

**Национальная академия наук Кыргызской Республики  
Институт биологии**

**Ыссык-Кульский государственный университет  
им. К. Тыныстанова**

Диссертационный совет Д 03.24.693

На правах рукописи  
**УДК 628.631.873:636**

**Раимбеков Каныбек Тургунович**

**Экологическая оценка использования высших водных растений  
для интенсификации биологической очистки сточных вод**

03.02.08 - экология

**Автореферат**  
диссертации на соискание ученой степени  
доктора биологических наук

**Бишкек-2024**

Работа выполнена на кафедре экологии и охраны окружающей среды  
Ошского технологического университета им. М. М. Адышева.

**Официальные  
оппоненты:**

**Канаев Ашимкан Токтасынович,**  
доктор биологических наук, профессор, профессор  
кафедры биоразнообразия и биоресурсов Казахского  
национального университета им. аль-Фараби, г. Алматы

**Худайбергенова Бермет Мерлисовна**  
доктор биологических наук, профессор, член-  
корреспондент Национальной академии наук Кыргызской  
Республики, главный ученый секретарь НАН КР

**Мамбетуллаева Светлана Мирзамуратовна**  
доктор биологических наук, профессор, директор  
Каракалпакского научно-исследовательского института  
естественных наук Академии наук Республики  
Узбекистан, г. Нукус

**Ведущая организация:** Национальный университет Узбекистана имени  
Мирзо Улугбека, кафедра экологии (700174, Республика Узбекистан, г. Ташкент,  
ул. Университет 4)

Защита диссертации состоится 27 июня 2024 г. в 15.00 часов на  
заседании диссертационного совета Д 03.24.693 по защите диссертаций на  
соискание ученой степени доктора (кандидата) наук при Институте биологии  
Национальной академии наук Кыргызской Республики и Ыссык-Кульском  
государственном университете им. К. Тыныстанова по адресу: 720071, г. Бишкек,  
проспект Чуй, 265.

Ссылка трансляции защиты диссертации: <https://vc.vak.kg/b/032-lvf-co3-zie>

С диссертацией можно ознакомиться в Центральной библиотеке  
Национальной академии наук Кыргызской Республики (г. Бишкек, пр. Чуй, 265а),  
в библиотеке Ыссык-Кульского государственного университета им. К.  
Тыныстанова (г. Каракол, ул. Тыныстанова, 26), и сайте НАК ПКР: <https://vak.kg/>

Автореферат разослан 27 мая 2024 года.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
кандидат биологических наук

К. Д. Бавланкулова

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы диссертации.** Сфера применимости биологической очистки с использованием высших водных растений очень широкая. Недостаточное количество научных данных об экологических особенностях высших водных растений, необходимых для обеспечения соответствия эксплуатационных показателей расчетным проектным значениям, является одним из препятствий в ее использовании. К настоящему времени присутствуют данные о количественном содержании в тканях растений загрязняющих веществ и изучены многие вопросы о влиянии различных веществ на высшие водные растения (включая тяжелые металлы, нефть, пестициды, фенолы и др.). Вопрос о допустимых объемах выбросов химических веществ разрабатывается активно [О. А. Арафеева, 2010; М. Н. Карагандина, 2015; А. В. Бардюкова, 2019].

В условиях рыночной экономики, учитывая, природно-географические условия Кыргызской Республики следует вновь обратить внимание на простой, эффективный, надежный и дешевый способ биологической очистки сточных вод в биопрудах, который применим в первую очередь для очистки сточных вод малых населенных пунктов, небольших городов, поселков городского типа, животноводческих комплексов и некоторых видов промышленных предприятий [К. Ш. Абжамилев, 2003; А. А. Боронбаева, 2007; А. А. Токоев, 2014].

Следует отметить, что к настоящему времени далеко не полностью исчерпаны возможности методов биологической очистки сточных вод. Повышение технико-экономических показателей этого способа обработки при широких масштабах его применения позволит дать значительный экономический эффект народному хозяйству. В связи с этим актуальность проблемы интенсификации процессов биологической очистки несомненна [О. А. Гвирцева, 2009; И. И. Иваненко, 2019].

Имеются количественные данные о концентрациях загрязняющих веществ, которые способны аккумулировать определенные виды высших водных растений, и доказана способность высших водных растений снижать концентрации загрязняющих веществ в водных системах [Е. А. Соломонова, 2009; А. Ф. Сокольский, 2019].

В научной литературе практически отсутствуют данные о допустимых нагрузках загрязняющих веществ на высшие водные растения, то есть о допустимой массе загрязняющих веществ, поступающих в систему в интервал времени, отнесенной к единице объема системы и приходящейся на единицу массы высших водных растений. Недостаточно сведений о закономерностях

изъятия солей азота и фосфора высшими водными растениями в зависимости от технологических параметров и использовании их в технологии биологической очистки сточных вод. Отсутствует информация об использовании высших водных растений в климатических условиях Кыргызстана и обоснование подбора высших водных растений и технологий. Возникает необходимость получения информации об устойчивости различных видов высших водных растений к загрязняющим веществам.

В связи с этим проведенные исследования по разработке методов и технологий биологической очистки с использованием высших водных растений имеют большое теоретическое и практическое значение и указывают на актуальность проведения данной диссертационной работы.

**Связь темы диссертации с крупными научными программами, основными научно-исследовательскими работами, проводимыми научными учреждениями.** Тема диссертационной работы является инициативной.

**Цель исследования.** Разработка теоретических и прикладных основ технологии и способов интенсификации работы сооружений биологической очистки животноводческих комплексов с использованием высших водных растений, позволяющих повысить их технико-экономическую эффективность и экологическую безопасность.

**Задачи исследования:**

1. Определить оптимальную концентрацию сточных вод животноводческих комплексов крупного рогатого скота, птицефабрик и свинокомплексов для культивирования высших водных растений.
2. Исследовать влияние первоначальной плотности маточных культур на продуктивность высших водных растений.
3. Изучить продуктивность водных растений в климатических условиях юга Кыргызстана.
4. Исследовать влияние сбора прироста биомассы на урожайность высших водных растений.
5. Определить предельно допустимые концентрации воздействия в условиях однократных и периодически повторяющихся добавок поверхностно-активных веществ додецилсульфата натрия и поверхностно-активных веществ смесового препарата «Аист» на высшие водные растения.
6. Дать экологическую оценку влияния высших водных растений на физические свойства и химический состав сточных вод животноводческих комплексов крупного рогатого скота, птицефабрик и свинокомплексов.
7. Изучить влияние высших водных растений на качественный и количественный состав микроорганизмов, водных грибов.

**Научная новизна полученных результатов.** В работе обосновано новое научное направление, обеспечивающее квалифицированный выбор технологии очистки сточных вод животноводческих комплексов крупного рогатого скота, свинокомплексов и птицефабрик, содержащих токсичные органические вещества с использованием высших водных растений.

Экспериментально обоснованы оптимальные концентрации сточных вод животноводческих комплексов крупного рогатого скота, свинокомплексов и птицефабрик для культивирования изученных видов высших водных растений. Исследовано влияние первоначальной плотности на урожайность высших водных растений.

