все что говорилось о положительной роли водных растений, выполняется лишь в том случае, если они занимают не более 20-30% площади водоема. При интенсивном зарастании начинается заболачивание водоемов, что отрицательно сказывается на их обитателях и в первую очередь рыбе.

В борьбе с зарастанием водоемов тростником, рогозом, камышом используется весенний двухразовый укос, когда растения могут быть использованы на корм животным. В качестве биологических методов борьбы с растениями используются растительноядные рыбы, в частности белый амур. Это достаточно прожорливая рыба; при питании мягкой водной растительностью его суточный рацион достигает 150% массы тела.

Перерабатывая растительность, рыбы-фитофаги не только эффективно трансформируют растительную продукцию в рыбную, но и подкармливают другие организмы отходами своей жизнедеятельности. Экскременты рыб-фитофагов являются пищей для многих донных беспозвоночных, что способствует повышению их продукции, в первую очередь мотыля – ценного корма для многих видов рыб.

В последние годы многие водоемы начинают интенсивно зарастать. Некоторые из них практически полностью покрываются

водной растительностью и постепенно превращаются в болота. В природе такое заболачивание водоемов происходит повсеместно, однако протекает оно очень медленно, в течение сотен и тысяч лет. Хозяйственная деятельность человека резко ускорила этот процесс. Смываемые с полей удобрения, бытовые стоки, изменение гидрологического режима водоемов и многое другое приводит к интенсивному росту водной и прибрежной растительности. Так что водные растения из блага превращаются во зло.

Заболачивание водоемов в первую очередь сказывается на газовом режиме, происходит обеднение толщи воды кислородом и наоборот появляются вредные для организмов метан и сероводород. Количество видов организмов резко снижается. Вода из слабощелочной постепенно становится более кислой, в которой могут обитать лишь небольшое число видов растений и животных. Кислая болотная вода как бы консервирует отмирающую растительность, постепенно превращая ее в сапропель и торф.

Однако всего этого можно избежать, если своевременно удалять накопившуюся растительную массу, тем более что ее можно использовать на корм скоту и другие нужды.

Водная растительность является полноценным кормом для многих сельскохозяйственных животных и птицы, содержит значительные количества азотистых и минеральных веществ, углеводов, витаминов и других питательных веществ. Во многих странах водную растительность специально культивируют для этих целей.

По содержанию питательных веществ водные растения не уступают кормовым культурам. Так, в молодом возрасте и в период цветения тростник, рогоз, камыш, манник, рдесты, элодея и другие водные растения содержат 11-22% протеина, 1-7% жира, 40-60% безазотистых экстрактивных веществ. Для сравнения, клевер и люцерна содержат 20% протеина, 3% жира и 46% безазотистых экстрактивных веществ. Так что по этим показателям они мало, чем уступают лучшим кормовым культурам. Однако необходимо иметь в виду, что после цветения стебли растений грубеют, и их кормовая ценность резко снижается.

Специалисты считают, что водная растительность должна представлять собой не дикие заросли, как сейчас, а культурные сообщества. Необходимо научиться их культивировать и использовать растительную массу для хозяйственных нужд. В качестве перспективных культур рекомендуют канадский рис, канареечник, бекманию, а также широко распространенные элодею, ряску, тот же тростник, рогоз и другие. Эти растения обладают высокой продуктивностью.

Культивирование прибрежно-водной растительности позволит увеличить количество растений для повышения очистительной способности водоемов, для увеличения кормовых ресурсов в охотничьих и рыбоводных хозяйствах, укрепления берегов и предотвращения их от размывания. Агротехнические приемы, связанные с культивированием водных растений, в общем, не сложны. Большинство видов растений – многолетники, и их можно рассаживать кусками корневищ или целыми дерновинами. Растения

без корневой системы или с недоразвитыми корнями (ряска, телорез, роголистник) пересаживают целиком или частями.

У видов, размножающихся семенами, рекомендуется равномерно разбрасывать свежесобранные семена по поверхности участка. Семена многих растений плавают по поверхности воды, поэтому их предварительно закатывают в комки глины и разбрасывают в прибрежье на определенные глубины.

Виды, размножающиеся преимущественно вегетативным способом (кувшинки, кубышки, аир, тростник, камыш, рогоз, и др.), хорошо возобновляются с помощью отрезков стеблей (черенков) и корневищ с полежащими почками, а также целыми растениями (ряска, элодея, телорез). Стебли и корневища разрезают на части, закрепляют их на дне водоема в прибрежье. Клубеньки равномерно разбрасывают по площади участка или зарывают их неглубоко в грунт. Целые растения помещают в воду в защищенных от ветра участках. Данный способ размножения дает хорошие результаты.

Такое рациональное использование растительных ресурсов водоемов позволяет поддерживать их биомассу на том уровне, при котором они приносят максимальную пользу водоему и его обитателям.

ГЛАВА 3. БИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВОДНЫХ РАСТЕНИЙ И ИХ КУЛЬТИВИРОВАНИЕ

3.1. Хлорелла (*Chlorella vulgaris*)

Хлорелла — это род одноклеточных зеленых водорослей, относящихся к типу Chlorophyta. Это вид пресноводных водорослей, который известен своей высокой питательной ценностью и потенциальной пользой для здоровья.

Это одна из самых древних известных форм жизни на Земле. Ее возраст насчитывает более 2 миллиардов лет, и считается, что она существовала еще до появления наземных растений. В 1889 году микробиолог Мартинус Виллем Бейеринк впервые наблюдал и описал микроскопические зеленые водоросли, которые он назвал хлореллой. Он обнаружил ее, исследуя образцы воды зеленого цвета, собранные из канавы недалеко от города Харлем в Нидерландах.

В систематическом плане хлорелла объединяет около 20 видов, но на территории России находится значительно меньше представителей данного рода: *Chlorella infusionum*, *C. vulgaris*, *C. parasitica*, *C. actinosphaerii*, *C. condustrix*, которые отличаются размерами и формой клеток. Все виды относятся к царству Растения,

хотя и выглядят несколько необычно: у них нет корней, стеблей и листьев.



Рис. 1. Фото хлореллы обыкновенной под микроскопом

Из всего рода хлорелл наиболее изучена *Chlorella vulgaris*, встречающаяся повсеместно. Способность водоросли поглощать растворы питательных веществ, быстро размножаться, существовать без света, а также высокое содержание полезных нутриентов способствуют активному выращиванию фитопланктона в искусственных условиях.

Хлорелла (*Chlorella vulgaris*) - это вид пресноводных водорослей, который обычно встречается в различных водных средах. Ее можно найти как в естественных, так и в искусственных водоемах, в озерах, прудах, реках и водохранилищах. Хлорелла процветает в пресноводной среде с обилием солнечного света, поскольку ей необходим свет для фотосинтеза.

Для ее роста благоприятны богатые питательными веществами воды, особенно содержащие соединения азота и фосфора. Водоросль

может переносить широкий диапазон водных условий, включая как щелочные, так и кислые уровни pH. Хлорелла также может адаптироваться к различным температурным диапазонам, хотя обычно она процветает в более теплых водах (рис.2).

Помимо природных водоемов, ее можно выращивать в контролируемых условиях в коммерческих целях. Это позволяет добиться оптимального роста и контролировать содержание питательных веществ и качество водорослей.

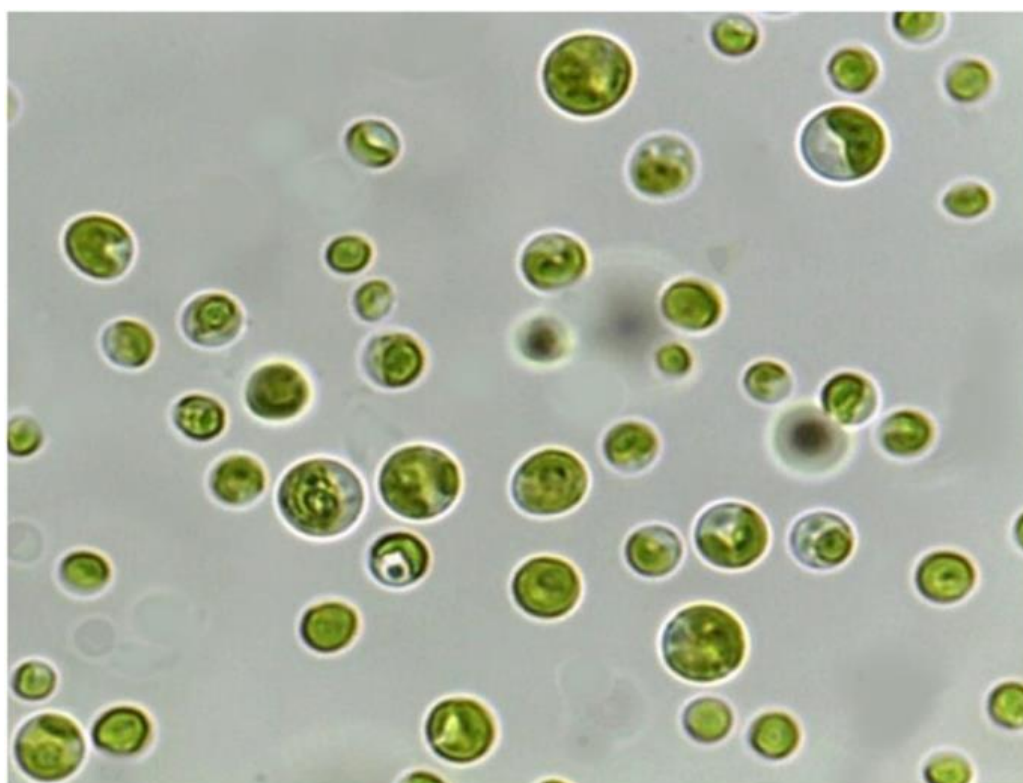


Рис. 2. Хлорелла (*Chlorella vulgaris*)

Хлорелла обладает ярко выраженной клеточной структурой. Здесь представлено более подробное описание структуры хлореллы:

Клеточная стенка: Клетки окружены жесткой и сложной клеточной стенкой. Клеточная стенка состоит из нескольких слоев, включая внешний слой гликопротеинов, средний слой целлюлозы и

внутренний слой пектина. Клеточная стенка обеспечивает структурную поддержку и защиту клетки.

Форма клеток: обычно имеют сферическую или эллипсоидную форму, хотя у разных видов и штаммов возможны вариации. Клетки маленькие и микроскопические, их диаметр составляет от 2 до 10 микрометров (рис.3).