Изучена продуктивность высших водных растений в разные времена года в климатических условиях юга Кыргызстана. Установлено влияние сбора прироста биомассы на урожайность высших водных растений.

Экспериментально исследованы предельно допустимые концентрации поверхностно-активных веществ, таких как додецилсульфат натрия и смесового препарата «Аист», на высшие водные растения в условиях однократных и периодически повторяющихся добавок.

Впервые в условиях юга Кыргызстана проведена экологическая оценка воздействия высших водных растений на физические свойства и химический состав сточных вод животноводческих комплексов и птицефабрик.

Проведены микробиологические и микологические исследования сточных вод животноводческих комплексов крупного рогатого скота, свинокомплексов и птицефабрик до и после культивирования изученных видов высших водных растений.

**Практическая значимость полученных результатов.** В промышленных условиях апробированы и подтверждены результаты научных исследований на лабораторных и пилотных установках, что позволило внедрить обобщенный качественный состав сточных вод животноводческих комплексов крупного рогатого скота, свинокомплексов, птицефабрик и предложенную технологию очистки стоков в биологических прудах с использованием высших водных растений.

Разработанные технологии биологической очистки позволяют сократить объемы биологических прудов до 25 %, затраты на доочистку очищенных сточных вод до 20 % (акт внедрения Ошского регионального управления Министерства природных ресурсов, экологии и технического надзора Кыргызской Республики от 10. 01. 2024 г.; 23. 01. 2024 г.).

Выявленные в данном исследовании количественные показатели устойчивости высших водных растений к поверхностно активным веществам додецилсульфата натрия и смесового препарата «Аист» вносят вклад в

информацию для более обоснованного применения и могут быть использованы при разработке, планировании и внедрении очистки и доочистки водных объектов.

#### **Основные положения диссертации, выносимые на защиту:**

1. Оптимальные концентрации сточных вод животноводческих комплексов крупного рогатого скота, свинокомплексов и птицефабрик для культивирования высших водных растений.

2. Теоретические и экспериментальные исследования влияния первоначальной плотности на урожайность высших водных растений.

3. Сезонная продуктивность высших водных растений в условиях юга Кыргызстана.

4. Влияние сбора прироста биомассы на урожайность высших водных растений, используемых в технологии очистки сточных вод.

5. Методы выявления предельно допустимых концентраций поверхностно активного вещества додецилсульфата натрия и смесового препарата Аист на высшие водные растения в условиях однократного и периодического внесения.

6. Физические свойства и химический состав сточных вод животноводческих комплексов крупного рогатого скота, птицефабрик и свинокомплексов до и после культивирования высших водных растений.

7. Микробиологический и микологический состав сточных вод животноводческих комплексов крупного рогатого скота, свинокомплексов и птицефабрик до и после культивирования высших водных растений.

**Личный вклад диссертанта** заключается в разработке плана исследования, его целей и задач, в выполнении основных этапов диссертационной работы, обобщении и интерпретации данных собственных исследований, написании научных статей и диссертационной работы.

**Апробации результатов диссертации.** Основные положения, изложенные в диссертационной работе, рассмотрены и обсуждены на: Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы ботаники и экологии, г. Харьков, 27 ноября 1996 года (Харьков, 1996); Международной научно-практической конференции «V<sup>th</sup> Plant Life in South-West and Central Asia Symposium Tashkent, г. Ташкент 22-24 июня 1998 года (Ташкент, 1998); Международной научно-практической конференции «Современные проблемы биологии и экологии, г. Самарканд, 5-8 июня 2002 года (Самарканд, 2002); Республиканской научно-практической конференции «Экология и природные ресурсы Тянь-Шаня, г. Ош, 16-19 июня 2002 года (Ош, 2002); Республиканской научно-практической конференции «Современные проблемы геологии, экологии, природопользования,

технологии и образования, г. Чолпон-Ата, 22-24 января 2005 года (Ош, 2005); Республиканской научно-практической конференции «Актуальные вопросы социально-экономического развития Южного региона Кыргызской республики в условиях рыночных отношений, г. Ош, 23-24 января 2006 года (Ош, 2006); Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы инженерной техники и современных технологий, г. Ош, 12-14 марта 2008 года (Ош, 2008); Международной научно-практической конференции «Наука вчера, сегодня, завтра, г. Новосибирск, 15-18 мая 2016 года (Новосибирск, 2016); I Международном конгрессе тюркских народов по естественным наукам и медицине, г. Ош, 5-8 октября 2019 года (Ош, 2019).

**Публикации результатов диссертации.** Основные научные результаты диссертации отражены в 43 научных статьях, из них 2 в научных изданиях, индексируемых системой «Scopus», 18 - в научных изданиях, вошедших в перечень рецензируемых научных периодических изданий, утвержденных Национальной аттестационной комиссией при Президенте Кыргызской Республики, 10 статей - в научных изданиях, индексируемых в системах РИНЦ с импакт-фактором не менее 0,1 и научная монография.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, обзора литературы, методологии и методов исследования и 3-х глав, результатов собственных исследований, заключения, практических рекомендаций, списка использованных источников и приложений. Работа изложена на 236 страницах, иллюстрирована 18 рисунками (в том числе диаграммы, схемы), 26 таблицами. Библиографический указатель содержит 254 источников русскоязычных и иностранных авторов, включает собственные публикации соискателя.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** обоснованы актуальность избранной темы исследования, определяются объект и предмет исследования; представлены цель, задачи исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, основные положения, выносимые на защиту.

**Глава 1. «Обзор литературы».** Дается обзор исследований по физико-химическим свойствам белковых систем. Рассматриваются критерии обеззараживания воды и их взаимосвязь с возможностями разработок перспективных технологий в этой области, методы биологической очистки сточных вод, возможности использование высших водных растений в практике очистки сточных вод и поверхностного стока.

**Глава 2. «Методология и методы исследований».**

**Объект исследования.** Представители полностью погруженных укореняющихся водных растений – *Vallisneria spiralis* L., *Potamogeton crispus* L., *Elodea canadensis* Michx., представители макрофитов, свободно плавающих на поверхности воды – *Eichhornia crassipes* Solms., *Azolla caroliniana* Willd.

**Предмет исследования.** Фиторемедиация сточных вод животноводческих комплексов крупного рогатого скота, свинокомплексов и птицефабрик.

**Методы исследования:** экспериментально-полевые и лабораторные исследования, производственная проверка.

Для проведения экспериментального исследования по изучению снижения содержания солей азота и фосфора с использованием высших водных растений в процессе биологической очистки сточных вод использовали эмпирический подход.

Химическое потребление кислорода определяли фотометрическим методом [ГОСТ 31859-2012]. Биохимические потребности в кислороде определяли йодометрическим методом.

При определении нитритов использовали фотометрический метод с использованием сульфаниловой кислоты при массовой концентрации от 0,003 до 0,3 мг/дм<sup>3</sup> без разбавления пробы. Нитраты определены фотометрическим методом, но с использованием салициловокислого натрия при массовой концентрации от 0,1 до 2,0 мг/дм<sup>3</sup> без разбавления пробы. При необходимости определения более высоких концентраций пробу разбавляли, но не более чем в 100 раз. При выявлении допустимых нагрузок загрязняющих веществ на биосистему с высшими водными растениями в качестве воздействующих веществ применяли поверхностно - активные вещество додецилсульфат натрия, а также поверхностно активные вещества, содержащиеся в смесовом препарате «Аист».

Выбор воздействующих веществ был обусловлен тем, что синтетические поверхностно активные вещества внесены в регистр потенциально опасных химических и биологических веществ.

Для занесения и хранения числовых значений измерений использовали компьютерное программное обеспечение: Microsoft Office Professional – Microsoft Excel.

**Благодарности.** Значительная помощь и поддержка в проведении исследований оказана д. б. н., проф. Р. Ш. Шоякубовым. Постоянную помощь и поддержку в процессе работы оказывал коллектив кафедры экологии и охрана окружающей среды ОшТУ им. М. М. Адышева и кафедры биологии, химии и природопользования ОшГПУ им. А.Мырсабекова.

**Глава 3. Разработка экологически эффективных методов массового культивирования высших водных растений в сточных водах**



**животноводческих комплексов и птицефабрик.** Рассмотрены вопросы перспектив использования изученных видов высших водных растений, для доочистки сточных вод животноводческих комплексов крупного рогатого скота, свинокомплексов и птицефабрик.

**3.1. Разработка методов массового культивирования высших водных растений на сточной воде животноводческих комплексов крупного рогатого скота.** Методы массового культивирования высших водных растений в сточных водах животноводческих комплексов крупного рогатого скота на больших площадях пока не разработаны.

Известно, что продуктивность водных растений в культуре зависит от состава и концентрации питательной среды. В связи с этим предварительно в лабораторных условиях были проведены ряд опытов с целью подобрать наиболее подходящую концентрацию сточных вод (рисунок 3.1.1).

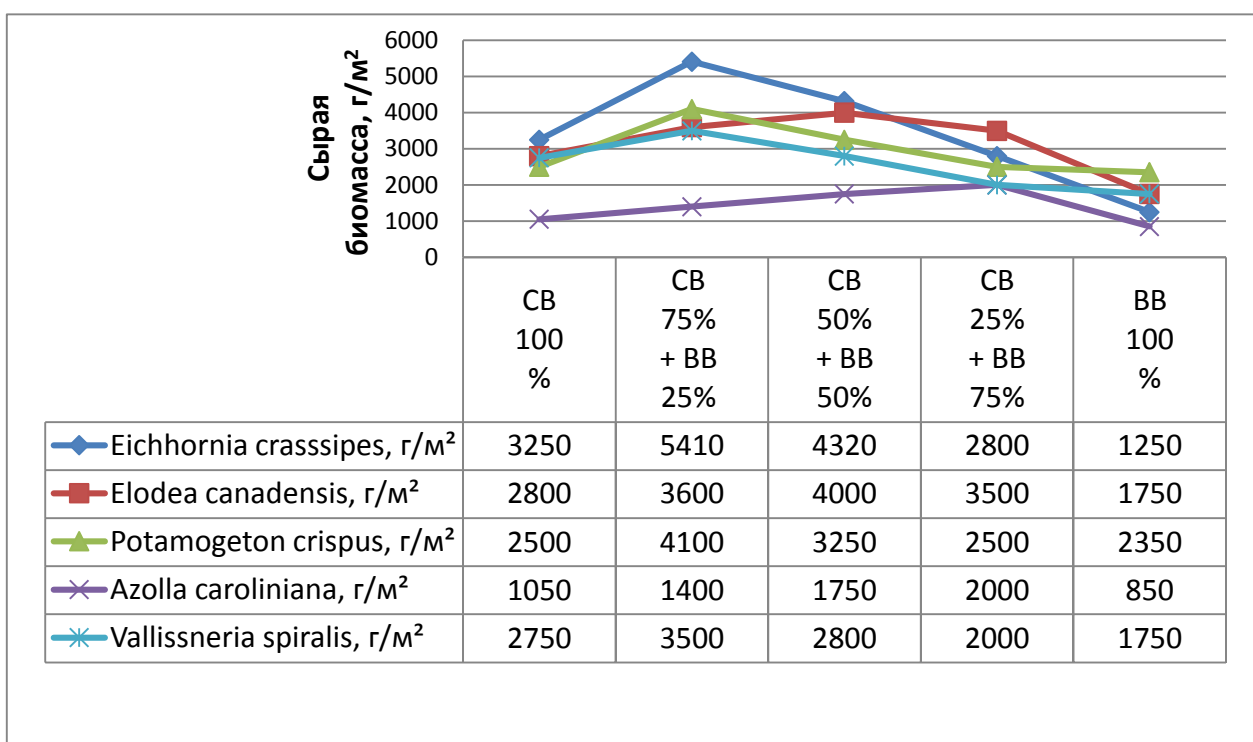


Рисунок 3.1.1 - Подбор оптимальной концентрации сточных вод крупного рогатого скота для культивирования ВВР. Плотность маточной культуры 1000 г/м². **Примечание:** СВ – сточная вода; ВВ – водопроводная вода

Наши опыты показали, что для культивирования *Eichhornia crassipes*, *Potamogeton crispus* и *Vallisneria spiralis* в сточной воде животноводческих комплексов крупного рогатого скота лучшей средой считается сточная вода (СВ) 75 % + водопроводная вода (ВВ) 25 %. При этом прирост сырой биомассы составлял 5410 г/м², 4100 г/м² и 3500 г/м². Для выращивания *Elodea canadensis* СВ 50 % + ВВ 50 % (прирост сырой биомассы 4000 г/м²). *Azolla caroliniana* лучше растет в среде, где СВ 25 % + ВВ 75 %. Прирост сырой биомассы

составляет 2000 г/м<sup>2</sup>.

По нашим наблюдениям, интенсивный рост высших водных растений зависит не только от характера и состава питательных сред, но и от первоначальной плотности маточных культур.

Проведен ряд экспериментов для изучения влияния плотности посева на урожайность водных растений. В период опыта температура воздуха колебалась в пределах 25 – 35° С, температура воды 18 -25° С, рН 6,5 – 7. Опыт продолжался 9 дней (таблица 3.1.1).