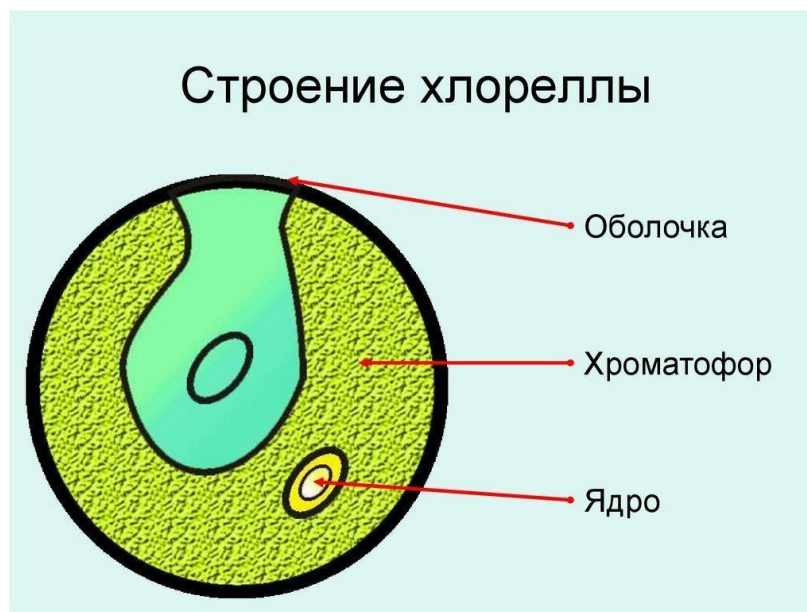


Рис. 3. Строение хлореллы

Хлоропласты: содержат многочисленные хлоропласты, которые отвечают за фотосинтез. Это мембранно-связанные органеллы, содержащие пигменты хлорофилла, которые придают хлорелле характерный зеленый цвет. Эти пигменты поглощают световую энергию для синтеза сахаров и других органических соединений.

Ядро: обладают четко выраженным ядром, которое является управляющим центром клетки. Ядро содержит генетический материал в виде ДНК, который несет в себе инструкции для роста, размножения и других клеточных процессов.

Пиреноид: представляет собой небольшую, богатую белком структуру внутри хлоропласта. Пиреноид участвует в фиксации углекислого газа в процессе фотосинтеза, способствуя преобразованию углекислого газа в органические соединения.

Цитоплазма: содержит различные органеллы, включая митохондрии для производства энергии, аппарат Гольджи для модификации и секреции белков и эндоплазматический ретикулум для синтеза белков и липидов.

Жгутики: некоторые виды хлореллы могут обладать одним или двумя жгутиками, которые представляют собой хлыстоподобные придатки, выступающие из клетки. Эти жгутики обеспечивают подвижность, позволяя клеткам хлореллы перемещаться в водной среде. Эти структурные особенности способствуют уникальной биологии и функциональности хлореллы как одноклеточного организма.



Рис.4. Развитие хлореллы в водоеме

Известна своей исключительно быстрой скоростью роста. В оптимальных условиях она может удвоить свою биомассу всего за несколько часов. Хлорелла в основном размножается бесполым путем посредством деления клеток, хотя в определенных условиях может происходить и половое размножение:

Бинарное деление является наиболее распространенным методом размножения у хлореллы. Оно включает в себя деление одной клетки на две дочерние. Процесс состоит из следующих этапов:

- Фаза роста: клетки проходят период роста, в ходе которого они увеличиваются в размерах и повышают метаболическую активность.
- Деление ядра: ядро подвергается делению, реплицируя генетический материал.
- Деление клетки: клеточная стенка сжимается, что приводит к разделению цитоплазмы и образованию двух дочерних. Каждая дочерняя клетка получает копию генетического материала, обеспечивая генетическую преемственность.

Половое размножение. В определенных условиях хлорелла может осуществлять половое размножение посредством процесса, называемого конъюгацией. Этот процесс включает в себя обмен генетическим материалом между двумя совместимыми клетками хлореллы и обычно происходит при неблагоприятных условиях роста. Этапы конъюгации следующие:

- Формирование гамет: под воздействием определенных факторов окружающей среды клетки развивают специализированные

структуры, называемые гаметангиями. Эти гаметангии производят гаметы, которые являются гаплоидными репродуктивными клетками.

➤ Образование конъюгационной трубки: гаметангии двух совместимых клеток сближаются, и между ними образуется конъюгационная трубка. Эта трубка позволяет переносить генетический материал между клетками.

➤ Генетический обмен: из одной клетки передается в другую через конъюгационную трубку, что приводит к слиянию генетического материала и генетической рекомбинации.

➤ Образование зиготы: слившиеся клетки образуют зиготу, которая представляет собой диплоидную клетку, содержащую комбинацию генетического материала обеих родительских клеток.

➤ Развитие зиготы: зигота подвергается дальнейшему развитию и в конечном итоге делится, давая начало новым клеткам с уникальными генетическими характеристиками.

Хотя бесполое размножение является преобладающим методом размножения у этих водорослей, половое размножение путем конъюгации обеспечивает генетическое разнообразие и возможность адаптации к изменяющимся условиям окружающей среды.

Хлорелла — это микроскопическая пресноводная водоросль, которая питается с помощью фотосинтеза, подобно растениям. Она использует энергию солнечного света для преобразования углекислого газа и минеральных солей в органические вещества.

В естественной среде она находится в водных экосистемах, таких как озера, пруды и реки, где она может получать доступ к достаточному количеству света и питательных веществ. Использует

свет, в частности, синий и красный спектр, для фотосинтеза. Кроме того, водоросль может выживать и размножаться в условиях искусственного выращивания в специальных биореакторах или фотобиореакторах. В таких системах предоставляется оптимальная концентрация света, температура, а также питательные вещества, необходимые для роста и размножения хлореллы.

Обычно для культивирования хлореллы используют углекислый газ, азотные и фосфорные соединения, минеральные соли и воду. Эти компоненты обеспечивают необходимые элементы для фотосинтеза и роста хлореллы. В целом, хлорелла является автотрофным организмом, что означает, что она способна самостоятельно синтезировать органические вещества из неорганических компонентов, благодаря фотосинтезу.

Хлорелла обладает рядом полезных свойств, которые способствовали ее популярности как диетической добавки и потенциальному применению в различных отраслях промышленности. Ниже приведены более подробные описания некоторых из ее полезных свойств:

Питательная ценность: считается высокопитательным источником пищи. Она богата основными питательными веществами, такими как витамины (включая витамины А, С, Е и витамины группы В), минералы (такие как железо, магний и цинк), белки и аминокислоты. Также содержит антиоксиданты, хлорофилл и пищевые волокна. Эти питательные компоненты делают хлореллу ценной диетической добавкой и способствуют общему здоровью и благополучию.

Детоксикация: была изучена на предмет ее потенциальных детоксикационных свойств. Она может способствовать выведению из организма тяжелых металлов — ртути и свинца. Клеточная стенка хлореллы имеет уникальную структуру, которая может связываться с токсинами, способствуя их выведению. Также считается, что она повышает активность некоторых ферментов, способствующих детоксикации организма.

Поддержка иммунной системы: содержит соединения, которые могут поддерживать функцию иммунной системы. Было обнаружено, что она повышает активность естественных клеток-киллеров, макрофагов и других иммунных клеток. Усиливая иммунную функцию, хлорелла может помочь организму защититься от инфекций и улучшить общий иммунный ответ.

Антиоксидантная активность: содержит различные антиоксиданты, включая хлорофилл, каротиноиды и витамины. Эти антиоксиданты помогают нейтрализовать вредные свободные радикалы в организме, уменьшая окислительный стресс и потенциальное повреждение клеток и тканей. Антиоксидантная активность хлореллы может способствовать ее потенциальному антивозрастному и защитному действию.

Здоровье пищеварительной системы: хлорелла является источником пищевых волокон, которые могут поддерживать здоровье пищеварения. Клетчатка способствует регулярной работе кишечника, помогает поддерживать здоровье кишечника и способствует росту полезных кишечных бактерий. Содержание клетчатки в хлорелле

может способствовать улучшению пищеварения и общего состояния желудочно-кишечного тракта.

Потенциальное противовоспалительное действие: была изучена на предмет ее потенциальных противовоспалительных свойств. Определенные соединения, содержащиеся в хлорелле, такие как хлорофилл и полисахариды, продемонстрировали противовоспалительный эффект в лабораторных исследованиях. Эти свойства могут иметь значение для лечения заболеваний, связанных с воспалением.



Рис. 5. Хлорелла в водной среде

Устойчивое развитие и экологические преимущества: водоросль привлекла к себе внимание благодаря своим потенциальным экологическим преимуществам. Ее можно выращивать, используя минимальные земельные и водные ресурсы по сравнению с традиционным растениеводством. Кроме того, способность хлореллы

поглощать углекислый газ и выделять кислород в процессе фотосинтеза делает ее потенциальным кандидатом для связывания углерода и сокращения выбросов парниковых газов.

Хлорелла продемонстрировала многообещающие свойства, но для полного понимания ее действия и применения необходимы дальнейшие исследования. Как и в случае с любой диетической добавкой или натуральным продуктом, рекомендуется проконсультироваться с медицинским работником, прежде чем включать хлореллу в свой рацион, особенно если у вас есть заболевания или вы принимаете лекарства.

Благодаря своим полезным свойствам хлорелла находит применение в различных отраслях промышленности:

Диетические добавки в виде капсул, таблеток, порошков или жидких экстрактов. Добавки часто рекламируются в связи с их потенциальными преимуществами для здоровья, такими как поддержка иммунитета, детоксикация и общее благополучие.

Пищевая промышленность и производство напитков: в качестве натурального ингредиента. Ее можно добавлять в различные пищевые продукты, включая энергетические батончики, закуски, смузи и оздоровительные напитки. Хлорелла придает пищевым продуктам питательную ценность и яркий зеленый цвет. Она также может использоваться как натуральный пищевой краситель или как источник растительного белка в веганских и вегетарианских продуктах.



Рис.6. Хлорелла в очищении водоема

Косметика и уход за кожей: антиоксидантный и богатый питательными веществами состав. Она часто встречается в масках для лица, кремах, сыворотках и других составах по уходу за кожей. Считается, что хлорелла увлажняет, питает и имеет потенциальный антивозрастной эффект для кожи. Она также используется в средствах по уходу за волосами, поскольку может быть полезной для здоровья волос.

Биотехнологии и биотопливо: благодаря своему быстрому росту и высокому содержанию липидов. У нее есть способность утилизировать углекислый газ и удалять загрязняющие вещества из воды.

Аквакультура и корм для животных: высокое содержание белка делают ее ценным ингредиентом кормов для рыбы, креветок и птицы. Хлорелла может способствовать росту и здоровью

сельскохозяйственных животных и повышать питательную ценность их рациона.

Экологическое применение: способность хлореллы удалять тяжелые металлы и загрязняющие вещества из воды. Кроме того, фотосинтетическая активность и поглощение углекислого газа делают ее инструментом для сокращения выбросов парниковых газов и улучшения качества воздуха. Хлорелла изучалась как потенциальный источник пищи для длительных космических полетов из-за высокой питательной ценности, быстрого роста и способности использовать свет в качестве источника энергии.

3.2. Ряска (*Lemna minor* L.)

Рясковые (Lemnaceae) – это очень малые травянистые растения с зелеными, безлиственными, маленькими, щитовидными сплюснутыми стебельками, свободно плавающими на поверхности воды или под водой, имеющими на поверхности нижней один или несколько корешков, не связанных с почвой. Разветвление стебелька выходит из двух боковых кармашков (Окатыев, 2021). Листьев или вовсе нет, или (реже) они малозаметные, зачаточные в виде двух маленьких перепончатых листочков, спаянных внизу при основании стебелька в общее влагалище. Цветение наблюдается весьма редко, малозаметно. Цветки чрезвычайно мелкие (рис.4) (Водолажченко и др., 2011).

Вегетативное тело ряски по внешнему виду, напоминает листочек или слоевище низших растений. В литературе тело рясовых чаще

всего называют по разному, но наиболее удачный термин – «листец» (Генкель, 1975).



Рис. 7. Ряска (*Lemna minor*)

Ряска цветет в обычных естественных условиях невероятно редко. Цветки имеют простое строение. Пестичные – из одного пестика, тычиночные состоят из одной тычинки. Чашелистики и лепестки в цветках отсутствуют. В течение теплого периода года растения размножаются вегетативно листецами, отделяющимися от материнского растения (Генкель, 1975).

Семейство рясковых включает около 6 родов и более 30 видов, встречающихся на всех континентах нашей планеты. Наиболее широко она распространена в Северной и Южной Америке, Европе, Центральной Африке, на юге Австралии и Южной Азии. Около половины видов обитает в тропиках, остальная часть – в умеренном поясе (Васютинский, 1961; Водолажченко и др., 2011).

Ряска – часто встречающееся прудовое растение с плоскими эллиптическими листецами длиной 2-4 мм, плавающее чаще на поверхности воды. Ряска трехдольная расположена также в толще воды, относительно слабовато разрастается, поднимается к поверхности, чаще во время цветения. Отличается зелеными листецами ложковидной формы длиной 5-10 мм. Листецы обычно соединены между собой, образуя шары, плавающие в толще воды, иногда всплывающие на поверхность во время цветения.

Ряска горбатая имеет форму пластинки, сверху плоскую, снизу шаровидную, округлую. Из других видов рясок встречается ряска многокоренник обыкновенный (*Spirodela polyrhiza* (L.)), в больших количествах плавающая на поверхности стоячих или медленно текущих вод. Ее можно встретить также на илистых берегах, усыхающих прудах и возможно заводях. Это растение имеет корни в виде пучков, не соединяющихся с грунтом (Водолажченко и др., 2011; Генкель, 1975).

Из указанных видов рясок для выращивания в искусственно создаваемых условиях по разработанной технологии наиболее приемлема ряска малая. Этот вид ряски относится к группе плейстонных организмов, то есть часть тела которых расположена в воде, а часть – над поверхностью. У таких растений дыхание и обеспечение их углекислым газом происходит чаще всего из атмосферного воздуха. Кроме того, у нее устьица располагаются только на верхней поверхности листеца, контактирующей с воздухом, причем в очень большом количестве (в несколько раз большем, чем на листьях наземных растений). Заливание устьиц водой

предотвращается соответственной выпуклостью листеца и восковым налетом, обеспечивающим несмачиваемость.

Эти особенности ряски малой являются весьма важными при выращивании ее на водно-минеральных растворах в длительно несменяющихся кюветах без аэрации, дают возможность использовать кислород и углекислый газ воздушной среды, обеспечивать требуемую транспирацию, что очень важно для обеспечения нормального питания и дыхания ряски как с использованием фото-, так и хемосинтеза. Кроме того, ряска малая быстро размножается. Вновь образующиеся особи не сцепляются с материнским организмом и между собой, что снижает существенно выемку ее из кювет и дальнейшую подготовку для выращивания и использования (распределение по поверхности водно-минеральных растворов, отлов, выемку, отделение от водной среды, подготовку для использования). Следовательно, для выращивания на водно-минеральных растворах необходимо использовать только ряску малую (Горшенина, 1979; Окадьев, 2021).

Другие виды ряски, в частности, ряска трехдольная, существенно не отличаясь от ряски малой по химическому составу и некоторым другим особенностям, отличается от нее значительно более низким темпом размножения, плохо растет в застойных, мелких водоемах без аэрации воды, требует больших затрат труда при выемке, распределении ряски в толще воды, последующей ее обработке для использования.



Рис.8. Ряска в водоеме

Все виды рясок светлюбивые и холодостойкие. Обитают они в медленно текущих или стоячих водоемах. Своеобразная среда обитания – вода – содержит в себе все необходимое для жизни, только свет поступает извне, а также кислород и углекислый газ.

Потребность в корнях как органах, доставляющих воду и питательные вещества, исчезает. Они служат не столько для обеспечения питания, сколько для укрепления, а в отдельных видах и вовсе исчезают (Водолажченко и др., 2005).

Для водных растений температура окружающей среды должна быть ниже, чем для наземных растений. Это объясняется тем, что с повышением температуры растворимость газов в воде уменьшается, следовательно, содержание кислорода и углекислоты убывает. Механическое движение воды играет большую роль в жизни водных растений в связи с тем, что к подводным частям их постоянно

доставляется вода, содержащая новые количества углекислоты, кислорода, минеральных веществ. Дело в том, что многомиллионные скопления ряски, плавающие на поверхности воды, за короткий срок используют питательные вещества, находящиеся в верхнем слое толщиной до 3-10 см. Они быстро исчерпываются и, как следствие, она начинает испытывать голодание.

Размножение и рост ряски прекращаются. В естественных условиях вода в водоемах или перемешивается ветром, водными животными, или постоянным медленным обновлением (поступление новых порций воды и сбегание верхних слоев). Поэтому в стоячих водоемах водные растения, в том числе и ряска, после кратковременного бурного развития весной значительно замедляют рост и размножение (Водолажченко и др., 2011; 2005).

Размножение рясок, в том числе и ряски малой, проходит очень быстро, в основном оно вегетативное. Каждый листец отпочковывает довольно быстро новые части стебелька, которые, имея еще связь с основными стебельками, дают начало жизни новым молодым растениям. Некоторые виды, плавающие на поверхности воды, могут очень быстро целиком покрывать всю поверхность небольших водоемов, образуя тем самым так называемые сплавины. Наблюдениями и специально поставленными опытами было установлено, что за неделю прирост ряски составлял 100-150%.

Ряску чаще всего в естественных условиях можно встретить повсюду: в мелких прудах, лужах, запрудах, канавах, других прогреваемых медленно текущих водоемах, такие водоемы богаты органическими веществами. Иногда рясковые образуют большие

скопления (сплавины), покрывающие поверхность стоячих неглубоких водоемов.

Во многих болотах ряска или вовсе не размножается, или может размножаться незначительно, так называемыми пятнами. Специальными исследованиями установлено, что если концентрация гуминовых кислот в воде превышает 0,01%, ряска погибает полностью через 12-14 суток. Этот фактор является причиной гибели ряски в водоемах, образующихся на торфяниках, поскольку торф богат гуминовыми кислотами. В ряде водоемов, в особенности медленно текущих, наблюдается некоторое размножение ряски возле берегов или в местах, заросших другими растениями (камышом, другими водными растениями), а далее ее размножение приостанавливается. Это явление можно объяснить недостатком питательных веществ в воде водоема в целом или в верхнем слое, в котором ряска обитает. Отрицательное влияние на рост и размножение ряски и других гидробионтов также оказывают содержащиеся в воде сероводород и метан, образующиеся при бактериальном разложении клетчатки и других органических веществ (Водолажченко и др., 2011; 2005).

Как указано выше, в небольших водоемах ряска за короткий срок может покрыть всю зеркальную поверхность воды. Если периодически часть ряски не удалять, ее размножение значительно замедляется, а многослойные накопления ее в отдельных местах водоема подвергается гниению, издавая сильный смрад (Водолажченко и др., 2011).

В литературе имеются указания, что осенью ряска запасает питательные вещества, образует почки, оседая на дно, где температура воды близка к 4⁰С. Пережив зиму на дне водоема, ряска весной медленно всплывает и продолжает свое развитие, давая жизнь новым растениям (Водолажченко и др., 2011; 2005).

В проведенных многолетних наблюдениях ученых установлено, что ряска в воде, в плавающем виде может находиться круглогодично, на дно не опускается. При сокращении светового дня менее одиннадцати часов она прекращает размножение, имеющаяся масса имеет зеленый цвет, не увеличивается. Весной, когда световой день увеличивается до 11 часов и более, ряска начинает быстро размножаться. То же самое происходит и в зимнее время, если искусственно создать требуемое освещение, длину светового дня (14-16 часов), температурные условия (16-25⁰С). Эти наблюдения показывают, что ряску можно выращивать и получать зеленую массу круглогодично (Генкель, 1975; Окатьев, 2021).

Рясковые являются автотрофами, источником питания для которых служит исключительно окружающая их неорганическая среда. Эти организмы обладают способностью синтезировать все входящие в их состав сложные органические соединения (углеводы, белки, жиры) из неорганических веществ. В качестве источника углерода при синтезе органического вещества они используют из воздуха углекислый газ. Энергию, необходимую для синтеза органических соединений, автотрофные организмы получают из неживой природы.

Главными представителями автотрофных организмов являются зеленые растения, к которым относятся и рясковые. Они питаются за счет углекислого газа, воздуха, воды, минеральных элементов. Для синтеза органических веществ они могут использовать солнечную энергию или энергию других источников света (лампы накаливания, люминесцентные лампы дневного света), если их излучение сосредоточено в области физиологической радиации (длина волны – 400-700 нм), а также если в спектре излучения не содержится вредных ультрафиолетовых лучей (длина волны – менее 300 нм) и с мощностью излучения, достаточной для роста и развития растений. Поглощение этой энергии и синтез веществ в зеленых растениях происходят посредством зеленого пигмента хлорофилла путем фотосинтеза (Водолажченко и др., 2011; 2005).

Ряска интенсивно размножается при длине светового дня от 12 до 18 часов в сутки. При длине светового дня менее 12 часов ее рост и размножение уменьшаются, а при длине менее 11 часов прекращаются. Но растения не погибают и в таком состоянии могут находиться полгода, то есть до следующего увеличения светового дня. Если продолжительность светового дня поддерживать с помощью искусственных источников более 12 часов (оптимально – 14-17 часов), ряска размножения не приостанавливает. Это указывает на то, что ее можно при естественном освещении выращивать с середины апреля до середины октября. Если требуется выращивать и в другое время (с октября до апреля следующего года), необходимо обеспечить с помощью искусственных источников требуемую длину

светового дня, интенсивность освещения (Водолажченко и др., 2011; Окатьев, 2021).