Таблица 3.1.1 - Влияние плотности посева на урожайность высших водных растений (среда - сточная вода крупного рогатого скота)

№	Плотность маточной культуры, г/м <sup>2</sup>	В конце опыта (через 9 суток)			Средний прирост сырой биомассы в конце опыта	
		Сырая биомасса, г/м <sup>2</sup>	Прирост в сутки			
			г/м <sup>2</sup>	%	г/м <sup>2</sup>	%
1	2	3	4	5	6	7
<i>Eichhornia crassipes</i> (среда - СВ 75% + ВВ 25%)						
1	1000	2326,0	147,3	14,7	1326,0	132,6
2	2000	4774,0	308,2	15,4	2774,0	138,7
3	3000	7755,0	528,3	17,6	4755,0	158,5
4	4000	8525,0	502,7	12,6	4525,0	113,1
5	5000	8970,0	441,1	8,8	3970,0	79,4
6	6000	9750,0	416,7	6,9	3750,0	62,5
<i>Azolla caroliniana</i> (среда - СВ 25% + ВВ 75%)						
1	500	1065,5	62,8	12,6	565,5	113,1
2	600	1297,2	77,5	12,9	697,2	116,2
3	700	1547,0	94,1	13,4	847,0	121,0
4	800	1820,0	113,3	14,2	1020,0	127,5
5	900	1605,2	78,4	8,7	705,2	78,4
6	1000	1550,7	61,2	6,12	550,7	55,1
<i>Elodea canadensis</i> (среда - СВ 75% + ВВ 25%)						
1	1000	2428,0	158,7	15,9	1428,0	142,8
2	2000	5046,0	338,4	16,9	3046,0	152,3
3	3000	5677,5	297,5	9,9	2677,5	89,3
4	4000	6535,3	281,7	7,0	2535,3	63,4
5	5000	7467,8	274,2	5,5	2467,8	49,4
6	6000	8266,2	251,8	4,2	2266,2	37,8
<i>Potamogeton crispus</i> (среда - СВ 75% + ВВ 25%)						
1	1000	2282,0	142,4	14,2	1282,0	128,2
2	2000	4750,0	305,6	15,3	2750,0	137,5
3	3000	7464,0	496,0	16,5	4464,0	148,8
4	4000	8405,5	489,5	12,2	4405,5	110,1
5	5000	8691,8	410,2	8,2	3691,8	73,8
6	6000	9387,6	376,4	6,3	3387,6	56,5

Продолжение таблицы 3.1.1

1	2	3	4	5	6	7
<i>Vallisneria spiralis</i> (среда - СВ 50% + ВВ 50%)						

1	1000	2184,0	131,6	13,2	1184,0	118,4
2	2000	4706,0	300,7	15,0	2706,0	135,3
3	3000	7206,0	467,3	15,6	4206,0	140,2
4	4000	9828,0	647,6	16,2	5828,0	145,7
5	5000	9185,0	465,0	9,3	4185,0	83,7
6	6000	9696,3	410,7	6,8	3696,3	61,6

Наши опыты показали, что оптимальная плотность *Eichhornia crassipes* и *Potamogeton crispus* для культивирования в сточных водах крупного рогатого скота 3000 г/м<sup>2</sup>. При этом средний прирост сырой биомассы в конце опыта составляет 4755,0 (158,5%) и 4464 г/м<sup>2</sup> (148,8%). Для *Elodea canadensis* 2000 г/м<sup>2</sup>, прирост биомассы составляет 3046 г/м<sup>2</sup>. *Vallisneria spiralis* лучше растет при плотности маточной культуры 4000 г/м<sup>2</sup>. Прирост сырой биомассы составляет 145,7%.

При плотности 3000–5000 г/м<sup>2</sup> рост вышеназванных растений задерживается. Следовательно, уменьшается и накопление биомассы с единицы площади. Это объясняется недостаточностью солнечного освещения для фотосинтеза как следствие взаимного затенения листостеблей в плотных культурах.

Установлено, что 800 г/м<sup>2</sup> биомассы считается оптимальной для выращивания *Azolla caroliniana* в сточных водах крупного рогатого скота и в конце опыта прирост биомассы увеличивается до 1020 г/м<sup>2</sup>. При плотности 900-1000 г/м<sup>2</sup> рост снижается.

**3.2. Разработка методов массового культивирования высших водных растений на сточной воде птицефабрик.** Изучения методов массового культивирования высших водных растений в сточных водах птицефабрик показал, что для *Elodea canadensis* оптимальной средой считается СВ 75% + ВВ 25%. При этом максимальный прирост сырой биомассы в конце опыта составлял 4750 г/м<sup>2</sup>. Интенсивный рост *Eichhornia crassipes*, *Potamogeton crispus* и *Azolla caroliniana* наблюдается при культивировании на сточной воде при концентрации СВ 50% + ВВ 50%. Прирост сырой биомассы составляет 5950, 5000 и 3000 г/м<sup>2</sup>.

Лучший рост *Vallisneria spiralis* и *Azolla caroliniana* наблюдался в среде СВ 25% + ВВ 75%. Прирост сырой биомассы при плотности маточной культуры 1000 г/м<sup>2</sup> составлял 4500 и 4250 г/м<sup>2</sup> (рисунок 3.2.1).

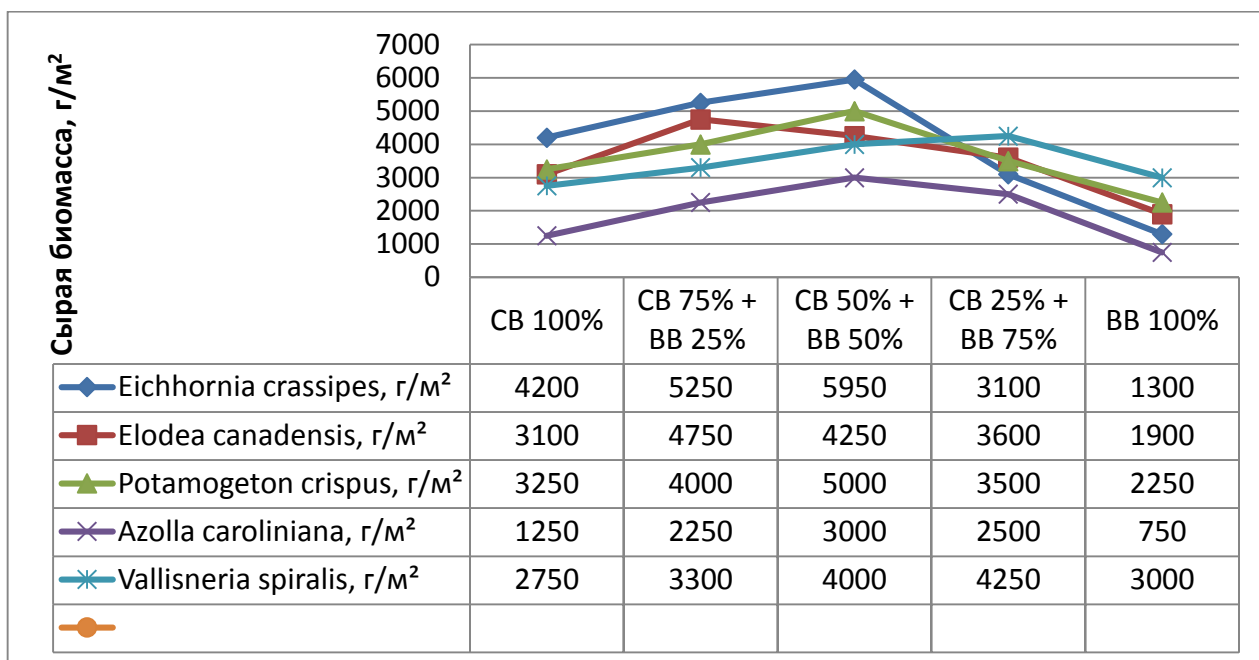


Рисунок 3.2.1 - Подбор оптимальной концентрации сточных вод птицефабрик для культивирования высших водных растений.