Для обеспечения фотосинтеза, кроме света, необходимо обеспечить растения достаточным количеством углекислого газа, то есть концентрацией его в окружающем воздухе. Она характеризуется средней величиной – 0,03 объемных процента. При всех благоприятных условиях можно рассчитывать на продуктивность, составляющую 10-15 г сухого вещества на один квадратный метр в сутки. В условиях закрытых помещений (теплиц, оранжерей), где перемешивание больших масс воздуха и его приток извне ограничен, необходимо проводить искусственное обогащение воздуха углекислым газом в зоне обитания растений до 0,03-0,05 объемных процента. При содержании углекислого газа менее 0,03 объемных процента рост и размножение ряски замедляются вплоть до полного прекращения.

В оранжереях, теплицах при выращивании ряски в осенне-зимний период для поддержания концентрации углекислого газа на уровне 0,03 объемных процента можно использовать сухой лед, который дробят на куски примерно по 500 г каждый. На площадь теплицы 600 м² с ноября по апрель следующего года три раза в неделю расходуется 20-30 кг сухого льда. Можно применять и другие способы обогащения воздуха углекислотой (Водолажченко и др., 2011; 2005).

Ряска как плавающее водное растение в основном потребляет при дыхании кислород из воздуха, в котором содержание его составляет около 21 объемных процента.

Особым фактором для всего живого на земле является вода, которая необходима для процессов обмена веществ со средой и составляет основу жизни. В растениях вода обычно участвует в реакциях фотосинтеза. Минеральные вещества поступают в растение только в виде водных растворов (Водолажченко и др., 2011).

Для растений, обитающих в пресноводных водоемах, реках, морях, океанах, вода необходима не только как экологический фактор, но и непосредственная среда обитания. Из водных растений отдельные виды укореняются в грунте, другие погружены в воду, третьи, плавающие на поверхности воды, не укореняются.

Вода в сравнении с почвой содержит гораздо меньше биогенов. Поэтому она не может долгое время поддерживать существование растений за счет их запасов. В естественных водоемах биогены, содержащиеся в воде, непрерывно возобновляются (регенерируют) в результате отмирания гидробионтов и их разложения. При выращивании ряски в искусственных условиях восстановления химической базы практически не происходит. Поэтому необходимо постоянно через короткие интервалы ее возобновлять новыми порциями питательной среды – добавками водных растворов требуемых минеральных веществ (Водолажченко и др., 2011; 2005).

Из биогенов, список которых довольно велик, наибольшее значение для автотрофов имеют азот, фосфор, калий, магний, железо, марганец и некоторые другие макро- и микроэлементы. К группе хлорофиллов относятся органические соединения, которые содержат 4 пиррольных кольца, связанных с атомами магния, имеют зеленоватую окраску (пигменты хлоропластов).

Хлорофиллы а, b, c и d отличаются содержанием основных элементов. Спутниками хлорофилла являются желтые пигменты. Там, где обнаруживается хлорофилл, всегда имеются каротиноиды, в особенности α -, β - и γ -каротин. Поэтому при выращивании ряски необходимо, чтобы водный раствор питательных веществ содержал требуемое количество азота и других элементов, входящих в его состав.

Минеральные соединения азота в воде присутствуют в трех формах: аммонийной, нитритной и нитратной. Аммонийный азот в пресных водоемах присутствует в концентрации не более 0,03 мг/л. Во время интенсивного развития фитопланктона соли азота могут в верхних слоях воды полностью исчезать (Васютинский, 1961; Водолажченко и др., 2011).



Рис. 9. Ряска в водной среде

В особенности это явление наблюдается при выращивании ряски в кюветах, где водные растворы солей перемешиваются слабо или вовсе не перемешиваются. В результате в поверхностных слоях запасы азота и других необходимых питательных веществ быстро исчерпываются и наступают азотное, фосфорное и другие виды голодания (Васютинский, 1961; Водолажченко и др., 2011).

Ряска, прежде всего, теряет зеленый цвет, желтеет, её рост и размножение замедляются вплоть до полного прекращения, а через некоторое время растения отмирают. С повышением концентрации азота, фосфора и других элементов выше оптимальных количеств развитие ряски также угнетается.

Отдельные исследователи предполагают, что все указанные элементы почти постоянно находятся в воде. Учитывая, что вода, получаемая в разных регионах, содержит разное их количество вплоть до отсутствия отдельных из них, указанные элементы необходимо в обязательном порядке вводить в питательные растворы для выращивания ряски. В связи с тем, что выращенная ряска в основном предназначается для питания животных и человека как источник витаминов и минеральных веществ, выполнение этого положения обязательно (Васютинский, 1961; Водолажченко и др., 2011; Окатьев, 2021).

Как уже указывалось, ряска малая – свободно плавающее на поверхности водное растение. Эту особенность ряски необходимо учитывать при оборудовании цеха или участка для выращивания. В этих условиях водно-минеральные растворы будут находиться в кюветах. Какая бы толщина водного слоя в них ни была бы, ряска

всегда будет всплывать на поверхность. Кроме этого, она будет свободно передвигаться с текущей водой.

Эти особенности ряски учитывают при определении глубины кювет, их заполненности, ее сборе и промывке.

Опытным путем установлено, что для выращивания ряски достаточно заполнить кювету толщиной слоя 50 мм. Однако в процессе выращивания часть воды испаряется, а часть выносится с собираемой ряской. Поэтому оптимальной толщиной слоя питательного раствора следует считать 100 мм. В связи с тем, что каждые три-четыре дня выполняется процесс обогащения верхнего слоя добавками новых порций питательного раствора, а кювету нельзя заполнять полностью, в кювете должен быть запас для раствора для тех случаев, если вода испарилась незначительно или вовсе не испарилась, а верхние слои необходимо обогащать новыми порциями раствора (Водолажченко и др., 2011; 2005).

Вода – это одна из главных составных частей тела ряски. Ее содержание в ней составляет 95%. В процессе жизнедеятельности растение расходует воду посредством испарения – транспирации. У погруженных водных растений транспирация отсутствует. Плавающие же растения, к которым относится и ряска малая, имеют интенсивную транспирацию. Осмотическое давление водных растений очень низкое. Им не требуется преодолевать водоудерживающую способность почвы. Кроме этого, у них редуцированы механические ткани и проводящая система в виде жилок, что имеет место у сухопутных растений. В связи с этой особенностью постоянно происходит частичное уменьшение

питательного раствора, который необходимо своевременно пополнять новыми порциями (Васютинский, 1961; Водолажченко и др., 2011).

Ряска – это организмы, производящие продукцию, то есть новообразования органического вещества из неорганического: минеральных солей азота, воды, CO_2 , фосфора, калия и т.д. (Водолажченко и др., 2011; 2005).

Большая скорость размножения и роста позволяет собирать ряску многократно. По данным Г.А. Лукиной (1977), в Узбекистане за 8 месяцев сбор ряски малой составлял 276 т. В наших опытах, проведенных в условиях Юга Украины, за сезон с апреля по октябрь, то есть за шесть месяцев, сбор ряски малой составлял 80-100 т с 1 га (Васютинский, 1961; Водолажченко и др., 2011).

Величина первичной продукции водорослей и других водных растений может выражаться различными способами. В одних случаях ее исчисляют количеством в определенном объеме воды, в других – в показателях сбора с единицы площади водного зеркала водоема. Ряска является плавающим растением, находящимся постоянно на поверхности воды. Поэтому интенсивность образования первичной продукции целесообразно оценивать по ее выходу с единицы площади водного зеркала в кюветах. Этот показатель дает возможность рассчитывать в зависимости от предполагаемого количества ежедневно получаемой ряски требуемую площадь кювет, сколько необходимо ежедневно готовить и добавлять питательного раствора, потребность в ряске для высадки в кюветы,

другие показатели, требуемые при оборудовании площадок, цехов для выращивания ряски (Васютинский, 1961; Водолажченко и др., 2011).

Несмотря на то, что ряска, размножающаяся в естественных водоемах в больших количествах, уже давно используется в кормлении водоплавающей птицы и других животных, имеются данные об использовании ее в питании человека, поскольку она обладает целебными свойствами в отношении ряда заболеваний человека.

3.3. Пистия (*Pistia stratiotes* L.)

Пистия (лат. *Pistia*) — монотипный род семейства Ароидные (лат. *Araceae*), включающий единственный вид многолетних травянистых плавающих растений Пистия слоистая, или Пистия телорезовидная, или Водяной латук (лат. *Pistia stratiotes*).

Многие виды Пистии встречаются в водоемах Африки, на восточном побережье Индийского океана, на севере и востоке Азии, в центральной Америке. Первые образцы культуры были взяты в тихих заводях Нила.

Для большинства видов пистии обязательным условием является спокойное течение или его полное отсутствие. Но нередко растения дрейфуют вдоль рек, распространяясь на многие километры. В подходящих условиях стремительно разрастается, в искусственных водоемах часто является сорняком - покрывает водную поверхность, блокируя доступ солнечных лучей и кислорода для других растений и животных.

Пистия – многолетнее водоплавающее растение. Имеет многочисленные волнистые корни. Стебель укороченный, обычно не превышает 3-5 сантиметров в длину. Листья образуют розетку, которая плавает на поверхности воды, имеют межклетные пространства, заполненные воздухом, серо-зелёные, сидячие, тупоклиновидные, с наибольшей шириной на конце и несколько суженные к основанию, с закруглённым передним краем, 15—25 см длиной, 8—10 см шириной. Почти параллельные боковые жилки сверху вдавлены, отчего лист кажется гофрированным, но на нижней поверхности выступают в виде рёбер, мощных в основании листа и сходящихся на нет к его концу. Строение листа придаёт ему устойчивость на воде. Листья пистии покрыты своеобразными мелкими волосками, которые выполняют водоотталкивающую функцию.



Рис.10. Пистия (*Pistia stratiotes* L.)

Соцветие редуцированное. Покрывало не более 2 см длиной, зеленоватое, волосистое, с маленьким початком, чуть больше 1 см длиной. Наверху початка веночек из 2—8 мужских цветков со сросшимися в синандрии тычинками, каждый из них с двумя тычинками, ниже расположен единственный женский цветок с многочисленными семязачатками. Пистия самоопыляема, после раскрытия пыльников пыльца падает непосредственно на рыльце. Несмотря на полное отсутствие перекрёстного опыления, пистия активно размножается семенным путём.

Пистия состоит из розетки из обратнойцевидных или лопатовидных, бархатистых, светло-зеленых листьев (до 40 см длиной у американских и африканских клонов). Листья покрыты мелкими волосками, которые удерживают пузырьки воздуха и, благодаря им, удерживаются на поверхности воды. Нижняя поверхность листьев плотно усеяна волосками и практически белая, с продольными ребрами и погруженными в них прожилками. Мочковатая корневая система свободно подвешена в воде (рис.11).

Клоны формируют мелкие колонии за счет столонов. Незаметные соцветия (7-12x5 мм) располагаются на короткой цветоножке в центре розетки, которая, в свою очередь, развивается на стебле. Початок, располагается близко к обертке цветка, имеет бледно-зеленую окраску, с волосками снаружи и гладкий внутри. Обертка, главным образом, демонстрирует сужение между группами мужских и женских цветков. Обертка ниже сужения открывается в утренние часы и оголяет влажное рыльце, тогда как мужские цветки остаются закрытыми. Несколько часов спустя, обертка полностью

открывается и оголяет части, несущие мужские цветки. После оплодотворения цветоножка опоясывает и притягивает под воду развивающийся фрукт (длина — 2 мм). Под водой он высвобождает семена (Buzgo, 2006).

Считается, что *P. stratiotes* во многих областях обитания не размножается половым путем. В зависимости от условий и клонов, образования семян (4-6 семян/фрукт) однако наблюдается.

Семена оседают на дно водоема, где формируют устойчивый конгломерат семян (до 4000 семян/м²) (Dray and Center, 1989). В период засухи и снижения уровня воды семена длительный период времени остаются в спячке в сухом осадке. Они начинают всходить в теплой ($> 20^{\circ}\text{C}$) воде на мелководье в условиях высокой освещенности (Pieterse et al., 1981).

Пистия (*Pistia stratiotes*) развивается при температуре $15-35^{\circ}\text{C}$ (оптимум – $22-30^{\circ}\text{C}$). Семена не всходят при температуре $<20^{\circ}\text{C}$, но в течение двух месяцев выживают в холодной воде (4°C) или несколько недель при температуре -5°C . Это плавучее растение восприимчиво к вымораживанию и не имеет устойчивых вегетативных органов. Оно полностью вымирает в областях, где наблюдается холодный сезон, и затем в период дождей, семена вновь прорастают. В некоторых тропических регионах ежегодное вымирание пистии обусловлено вирусом, переносимым тлей (Pettet and Pettet, 1970).

На сегодня, пистия произрастает по всему миру, в тропиках и субтропиках, и отсутствует только в Антарктике (Parsons and Cuthbertson, 2001). За последние десять лет вид был зарегистрирован в нескольких европейских странах (Австрия, Нидерланды,

Португалия, Россия, Словения и Испания). Эти находки являются результатом повышенного интереса людей к интродукции новых видов, вызванной глобальным потеплением климата и невнимательным отношением к импортируемым товарам (EPPO, 2007).

В некоторых тропических регионах Пистия телорезовидная рассматривается или рассматривалась в качестве сорняка. По сравнению с такими экзотическими плавающими растениями, как *E. crassipes* или *Salvinia molesta* D. S. Mitchell (водяной папоротник, гигантская сальвиния) (Salviniaceae), пистия не имеет большого хозяйственного значения. В Африке она привлекала внимание в начале 1960-х годов, например, в Нигерии (Pettet and Pettet, 1970). В Республике Южная Африка *Pistia stratiotes* не ценятся и считаются сорняками, главным образом, потому что стремятся ограничить торговлю и распространение данного вида (Cilliers et al., 2003).

В Азии пистия известна в большинстве стран большой земли. Пик популярности приходится на 1970-е годы (Waterhouse, 1994). В Китае, *P. stratiotes* в настоящий момент присутствует в 14 южных провинциях и числится на 22 из 87 мест среди главных сорняков (Li-ying et al., 1997). Также докладывалось о произрастании данного вида в странах Тихоокеанского региона, например, островах Фиджи, где пистия все ещё растет в качестве декоративного вида (Waterhouse, 1994).

Растение широко распространено в Южной Америке и на Карибах. В южном Пантанале, обширной заболоченной тектонической впадине в Бразилии, пистия формирует толстый ковер

(Coelho et al ., 2005). В бразильском водохранилище Итайпу, этот вид является нежелательным обитателем (Thomaz et al ., 1999), и его плотность там неуклонно возрастает (Gordon, 2001). Вероятно, вид *Pistia stratiotes* станет все более заметным с возрастанием числа водохранилищ, страдающих от эвтрофикации.

Подобно другим свободноплавающим растениям, *Pistia stratiotes* имеет огромный потенциал к быстрому увеличению биомассы (Reddy and De Busk, 1984). Эта высокая продуктивность и высокая питательная ценность привлекают внимание с точки зрения использования пистии для производства метана и корма (Henry-Silva and Camargo, 2000) или удобрения зелёной листвой (Raju and Gangwar, 2004).

Возможность использования *Pistia stratiotes* в качестве корма для скота, однако, ограничена, потому что растение накапливает много тяжелых металлов (Odjegba and Fasidi, 2004). Отмершая биомасса *Pistia stratiotes* применяется для удаления металлов из промышленных стоков (Miretzky et al ., 2006). Живые растения пригодны для обработки стоков (Kone' et al ., 2002; Zimmels et al ., 2006) или грязных прудов (Vardanyan and Ingole, 2006). *Pistia stratiotes* также используется для восстановления искусственных болотных угодий (Chen et al ., 2006) или мониторинга качества речной воды (Klumpp et al ., 2002). Тем не менее, в большинстве случаев, пистия рассматривается как сорняк, потому что быстро образует толстый ковер на поверхности стоячей воды.

Подобно другим свободноплавающим сорнякам, она препятствует проведению рыбалки, судоходству. Даже относительно

мелкий ковер создает угрозу работе гидроэлектростанций. Заполняя поверхность воды, это растение влияет на среду и биоразнообразие. Пистия блокирует солнечный свет, нарушая развитие других видов растений, снижает проникновение атмосферного кислорода в воду, вызывает гибель гидробионтов.



Рис.11. Корневая система Пистии

Корневая система усиливает заиливание, делая субстрат непригодным для нереста рыб (рис.11). Водяной салат является носителем опасных переносчиков заболеваний, комаров родов *Anopheles* и *Mansonia*. Личинки *Mansonia* прободают листья и корни пистии и достигают воздушных камер (Lounibos and Dewald, 1989). В мелкомасштабных экспериментах потери воды, вследствие испарений с поверхности ковра *Pistia stratiotes* превышают испарения с открытой

поверхности воды; однако, как ожидается, на крупной площади эти значения сравниваются (Allen et al., 1997).



Рис.12. Пистия в водоемах

Водяной салат легко распространяется на новые территории. Растения могут увлекаться лодками или рыболовным инвентарем и переноситься на удаленные участки. Ил с семенами *Pistia stratiotes* может распространяться с течениями или под действием других механических факторов, и даже потенциально прикрепляться к животным. Более того, являясь важным декоративным объектом, пистия активно продается на аквариумном рынке и, таким образом, распространяется повсеместно.

В некоторых странах существуют даже специально созданные организации, которые занимаются выявлением Пистии в водоемах и

ведением контроля за ее дальнейшим распространением. Часто это растение создает проблемы рисовым полям, на которых сотрудники тратят достаточно много своего времени, чтобы избавиться от него, иначе, вся плантация может быстро погибнуть. Кстати, проблема усложняется еще и тем, что недостаточно просто избавиться от самого растения. Если упустить период созревания его плодов, то семена упадут на дно водоема. Там они могут находиться в достаточно больших количествах (до нескольких тысяч на один квадратный метр) и – в пассивном состоянии, пока температура воды не создаст благоприятные условия для их «активизации» и, следовательно, возникновения новых растений.

ГЛАВА 4. ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РАСТЕНИЙ В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

4.1. Использование водной растительности в различных отраслях сельского хозяйства

Изучение биологических особенностей водной растительности является актуальной научной проблемой. Особенный интерес представляет изучение водных растений, имеющих практическое значение: в качестве технического и лекарственного сырья, корма сельскохозяйственных животных и рыб-фитофагов, субстрата для выращивания кормовых дрожжей и других целей. В этом аспекте перспективным является использование ряски малой (*Lemna minor* L.) и других представителей рода *Lemna*. Однако, в настоящее время применение ряски в сельскохозяйственной практике ведется недостаточно активно. В значительной степени это объясняется недостаточной изученностью химического состава и кормовой ценности растения.

Ряска малая (*Lemna minor*) – один из самых распространенных представителей высшей водной растительности пресноводных экосистем. Это свободноплавающий гидрофит, произрастающий в водоемах и водотоках (озера, пруды, водохранилища, каналы, реки), которые характеризуются малопроточной или стоячей водой.

Ряска обладает высокой биологической продуктивностью, значительными питательными качествами, быстрыми темпами роста,

не является требовательным к условиям культивирования, его сырье содержит микро- и макроэлементы, витамины, протеины, жиры, углеводы, клетчатку.

В результате исследований проведено сравнение основных качеств кормовых растений (протеинов, липидов, клетчатки) ряски малой и некоторых зерновых культур (пшеница, гречиха, рожь, кукуруза). Установлено, что биохимический состав ряски малой по количеству питательных веществ не уступает зерновым злакам. В биомассе ряски малой содержится примерно 25,8 % протеина (вдвое больше, чем в зерновых), который является основным показателем кормовых качеств, 4,7 % жиров и 24,6 % клетчатки (в 11 раз больше, чем в злаках).

В естественных водоемах продуктивность ряски малой составляет 0,7–1,0 кг зеленой массы с 1 м² поверхности. В условиях лабораторных опытов при культивировании ряски на среде Кнопа среднесуточный прирост зеленой массы составил около 0,09 кг/м² в сутки, а на воде, взятой из пруда – около 0,2 кг/м². Следовательно, высокая биологическая продуктивность ряски малой способствует внедрению ее массового культивирования в агропромышленном секторе для кормления птицы, скота, рыбы.

Использование Ряски малой (*Lemna minor*) в кормопроизводстве обеспечивает повышение экологического качества сельскохозяйственной продукции, снижает экономические затраты на кормовые химические добавки в рационе животных, способствует использованию прудов как агроэкосистем. Дополнительной

функцией растения является процесс естественной биофилтрации сточных вод животноводческих комплексов.

По содержанию незаменимых аминокислот рясковые превосходят такие продовольственные культуры, как кукуруза и рис. Рясковые также богаты витаминами А, В1, В2, В6, С. В особенности много в них содержится витаминов Е и РР. Возможности использования рясковых как фуража или добавочного корма испытаны на молочных коровах, бычках, свиньях, овцах, кроликах, нутриях, ондатрах на звероводческих фермах, утках, индейках, курах, прудовой рыбе.