Начиная с 2006 года начали детально изучать влияние плотности маточных культур на продуктивность высших водных растений (таблица 3.2.1).

Таблица 3.2.1 - Влияние плотности посева на урожайность высших водных растений (среда сточных вод птицефабрик)

№	Плотность маточной культуры, г/м <sup>2</sup>	В конце опыта (через 9 суток)			Средний прирост сырой биомассы в конце опыта	
		Сырая биомасса, г/м <sup>2</sup>	Прирост в сутки			
				г/м <sup>2</sup>	%	г/м <sup>2</sup>
1	2	3	4	5	6	7
<i>Eichhornia crassipes</i> (среда CB 50% + BB 50%)						
1	1000	2602,0	178,0	17,8	1602,0	160,2
2	2000	6063,5	451,5	22,6	4063,5	203,2
3	3000	6714,3	412,7	13,8	3714,3	123,8
4	4000	7604,3	400,5	10,0	3604,3	90,1
5	5000	8489,3	387,7	7,8	3489,3	69,8
6	6000	8792,7	310,3	5,2	2792,7	46,5
<i>Azolla caroliniana</i> (среда CB 50% + BB 50%)						
1	500	1022,0	58,0	11,6	522,0	104,4
2	600	1312,8	79,2	13,2	712,8	118,8
3	700	1689,1	109,9	15,7	989,1	141,3
4	800	2110,4	145,6	18,2	1310,4	163,8
5	900	2157,3	139,7	15,5	1257,3	139,7
6	1000	1882,0	98,0	9,8	882,0	88,2
<i>Elodea canadensis</i> (среда CB 75% + BB 25%)						
1	1000	2242,0	138,0	13,8	1242,0	124,2
2	2000	5366,0	374,0	18,7	3366,0	168,3

Продолжение таблицы 3.2.1

1	2	3	4	5	6	7
3	3000	8481,0	609,0	20,3	5481,0	182,7
4	4000	8936,5	548,5	13,7	4936,5	123,4
5	5000	8849,3	427,7	8,6	3849,3	77,0
6	6000	9559,5	395,5	6,6	3559,5	59,3
<i>Potamogeton crispus</i> (среда СВ 50% + ВВ 50%)						
1	1000	2143,0	127,0	12,7	1143,0	114,3
2	2000	4844,0	316,0	15,8	2844,0	142,2
3	3000	7887,0	543,0	18,1	4887,0	162,9
4	4000	7757,5	417,5	10,4	3757,5	93,9
5	5000	8588,3	398,7	8,0	3588,3	71,8
6	6000	8793,6	310,4	5,2	2793,6	46,6
<i>Vallisneria spiralis</i> (среда СВ 25% + ВВ 75%)						
1	1000	1837,0	93,0	9,3	837,0	83,7
2	2000	4556,0	284,0	14,2	2556,0	127,8
3	3000	7806,0	534,0	17,8	4806,0	160,2
4	4000	10912,0	768,0	19,2	6912,0	172,8
5	5000	10536,8	615,2	12,3	5536,8	110,7
6	6000	10681,8	520,2	8,7	4681,8	78,0

Опыты по изучению влияния первоначальной плотности маточных культур показали, что оптимальная плотность для *Eichhornia crassipes* - 2000 г/м<sup>2</sup>. При этом прирост сырой биомассы в конце опыта составлял 4063,5 г/м<sup>2</sup>. *Elodea canadensis* и *Potamogeton crispus* дают высокий прирост сырой биомассы (5481,0 и 4887,0 г/м<sup>2</sup>.) при первоначальной плотности 3000 г/м<sup>2</sup>.

Допустимая плотность *Vallisneria spiralis* в питательной среде СВ 25% + ВВ 75% 4000 г на 1м<sup>2</sup> водной поверхности. Средний прирост сырой биомассы в конце опыта равен 6912 г/м<sup>2</sup>.

**3.3. Разработка методов массового культивирования высших водных растений на сточной воде свинокомплексов.** В условиях интенсивного лабораторного культивирования выявлены продуктивность изученных видов высших водных растений на различных концентрациях сточных вод свинокомплекса с целью дальнейшего использования для очистки сточных вод.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что для выращивания *Eichhornia crassipes* и *Potamogeton crispus* на сточной воде более благоприятны СВ 75% + ВВ 25%, при которых прирост сырой биомассы равен 3636,0 и 3762,0 г/м<sup>2</sup>.

В питательной среде СВ 50% + ВВ 50% оптимальный прирост сырой биомассы дает *Azolla caroliniana* (1476,0 г/м<sup>2</sup>) и *Elodea canadensis* (3384 г/м<sup>2</sup>).

В среде СВ 25% + ВВ 75% в конце опыта сырая биомасса *Vallisneria spiralis* достигает 5348,0 г/м<sup>2</sup>, прирост сырой биомассы - 3348 г/м<sup>2</sup>. В связи с этим данная среда считается оптимальной для культивирования *Vallisneria spiralis* (рисунок 3.3.1).