В народной медицине ряска используется как жаропонижающее, противоаллергическое, общеукрепляющее, противовоспалительное, желчегонное, мочегонное и антимикробное средство. Спиртовую настойку применяют при аллергии, крапивнице, катарах верхних дыхательных путей, отеках нервного происхождения, ревматизме, желтухе, диспепсии. Водным настоем промывают гнойные раны, язвы, фурункулы. Припарки рекомендуют при ревматизме.

Ряска и другие виды мягкой водной растительности служат естественным кормом для водоплавающей птицы, а также кур, индеек, других видов животных. Сухая масса ряски содержит белков и углеводов – по 35%, жира – около 5%, остальную часть составляют клетчатка, зола. Белок ряски отличается высокими питательными свойствами. По содержанию незаменимых аминокислот рясковые превосходят такие продовольственные культуры, как кукуруза и рис. Рясковые также богаты витаминами А, В1, В2, В6, С. В особенности много в них содержится витаминов Е и РР. Возможности

использования рясковых как фуража или добавочного корма испытаны на молочных коровах, бычках, свиньях, овцах, кроликах, нутриях, ондатрах на звероводческих фермах, утках, индейках, курах, прудовой рыбе (Смоляр, 1991, Водолажченко, 2011).

Ряску можно сушить и использовать как добавку в корм птице. При скармливании курам породы белый плимутрок по 15 г высушенной ряски на 1 голову в сутки взамен 5 г мясокостной муки, 10 г отрубей и 6 г клеверного сена значительно повышалась яйценоскость, улучшались инкубационные качества яиц. Стимулирующее действие ряски объясняется наличием в ней микроэлементов и витаминов. По другому источнику при скармливании ряски курам яйценоскость повышалась на 5%, выводимость – на 2-3% (Водолажченко, 2011; Лакомство..., 2001).

Подкормка поросят ряской увеличивала среднесуточный прирост массы на 70-100 г в сутки. Овцы росли также быстрее, давали больше мяса (Лукина, 1977). Кормление животных ряской в значительной степени компенсирует недостаток в рационах рыбной и мясокостной муки. Для скармливания зеленую массу ряски немного пересыпают отрубями. При кормлении птицы комбикормами ряску с комбикормом гранулируют, а при кормлении рассыпными комбикормами готовят смеси: 1-2 кг ряски смешивают с 10 кг комбикорма (Нетрадиционные..., 1984; Лакомство..., 2001).

Ряску перед скармливанием измельчать не требуется. Ее скармливают как в составе влажных мешанок, так и непосредственно из отдельных кормушек. Вводят ее в рацион для домашней птицы при

этом типе кормления в таких же количествах, как и зеленую массу посевных трав.

В связи с высокой стоимостью энергоносителей (газа, дизельного топлива) производство травяной муки существенно удорожается. Высокая стоимость получаемого корма повышает себестоимость комбикормов и, следовательно, стоимость яиц. А без ее использования невозможно получить продукцию, которая по качественным показателям соответствовала бы стандартам. Отсутствие травяной муки можно было бы компенсировать измельченной зеленью злаковых и бобовых культур: люцерны, клевера. Но эти культуры имеют короткий вегетационный период, их масса быстро грубеет и становится непригодной для использования в кормлении птицы.

Решению проблемы бесперебойного обеспечения птицы мягкой растительной массой будет содействовать выращивание ряски на водно-минеральных растворах в искусственно создаваемых условиях весной и летом при естественном, а в зимний период (с октября по апрель) – при искусственном освещении и с подогревом помещения.

На основании приведенных данных можно сделать заключение, что ряску, полученную из естественных незагрязненных водоемов и выращенную на водно-минеральных растворах, можно и нужно использовать в кормлении сельскохозяйственной птицы, свиней и других животных. Ее использование в кормлении будет способствовать повышению продуктивности, качества продукции, воспроизводительных способностей животных (Пири, 1980).

Скармливание ряски не оказывает отрицательного влияния на качество продукции и биохимические показатели организма животных. Скармливание корма, содержащего 75% ряски, не оказывает отрицательного влияния на качество молока и мяса голштинских молочных коров и бычков. Желтки яиц, полученные от птиц, получавших ряску, имели интенсивную оранжевую окраску, мясо уток содержало больше жира.

Пистия телорезовидная широко распространена в странах обеих полушарий земли с тропическим и субтропическим климатом. Ее можно разводить в рыбных прудах и использовать ее качестве корма для свиней, пищи и удобрения.

Пистия телорезовидная, водный латук, водный салат многолетнее, пресноводное, крупное растение, плавающее на поверхности воды, Его можно культивировать на сточных водах животноводческих комплексов (птицефабрик, свинокомплексов, животноводческих комплексов крупного рогатого скота) и сточных вод заводов по первичной обработке кенафа. Использование предлагаемого изобретения дает возможность полностью заменить 10% дефицитного комбикорма в рационе с/х животных и птиц биомассой пистии телорезовидной.

4.2. Биологическая реабилитация загрязненных водоемов и сточных вод

Возрастающая техногенная нагрузка вызывает значительное нарушение окружающей среды. Прогнозы на будущее не вселяют оптимизма. Во многом это связано с дальнейшим расширением масштабов производства и несовершенством используемых технологий. Имеющиеся разработки по очистке отходов производства чаще всего не используются по экономическим соображениям.

Экологическое состояние водоёмов тесно связано с хозяйственной деятельностью человека. Это приводит к изменениям качества вод различных категорий водоёмов, выражающееся в эвтрофировании с последующим их загрязнением (Алимов, 1989).

Для предотвращения загрязнения водоёмов сделано много. Однако единого механизма, способного эффективно защищать водоёмы как от экзо- так и эндогенного загрязнения, пока не разработано. Скорее всего, решение этой проблемы заключается в комплексном подходе к ней. Это заключается не только в очистке сточных вод, как это делалось в 60-х и 80-х годах, а в том, чтобы достигнуть биологической реабилитации, как сточных вод, так и загрязненных водоёмов.

Теоретической основой биологической реабилитации является комплексное решение проблем загрязненных водоёмов. Схема биологической реабилитации водоёмов включает действия, направленные на минимизацию загрязняющих веществ, улучшение санитарного состояния, предотвращение «цветения» воды

синезелеными водорослями, биологическую мелиорацию высшей водной растительности и, наконец, вылов рыбы и прочих биологических объектов. Причем рыба рассматривается не только как объект промыслового или любительского лова, а и как компонент экосистемы, предназначенный для выноса из водоёма первичной продукции, которая трансформируется в рыбную продукцию в виде ихтиомассы.

Развитие хлореллы в сточных водах и загрязненных водоемах приводит к улучшению санитарного состояния (Эргашев, 1980). Хлорелла подавляет развитие болезнетворных бактерий, что дает возможность использовать эти водоёмы для хозяйствен-но-питьевого водоснабжения и целей рекреации.

В результате биологической реабилитации загрязненных водоемов и сточных вод улучшаются гидробиологические условия, возрастает кормность водоема, создаются благоприятные условия для обитания рыб.

Водные растения в водоемах выполняют следующие основные функции (Тимофеева, 1995):

- фильтрационную (способствуют оседанию взвешенных веществ);
- 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).

Способность высших водных растений удалять из воды загрязняющие вещества — биогенные элементы (азот, фосфор, калий, кальций, магний, марганец, серу), тяжелые металлы (кадмий, медь, свинец, цинк), фенолы, сульфаты — и уменьшать ее загрязненность нефтепродуктами, синтетическими поверхностно-активными веществами, что контролируется такими показателями органического загрязнения среды, как биологическое потребление кислорода (БПК) и химическое потребление кислорода (ХПК), позволила использовать их в практике очистки производственных, хозяйственно-бытовых сточных вод и поверхностного стока как в Украине, так и во всем мире.

1. Во многих странах Америки довольно широко используется системы очистки шахтных вод на плантациях камыша и тростника (Dunbabin, 1992). Описаны сооружения с камышовой растительностью для очистки хозяйственно-бытовых сточных вод в Нидерландах, Японии, Китае; для очистки загрязненного поверхностного стока в Норвегии, Австралии и в других странах (Gleichman-Verheys, 1992; Hosokova Yasuschi, 1991; Дин Яньхуа, 1992; Blankenberg, 2003; Lloyd, 2001). Стойкость камыша к действию больших концентраций загрязняющих веществ позволила довольно успешно использовать его для очистки сточных вод свиноводческих комплексов в Великобритании (Hadlington Simon, 1991).

В г. Бентон (США) с населением 4700 человек с 1985 года осуществляется очистка бытовых сточных вод в прудах с зарослями

камыша и других водных растений. Подсчитано, что стоимость такой системы очистки в 10 раз меньше, чем стоимость традиционных систем при удовлетворительном качестве очистки воды от соединений азота, фосфора, взвешенных и органических веществ (Dawson, 1989).

В Ирландии (г. Вильямстоун) успешно эксплуатируется система совместной очистки хозяйственно-бытовых вод (72%) и поверхностного стока (28%), сконструированная в виде трех мелководных лагун, две из которых засажены камышом и рогозом, а третья представляет собой биопруд с плавающими водными растениями — лилией и ряской. В процессе очистки вода очищается до следующих показателей (мг/л): БПК - 9, взвешенные вещества - 9, полный азот - 14,2, аммиак - 0,8, нитраты - 9,2, полный фосфор - 4,45, ортофосфаты - 3,15.

Среднее процентное уменьшение концентраций загрязняющих веществ в системе за двухлетний период изучения составляет: 48% для БПК, 83 % для взвешенных веществ, 51% для общего азота, 13% для общего фосфора, удаление патогенных организмов достигает 99,77 % (Healy, 2002).

Очистные системы вторичной и третичной очистки бытовых сточных вод, основанные на использовании элодеи, пригодны для использования в умеренном климате, где могут круглый год удалять биогенные элементы из сточных вод (Bishor Paul, 1989).

По результатам промышленно-экспериментальных исследований процесса очистки бытовых сточных вод с использованием водного

гиацинта в США, степень очистки по БПК₅ достигает 97-98% (McAnally, 1992).

В Китае водный гиацинт используется для очистки сточных вод кинофабрики от серебра (Чен Юаньгао, 1992). Установлено, что эффективность очистки воды от серебра, взвешенных веществ, соединений фосфора и азота, соответственно, составляла 100 %, 91 %, 53,9 %, и 92,9 %, при этом БПК и ХПК уменьшалась на 98,6 %, и 91 %. Предложенный метод позволяет отказаться от использования сорбционной очистки.