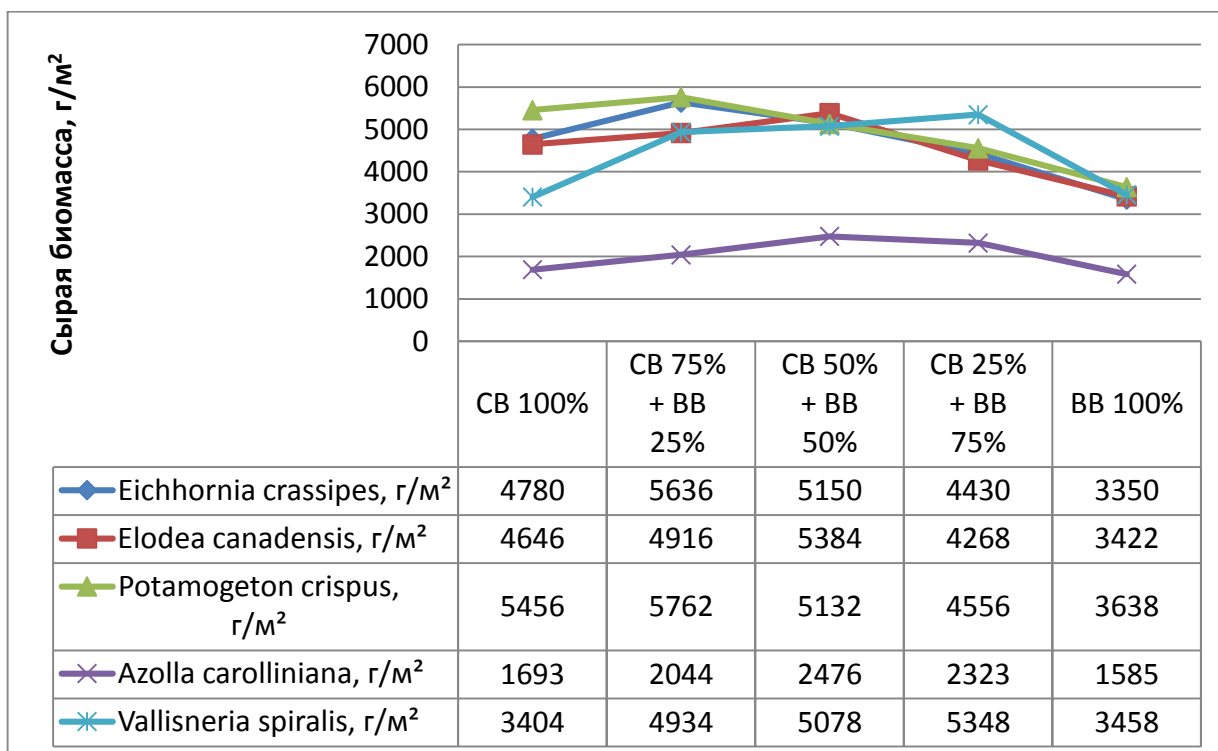


Рисунок - 3.3.1 Подбор оптимальной концентрации сточных вод свиного комплекса для культивирования высших водных растений.

Было проведено сравнительное изучение влияния плотности посева на урожайность вышеназванных растений (таблица 3.3.1).

Таблица 3.3.1 - Влияние плотности посева на урожайность ВВР (среда СВ свиного комплекса)

№	Плотность маточной культуры, г/м <sup>2</sup>	В конце опыта (через 9 суток)			Средний прирост сырой биомассы в конце опыта	
		Сырая биомасса, г/м <sup>2</sup>	Прирост в сутки			
			г/м <sup>2</sup>	%	г/м <sup>2</sup>	%
1	2	3	4	5	6	7
<i>Eichhornia crassipes</i> (среда СВ 75% + BB 25%)						
1	1000	2611,0	179,0	17,9	1611,0	161,1
2	2000	5664,0	406,0	20,3	3664,0	183,2
3	3000	6573,0	397,0	13,2	3573,0	119,1
4	4000	6673,0	297,0	7,4	2673,0	66,8
5	5000	11705,0	248,0	4,9	2232,0	44,6
6	6000	11994,0	198,0	3,3	1782,0	29,7
<i>Azolla caroliniana</i> (среда СВ 50% + BB 50%)						
1	500	1094,0	66,0	13,2	594,0	118,8
2	600	1442,4	93,6	15,6	842,4	140,4
3	700	1758,4	117,6	16,8	1058,4	151,2
4	800	1649,6	94,4	11,8	849,6	106,2
5	900	1612,8	79,2	8,8	712,8	79,2
6	1000	1549,0	61,0	6,1	549,0	54,9
<i>Elodea canadensis</i> (среда СВ 50% + BB 50%)						
1	1000	2332,0	148,0	14,8	1332,0	133,2
2	2000	5348,0	372,0	18,6	3348,0	167,4

Продолжение таблицы 3.3.1

1	2	3	4	5	6	7
3	3000	8157,0	573,0	19,1	5157,0	171,9
4	4000	8857,0	539,7	13,5	4857,0	121,4
5	5000	9250,0	472,2	9,4	4250,0	85,0
6	6000	9960,0	440,0	7,3	3960,0	66,0
<i>Potamogeton crispus</i> (среда СВ 75% + ВВ 25%)						
1	1000	2359,0	151,0	15,1	1359,0	135,9
2	2000	4754,0	306,0	15,3	2754,0	137,7
3	3000	7536,0	504,0	16,8	4536,0	151,2
4	4000	7672,0	408,0	10,2	3672,0	91,8
5	5000	8303,0	367,0	7,3	3303,0	66,1
6	6000	8799,0	311,0	5,2	2799,0	46,6
<i>Vallisneria spiralis</i> (среда СВ 25% + ВВ 75%)						
1	1000	1953,0	105,9	10,6	953,0	95,3
2	2000	4544,0	282,7	14,1	2544,0	127,2
3	3000	7056,0	450,7	15,0	4056,0	135,2
4	4000	9992,0	665,8	16,6	5992,0	149,8
5	5000	8622,5	402,5	8,1	3622,5	72,5
6	6000	9138,3	348,7	5,2	3138,3	52,3

Из приведенных данных видно, что для культивирования *Eichhornia crassipes* на сточной воде свиного комплекса оптимальная плотность 2000 г/м<sup>2</sup>. В конце опыта прирост сырой биомассы составил 3664,0 г/м<sup>2</sup>. *Elodea canadensis* и *Potamogeton crispus* наибольший прирост сырой биомассы дают при плотности маточной культуры 3000 г/м<sup>2</sup>. При этом среднесуточный прирост сырой биомассы составляет 5157,0 и 4536,0 г/м<sup>2</sup>.

Первоначальная плотность 4000 г/м<sup>2</sup> считается сравнительно оптимальной для выращивания *Vallisneria spiralis* (прирост сырой биомассы 5992 г/м<sup>2</sup>) на сточной воде свиного комплекса. Для *Azolla caroliniana* первоначальная плотность 700 г/м<sup>2</sup> считается лучшей для культивирования.

**3.4. Продуктивность водных растений в условиях г. Ош.** Рост и развитие водных растений зависят от условий, в которых они растут. Суточные ритмы, связанные с чередованием дня и ночи, выражаются в повышенной активности и замедлением процессов жизнедеятельности в зависимости от времени суток. В связи с этим в лабораторных и полупроизводственных условиях мы изучали урожайность изученных видов высших водных растений в разные периоды года в условиях г. Ош.

Результаты наших опытов показали, что *Eichhornia crassipes*, *Elodea canadensis*, *Azolla caroliniana*, *Vallisneria spiralis* и *Potamogeton crispus* интенсивно растут и дают оптимальный прирост сырой биомассы в теплые месяцы года (июнь-август). С наступлением холодных дней (октябрь) и в весенние месяцы (май) рост ее резко замедляется, следовательно, и снижается прирост сырой биомассы (рисунок 3.4.1).