Австралийские ученые разработали способ очистки поверхностного стока от автомагистралей (Loyd, 2001). При очистке сточных вод чаще всего используют такие виды высших водных растений (ВВР), как камыш, тростник озерный, рогоз узколистный и широколистный, рдест гребенчатый и курчавый, спироделла многокоренная, элодея, водный гиацинт (эйхорния), касатик желтый, сусак, стрелолист обычный, гречиха земноводная, резуха морская, уруть, хара, ирис и пр.

4.3. Микроводоросль хлорелла, ее применение.

Относительно простая организация, большая скорость размножения, возможность культивирования в полностью контролируемых условиях, высокая пластичность метаболизма давно сделали хлореллу классическим объектом промышленного культивирования с целью создания на этой основе новой технологии получения препаратов для тонкой химии, медицины, парфюмерии,

сельского хозяйства, а также ферментов и других биологически активных веществ для научных целей.

В последние десятилетия работы по массовому культивированию хлореллы в ряде стран активизировались, причем данные физиолого-биохимических исследований свидетельствуют о перспективности ее как продуцента ценных природных соединений. По сравнению с обычными сельскохозяйственными растениями хлорелла имеет более высокий КПД усвоения солнечной энергии, способна к миксотрофному (смешанному) типу питания и эффективной утилизации света низкой интенсивности.

Полагают, что производство биомассы хлореллы экономически более выгодно, нежели получение белка микробиологическим путем, причем затраты на минеральные соли, применяемые для приготовления питательных сред, можно сократить, используя обычные минеральные удобрения либо отходы различных промышленных производств.

Хлорелла - активный продуцент белков, углеводов, липидов, витаминов, с легко регулируемым соотношением этих соединений при изменении условий культивирования: если при выращивании на обычных минеральных средах в ее сухой биомассе содержится 40—55% белка, 35% углеводов, 5-10% липидов и до 10% минеральных веществ, то при изменении концентрации компонентов среды можно получить биомассу следующего состава: 9-88% белка, 5-86% липидов, 6-38% углеводов [2].

В последнее время в сельском хозяйстве все чаще встает проблема необходимости внедрения ресурсосберегающих технологий содержания и кормления животных [1].

Одной из них является использование в качестве витаминно-кормовой добавки и профилактического средства против болезней биомассы хлореллы. Введение ее в виде суспензии в рацион скота и птицы позволяет в значительной мере заменить дорогостоящие витаминные и лекарственные препараты.

Хлорелла, растущая на среде, богатой азотом, накапливает преимущественно белок, при дефиците азота она синтезирует главным образом жиры и углеводы, добавление к среде глюкозы и ацетата приводит к повышению содержания каротиноидов и т.д.

Так как в белке хлореллы содержатся все незаменимые аминокислоты, его питательная ценность в 2 раза превосходит таковую для соевого белка. Если же сравнивать питательную ценность биомассы в целом, то окажется, что 1 кг ее равнозначен 4-5 кг сои. При добавлении 5-7 кг массы сухого вещества хлореллы к 1 т зерна его биологическая ценность увеличивается в 1,5 раза. По калорийности хлореллу можно приравнять к шоколаду, а ее белок равноценен белку сухого молока или мяса.

В Японии хлореллу добавляют в хлеб, кондитерские изделия, мороженое для обогащения их питательными веществами. А добавка к 10 частям муки 1 части смеси одноклеточных водорослей, в основном хлореллы, позволяет получать вареные и печеные продукты с улучшенными вкусовыми качествами и содержанием 22-29 г белка в 100 г продукта, что довольно много. На острове Тайвань хлореллу

выращивают уже более 20 лет, и ежегодный «урожай» массы сухого вещества водоросли составляет 1,5 тыс. т.

В Малайзии и на Филиппинах на пищевые цели расходуется более 500 т хлореллы в год [2, 4].

Хлореллу весьма успешно применяют в сельскохозяйственном - скотоводстве, свиноводстве, звероводстве, птицеводстве, пчеловодстве — в качестве пищевых добавок к рациону животных, а также для улучшения плодородия почв, увеличения всхожести семян, при силосовании кормов и т.д.

Введение суспензии хлореллы в рацион сельскохозяйственных животных сокращает до минимума падеж молодняка, способствует лучшему усвоению корма, увеличивает сопротивляемость организма к заболеваниям, что особенно важно при стойловом содержании скота на откормочных пунктах и в зимний период, является профилактическим средством против авитаминозных заболеваний, повышает привесы свиней, крупного рогатого скота, кроликов, птиц, увеличивает яйценоскость кур.

В рацион животных хлореллу можно добавлять в виде суспензии, пасты или сухой биомассы. Наиболее целесообразно использование суспензии, так как половина водорастворимых витаминов находится в среде. В птицеводстве применение хлореллы ведет к возрастанию привесов от 5 до 30%, более ранней оперяемости, повышению яйценоскости на 9-13%, массы яиц — на 11,5-14% и содержания каротина в них — в 1,5-2 раза, к увеличению количества витаминов А и Е в печени, снижает гибель цыплят в 3-4 раза.



Рис.13. Использование хлореллы в отраслях сельского хозяйства

При использовании хлореллы в животноводстве наиболее целесообразно скармливать ее в виде суспензии с содержанием нескольких граммов сухого вещества в 1 л.

Изучению кормовых достоинств хлореллы посвящено ряд исследований (Фишер и Барлью, 1953; Геогеген, 1954; Финк, 1955, и др.). Считают, что данная культура, в XXI веке займет ведущее положение в животноводстве. Она не только даст мощный толчок в развитии отрасли, но и благодаря своим уникальным свойствам позволит получить экологически чистую животноводческую продукцию. Ведь хлорелла вегетирует круглый год независимо от сезона года, а это означает, что животные не будут лимитированы в зеленых кормах.

В будущем масштабы выращивания животных на промышленной основе займут главенствующее положение. Зеленые корма растительного происхождения не вписываются в технологический

цикл при интенсивном выращивании животных. Тогда как хлореллу можно включать в кормовой рацион любого вида животных и птицы, не меняя индустриальную технологию кормления.

В птицеводстве особенно остро стоит проблема поражения птицы микотоксинами. Попадая в организм птицы с кормами, они приводят к заболеваниям и ее гибели. На Васильевской птицефабрике (Пензенская область) при применении суспензии хлореллы падеж цыплят-бройлеров на откорме уменьшился в 4 раза и составил менее 2 %. Таким образом, суспензия хлореллы позволяет получать качественную продукцию, не представляющую опасность для здоровья человека.

Хлорелла обладает бактерицидными свойствами благодаря содержанию в ней антибиотика хлореллина. Большую работу по изучению действия хлореллина провела Левина (1961, 1964). Высокую бактерицидность отмечают в своих работах Субботина и Титова (1961); Голлербах (1946). В их опытах водоросли оказались эффективными против кишечной палочки, бактерий дизентерии, возбудителей брюшного тифа, синегнойной палочки.

Указанные авторы определили, что активность хлореллина зависит от физиологического состояния водорослей: со второго и по 16-й день выращивания суспензии она возрастает, а затем ослабевает. Высокая биологическая активность штаммов (*Chlorellavulgaris* ИФР № С-111 и *Chlorellavulgaris* BIN) эффективно проявляется также при профилактике болезней, которые вызываются микотоксинами. Так, до 10 % от общего количества выращиваемых цыплят-бройлеров погибают от болезней, причем не от инфекционных или инвазионных,

которые не излечиваются антибиотиками или какими-то другими лекарствами.

Микотоксины в продуктах даже в остаточном количестве представляют опасность для здоровья человека. Поэтому он указал на необходимость разработки принципиально новых, более специфических к микотоксинам адсорбентов и считает, «что наиболее перспективным будет создание особых пробиотиков — микроорганизмов (бактерий, дрожжей), способных метаболизировать микотоксины в пищеварительном тракте птицы, превращая их в безвредные продукты».

Экономическая целесообразность использования различных добавок в рационах животных зависит от эффективности их применения. Накопленный опыт показывает, что применение хлореллы в качестве добавки к рациону экономически выгодно. Хлорелла позволяет сохранность поголовья довести до 99%, что связано с повышением иммунного статуса организма, который сохраняется на всю жизнь. Дальнейшая интенсификация промышленного развития животноводства без хлореллы не будет иметь успеха ни в наращивании потенциала отрасли, ни в ее экономической привлекательности, т.к. альтернативы хлорелле не имеется.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арутюнян Н.П. Культивирование одноклеточных зеленых водорослей. — Ереван, 1966.
2. Богданов Н.И. Хлорелла, расширение возможностей животноводства // Главный зоотехник. 2004. — № 5. — С. 3–5.
3. Богданов Н.И. Суспензия хлореллы в рационе сельскохозяйственных животных. — Пенза, 2006.
4. Богданов Н.И. Суспензия хлореллы в рационе сельскохозяйственных животных. — Пенза, 2-е изд. перераб. и доп., 2007. — 48 с.
5. Васютинский Ю.П., Шагоян Ф.С. Выращивание зеленых кормов на водно-минеральных растворах. — Кишинев, 1961. — 19 с.
6. Водолажченко С.А., Окатьев Е.В., Попова С.А. Выращивание и использование ряски: монография. — Великие Луки: Издательство ВГСХА, 2011. — 119 с.
7. Водолажченко С.А. О возможности круглогодичного выращивания ряски в искусственно создаваемых условиях // Агропромышленный комплекс: состояние и перспективы развития. — Великие Луки, 2005. — С. 71-73.
8. Водолажченко С.А. Обеспечение минерального питания растений и животных — одно из направлений решения экологического кризиса. // Концепция устойчивого развития и реалии современной жизни: Материалы экологической научно-технической конференции. Выпуск 10. — Великие Луки, 2005. — С. 218-222.

9. Гайсина Л.А., Фазлутдинова А.И., Кабиров Р.Р. Современные методы выделения и культивирования водорослей: учебное пособие. – Уфа: Изд-во БГПУ, 2008. – 152с.
10. Генкель П. А. Физиология растений. – Москва: Просвещение, 1975. – 335 с.
11. Горшенина Т.К. Экология растений. – Москва: Высшая школа, 1979. – 368 с.
12. Дикиева Д.М., Петрова И.А. Химический состав макрофитов и факторы, определяющие концентрацию минеральных веществ в высших водных растениях // Гидробиологические процессы в водоемах / Под ред. И.М. Распопова. — Л.: Наука, 1983. — С. 107-213.
13. Дин Яньхуа. Исследование образцового проекта системы очистки сточных вод на увлажненных землях с зарослями тростника // Chim. J. Environ. Sci. - 1992. - 13, № 2.- Р. 8-13.
14. Дмитриева Н.Г., Эйнон Л.О. Роль макрофитов в превращении фосфора в воде // Вод. Рес. - 1985. - № 5. - С. 101-110.
15. Зухрабова Л.М., Алимов А.М. Применение суспензии хлореллы и «Хлорофитоовит» цыплятам // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2014 №1 С. 25-27.
16. Зухрабова Л.М., Алимов А.М. Определение токсичности «Хлорофитовит» на лабораторных животных // Ветеринарный врач. 2014.- №3.- С.12-16.
17. Капустин Н.К. Культивирование хлореллы и использование ее при откорме свиней в условиях БССР. Автореф. канд. дисс. — Тарту, 1984.