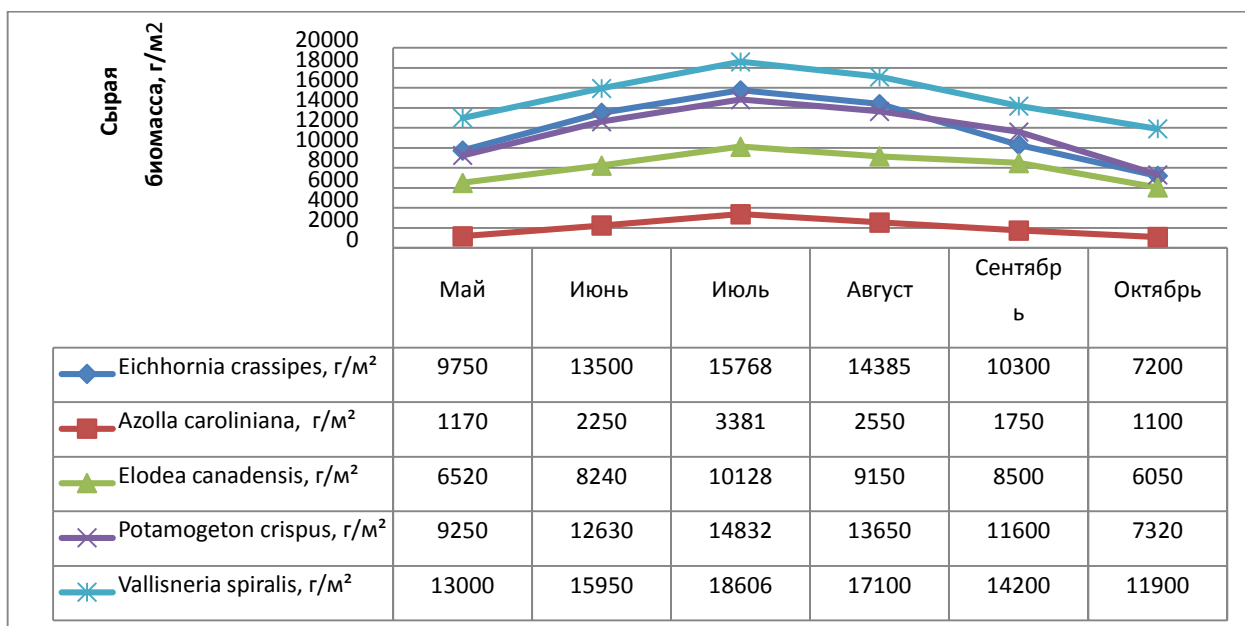


Рисунок 3.4.1 - Урожайность высших водных растений разные периоды года в условиях г. Ош.

Интенсивный рост вышеотмеченных растений в условиях города Ош наблюдается при температурах 29-32 °С.

Таким образом, данные растения в условиях города Ош можно активно использовать для очистки различных сточных вод в течение шести месяцев.

**3.5. Влияние сбора прироста биомассы на урожайность высших водных растений.** Продуктивность водных макрофитов зависит также от сроков сбора ее прироста (рисунок 3.5.1).

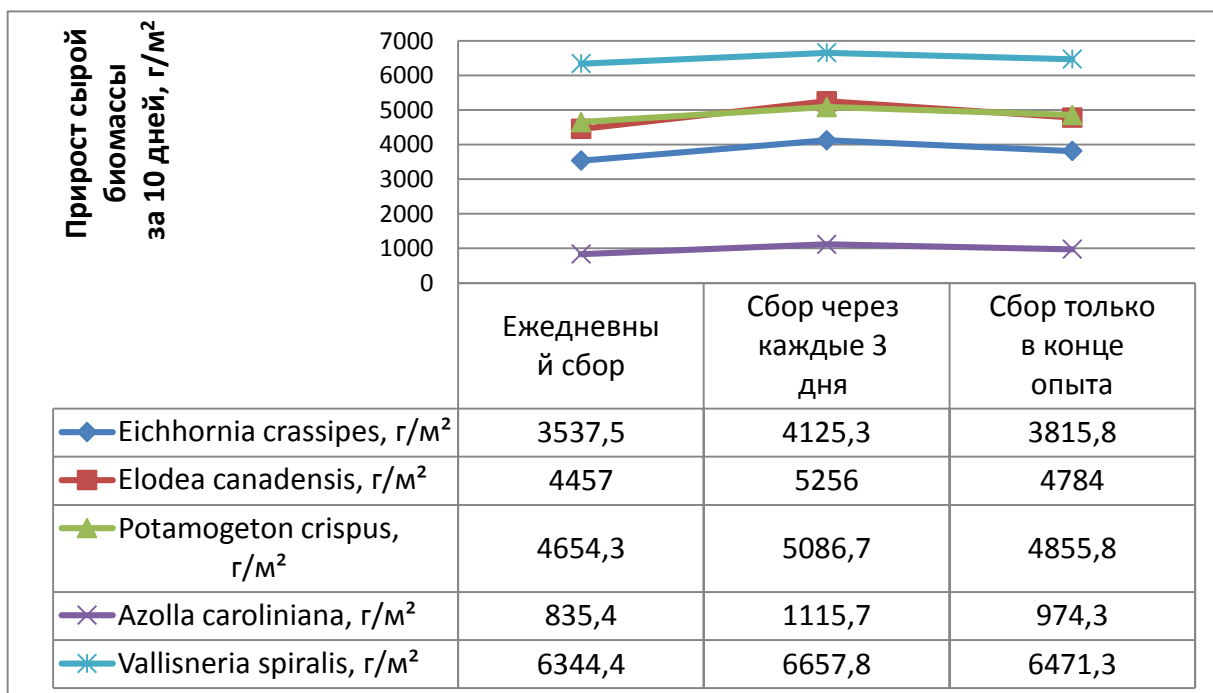


Рисунок 3.5.1 - Влияние сбора прироста биомассы на урожайность высших водных растений.

При ежедневном сборе растения механически повреждаются. Это приводит к снижению продуктивности и, тем самым, снижается количество



биомассы. Продуктивность биомассы уменьшается также при отсутствии постоянного сбора прироста. Это происходит главным образом из-за уменьшения фотосинтетической продуктивности растений, как следствие чрезмерного увеличения их плотности в бассейнах. Максимальное накопление биомассы наблюдалось при сборе биомассы через каждые 3 дня. При этом постоянно поддерживалась необходимая плотность маточной культуры на единице площади.

**Глава 4. Выявление предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ на экосистему с высшими водными растениями.** В настоящее время в научной литературе практически не имеется данных о допустимых концентрациях загрязняющих веществ на высшие водные растения, поступающих в водную экосистему за определенный интервал времени. В связи с этим возникает необходимость получения информации об устойчивости различных видов высших водных растений к загрязняющим веществам.

**4.1. Биоэффекты воздействия однократных добавок поверхностно активного вещества додецилсульфата натрия на высшие водные растения.** При постановке опытов использовались лабораторные модельные системы, содержащие высшие водные растения. В опытах с *Eichhornia crassipes*, *Elodea canadensis* и *Potamogeton crispus*, в аквариум с отстоянной водопроводной водой помещали по 500 г каждого растения. При проведении опыта с *Vallisneria spiralis* в аквариум помещали по 600 г растения. В опытах с *Azolla caroliniana* учитывалось число надводных листьев. Каждая модельная система содержала растения одного вида водных растений.

В качестве воздействующих веществ применяли поверхностно активные вещества додецилсульфата натрия, а также поверхностно активные вещества смесового препарата «Аист» при концентрациях 100; 150; 200; 250; 300; 400; 600; 800; 1000 мг/л.

Опыты с однократными добавками додецилсульфата натрия показали, что среди использованных высших водных растений наиболее устойчивой была *Eichhornia crassipes*.

Гибель растений в вариантах опыта с концентрацией ДСН 1000,0 мг/л отмечалась через 29 суток. *Elodea canadensis* была относительно более устойчивой к действию однократных добавок додецилсульфата натрия. Так, в опытах гибель более 50% растений была зафиксирована через 24 и 26 суток от начала опыта при концентрациях додецилсульфата натрия 800 и 1000 мг/л. В опыте с *Potamogeton crispus* при концентрациях додецилсульфата натрия равных 600 мг/л гибель растений наступала на 28 сутки (таблица 4.1.1).