18. Короткевич Л.Г. К вопросу использования водоохранно-очистных свойств тростника обыкновенного // Вод. Рес. - 1976. - № 5. - С. 198-204.
19. Ладыженский В.Н., Саратов И.Е. Защита водных объектов от загрязнения поверхностным стоком с территории полигонов ТБО // 1-я конференция с международным участием «Сотрудничество для решения проблемы отходов».- 2004.- Харьков.
20. Лакомство для птицы // Птицеводство. – 2001. – № 4. – С. 61.
21. Лукина Г. А. Вполне съедобная ряска // Химия и жизнь. – 1977. – № 7. – С. 58-59.
22. Лукьянов В.А. Экологически безопасная продукция на основе микроводоросли хлореллы / Агропромышленный комплекс: контуры будущего (материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых).-Курск Изд-во Курская ГСХА, 2012.-ч.1.-С.162-164.
23. Лукьянов В.А., Стифеев А.И. Роль микроводорослей в растениеводстве. Экологическая безопасность региона (материалы V Международной научно-практической конференции).-Брянск: Изд-во «РИО БГУ», 2012.-С.219-222.
24. Лукьянов В.А., Стифеев А.И. Горбунова С.Ю. Научно обоснованное культивирование микроводорослей/ Теоретический и научно-практический журнал «Вестник».-Курск: Изд-во Курская ГСХА.-№9 , 2013.-С.55-57.
25. Мельников С.С., Мананкина Е.Е. Хлорелла: физиологически активные вещества и их использование. — М., 1991.

26. Музафаров А.М., Таубаев Т.Т. Хлорелла (Методы массового культивирования и применения). — Ташкент, 1974.
27. Музафаров А.М., Шаияхметов Р.Г. Профилактика нарушений обмена веществ и незаразных болезней молодняка с.-х. животных //КГАВМ, 1998., С 3-7.
28. Нетрадиционные корма в рационах сельскохозяйственных животных / Я. Бер-та, Г. Бергер, Я. Бучко [и др.]; пер. со словац. и предис. Э. Г. Филипович. — М. : Колос, 1984. — 272 с.
29. Окатьев Е.В. Характеристика, биологические особенности, возможность выращивания ряски //Известия Великолукской ГСХА.- 2021.- №4.- С. 18-28.
30. Пири Н. У. Белки из листьев зеленых растений. Пер. с англ. и предис. Р. Ф. Кивкуцана. — М. : Колос, 1980. — 192 с.
31. Попков А.А. Неотложные проблемы агропромышленного комплекса Республики // Весці НАН Б еларусі. Сер. аграрных навук. №3, 2007. С. 5-15.
32. Сальникова М.Я. Хлорелла-новый вид корма.- М; «Колос», 1977
33. Сиренко Л.А., Сакевич А.И., Осипов Л.Ф., Лукина Л.Ф., Кузьменко М.И. Методы физиолого-биохимического исследования водорослей в гидробиологической практике// Издательство «Наукова Думна». — Киев, 1975. — С. 5—18.
34. Смирнова Н.Н. Эколого-физиологические особенности корневой системы прибрежноводной растительности // Гидробиол. Журн. - 1980. - 26, № 3. - С. 60-69.

35. Смоляр В. И. Рациональное питание. – Киев : Наукова думка, 1991. – 368 с.
36. Стольберг В.Ф., Ладыженский В.Н., Спирин А.И. Биоплато - эффективная малозатратная экотехнология очистки сточных вод // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. - 2003. - № 3. - С. 32-34.
37. Тимофеева С.С. Биотехнология обезвреживания сточных вод // Хим. и технол. Воды. — 1995. — 17, № 5. — С. 525-532.
38. Ткачев И.Ф. Хлорелла – стимулятор роста животных // Вестник с.-х. наук, №4, 1966г., С 4-6.
39. Чен Юаньгао, Дай Цюаньюй, Пи Юй, Чжан Хан. Исследование условий роста водного гиацинта в серебросодержащих сточных водах и определение предела безвредного для него содержания серебра в таких водах // J. Ecol. - 1992. - 11, № 2. – Р. 30-35.
40. Шацких Е.В., Гафаров Ш.С., Бояринцева Г.Г., Сафронов С.Л.. Использование кормовых добавок в животноводстве.- Екатеринбург, 2006.
41. Blankenberg A.-G.B., Braskerud B.C. «LIERDAMMEN » — a wetland testfield in Norway. Retention of nutrients, pesticides and sediments from a agriculture runoff: Diffuse Pollut. Conf., Dublin, 2003.
42. Bishor Paul L., Eighmy T. Tayler. Aguatic wastewater treatment using Elodea nuttallii // Water Pollut. Contr. Fed. — 1989. — 61, N 5. — Р. 641-663.

43. Dawson G.F., Loveridge R.F., Bone D.A. Grop production and sewage treatment using gravel bed hydroponic erridation // Ibid. - 1989. – 21.- № 2.- P. 57-64.
44. Dunbabin J.S., Bowner K.H. Potential use of constructen wetlands for treatment of industrial wasterwaters containing mettals // Sci. Total. Environ. - 1992.- 111, № 2/3. - P. 56-60.
45. Gersberg R.M., ElkinsB.V., Lyon S.R., Goldman C.R. Role of Aquatic Plants in Wastewater Treatment by Artificial Wetlands // Water Res. - 1986. - 20, № 3. - P. 363-368.
46. Gleichman-Verheyc E.G., Putten W.H., Vander L. Alvalwaterzuvering met helofytenfilters, een haalbaarheidsstudie // Tijdschr. watervoorz. en. afvalwater.- 1992. - 25, № 3. - P. 56-60.
47. Hosokova Yasuschi, Miyoshi Eiich, Fukukawa Keita. Характеристика процесса очистки прибрежных вод тростниковыми зарослями // Rept. Part and Harbour. Res. Inat. - 1991. - 30, № 11. - P. 206-257.
48. Hadlington Simon. An interestind reed // Chem. Brit. - 1991.- 27, № 4.- P. 229.
49. Healy A., Cawleyb M. Nutrient Processing Capacity of a Constructed Wetland in Western Ireland // J. Environ. Quality. - 2002.- № 31.- P. 1739-1747.
50. Lloyd S.D., Fletcher T.D., Wong T.H.F., Wootton R.M. (Australia). Assessment of Pollutant Removal Performance in a Bio-filtration System: Preliminary Results, 2nd South Pacific Stormwater Conf.; Rain the Forgotten Resource, 2001, Auckland, New Zealand. - P. 20-30.

51. McAnally A.S., Benefield J.D. Use of constructed water hyacinth treatment systems to upgrade small flow municipal wastewater treatment // J. Environ. Sci and Health. - 1992. - 27, № 3. - P. 903-927.
52. Samkaram Unni K., Philip S. Heavy metal uptake and accumulation by *Thypha angustifolia* from wetlands around thermal power station // Int. J. Ecol. and Environ. Sci. - 1990. - 16, № 2/3. - P. 133-144.
53. Seidel K. Gewässerreinigung durch höhere Pflanzen // Garten und Landschaft. - 1978.- 88, № 1. - P. 9-17.

ПРИЛОЖЕНИЯ



**Знакомство с проектом Рустамовой в Молодежном технопарке
"Нукус" 30-март 2023 год**



**Знакомство с проектом
Рустамовой в Молодежном технопарке "Нукус"**



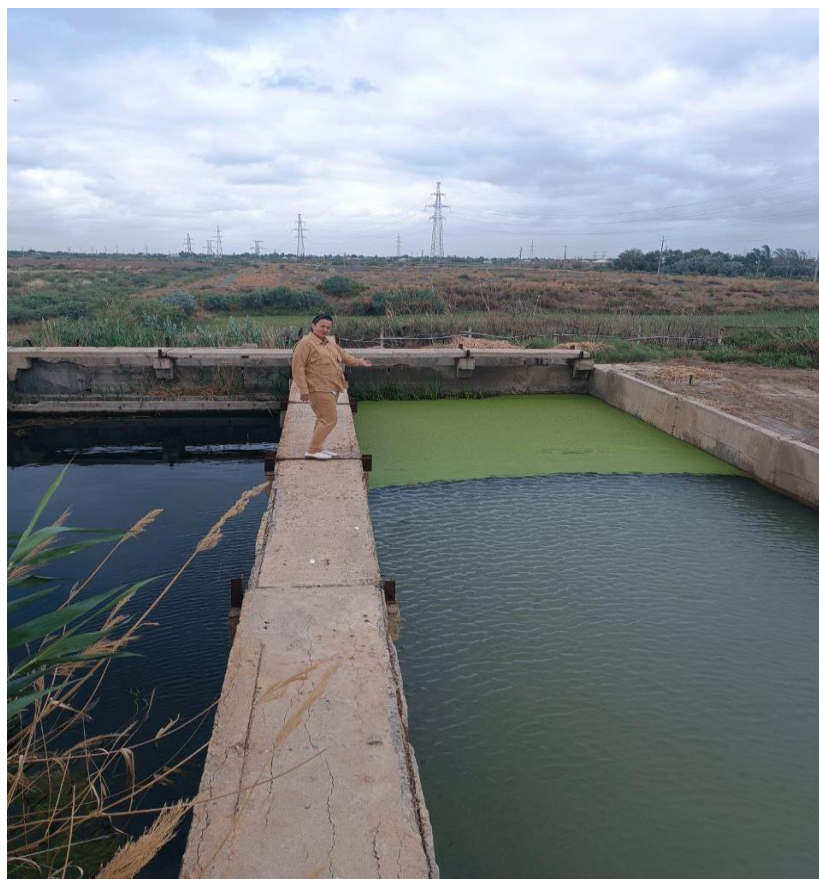
Инновационное изобретение лидер значок 2023 год



Во время работ по культивированию ряски



Участие в Выставке Инновационных разработок



**Во время научно-исследовательских работ
на опытном участке**



Стажировка и обмен опытом



**Готовая продукция для использования в сельском хозяйстве
республики**



**Во время научно-исследовательских работ
на опытном участке**



Выступление с докладом на Выставке Инновационных разработок в Хорезмской Академии наук



Во время научно-исследовательских работ на опытном участке



**Во время научно-исследовательских работ
на опытном участке**