Таблица 4.1.1 - Биоэффекты воздействия однократных добавок поверхностно

активного вещества додецилсульфата натрия на высшие водные растение

Наименование растения	№ со- суда	Биомасса (сырой вес), г	Концен- трация ДСН, мг/л	Отноше- ние коли- чества вещества к биомассе растений, мг/г	Время, че- рез кото- рое наблю- дались первые негативные признаки, сут.	Время, через которое наступа- ла гибель $\geq 50\%$ растений, сут.
1	2	3	4	5	6	7
<i>Eihhornia crassipes</i>	1	500,2	0,0	0,0	*	*
	2	500,3	100,0	0,2	*	*
	3	500,2	150,0	0,3	*	*
	4	500,3	200,0	0,4	*	*
	5	500,6	250,0	0,5	*	*
	6	500,5	300,0	0,6	*	*
	7	500,8	400,0	0,8	*	*
	8	500,5	600,0	1,2	*	*
	9	500,2	800,0	1,6	28	*
	10	500,4	1000,0	2,0	25	29
<i>Elodea canadensis</i>	1	500,8	0,0	0,0	*	*
	2	500,3	100,0	0,2	*	*
	3	500,7	150,0	0,3	*	*
	4	500,1	200,0	0,4	*	*
	5	500,6	250,0	0,5	*	*
	6	500,3	300,0	0,6	*	*
	7	500,9	400,0	0,8	*	*
	8	500,3	600,0	1,2	26	*
	9	500,4	800,0	1,6	23	26
	10	500,4	1000,0	2,0	20	24
<i>Potamogeton crispus</i>	1	500,3	0,0	0,0	*	*
	2	500,5	100,0	0,2	*	*
	3	500,4	150,0	0,3	*	*
	4	500,1	200,0	0,4	*	*
	5	500,2	250,0	0,5	*	*
	6	500,3	300,0	0,6	*	*
	7	500,7	400,0	0,8	*	*
	8	500,1	600,0	1,2	17	28
	9	500,5	800,0	1,6	13	20
	10	500,1	1000,0	2,0	10	15
<i>Azolla caroliniana</i>	1	600,4	0,0	0,0	*	*
	2	600,3	100,0	0,17	*	*
	3	600,5	150,0	0,25	4	7
	4	600,4	200,0	0,33	3	5
	5	600,3	250,0	0,42	2	3

Продолжение таблицы 4.1.1

1	2	3	4	5	6	7
	6	600,4	300,0	0,50	1	1
	7	600,2	400,0	0,67	1	1
	8	600,7	600,0	0,99	1	1
	9	600,1	800,0	1,33	1	1
	10	600,6	1000,0	1,66	1	1
<i>Vallisneria spiralis</i>	1	600,5	0,0	0,0	*	*
	3	600,1	100,0	0,17	*	*
	5	600,5	150,0	0,25	*	*
	7	600,7	200,0	0,33	*	*
	9	600,7	250,0	0,42	22	*
	11	600,1	300,0	0,50	17	*
	13	600,4	400,0	0,67	13	17
	15	600,1	600,0	0,99	11	14
	17	600,3	800,0	1,33	5	8
	19	600,4	1000,0	1,66	3	6

**Примечание:** \* За 30 суток проведения опыта гибели растений не произошло.

Длительность проведения опытов составляла от 10 до 30 суток в зависимости от сроков проявления воздействия веществ на жизнеспособность растений.

Среди изученных водных растений относительно более чувствительной к действию додецилсульфата натрия была *Vallisneria spiralis*. Гибель растений в вариантах опыта с концентрациями 400,0; 600,0; 800,0 и 1000,0 мг/л фиксировались через 17, 14, 8 и 6 суток.

*Azolla caroliniana* оказалась крайне чувствительной к концентрациям додецилсульфата натрия от 300 мг/л. Омертвление части листовых пластинок в опытах с концентрациями додецилсульфата натрия 300,0; 400,0; 600,0; 800,0 и 1000,0 мг/л наступала на следующий день инкубации. Гибель более 50% растений зарегистрировали на 7 сутки при концентрации додецилсульфата натрия 150,0 мг/л и на 5 сутки при концентрации 200,0 мг/л.

**4.2. Биоэффекты воздействия однократных добавок поверхностно активного вещества смесового препарата «Аист» на высшие водные растения.** Опыты по выявлению воздействия однократных добавок смесового препарата «Аист» на вышеназванные растения с целью потенциального использования их для очистки сточных вод показали, что *Eichhornia crassipes* была значительно более устойчива к действию данного смесового препарата.

*Elodea canadensis* и *Potamogeton crispus* оказались наиболее устойчивыми к действию данного смесового препарата. При этом, гибель более 50% растений была зафиксирована на 19 и 16 сутки от начала опыта при концентрациях смесового препарата «Аист» 800 и 1000 мг/л (таблица 4.2.1).

Таблица 4.2.1 - Биоэффекты воздействия однократных добавок смесового препарата «Аист» на высшие водные растения

Наименование растения	№ со- су- да	Биомас- са (сыро- й вес), г	Конце- н- трация ДСН, мг/л	Отношение количества вещества к биомассе растений, мг/г	Время, через которое наблюда- лись первые негативные признаки, сут.	Время, через которое наступа- ла гибель ≥ 50% растени- й, сут
1	2	3	4	5	6	7
<i>Eihhornia crassipes.</i>	1	500,5	0,0	0,0	*	*
	2	500,7	100,0	0,2	*	*
	3	500,2	150,0	0,3	*	*
	4	500,7	200,0	0,4	*	*
	5	500,2	250,0	0,5	*	*
	6	500,6	300,0	0,6	14	*
	7	500,5	400,0	0,8	12	*
	8	500,8	600,0	1,2	11	*
	9	500,1	800,0	1,6	10	*
	10	500,3	1000,0	2,0	10	
<i>Elodea canadensis</i>	1	500,8	0,0	0,0	*	*
	2	500,2	100,0	0,2	*	*
	3	500,2	150,0	0,3		*
	4	500,4	200,0	0,4		*
	5	500,7	250,0	0,5	15	*
	6	500,1	300,0	0,6	13	*
	7	500,4	400,0	0,8	13	*
	8	500,5	600,0	1,2	11	*
	9	500,7	800,0	1,6	10	
	10	500,5	1000,0	2,0	9	19
<i>Potamogeton crispus</i>	1	500,6	0,0	0,0	*	*
	2	500,3	100,0	0,2	*	*
	3	500,3	150,0	0,3	*	*
	4	500,4	200,0	0,4	17	*
	5	500,4	250,0	0,5	14	*
	6	500,7	300,0	0,6	14	*
	7	500,3	400,0	0,8	11	*
	8	500,3	600,0	1,2	9	
	9	500,4	800,0	1,6	7	16
	10	500,6	1000,0	2,0	6	13
<i>Azolla caroliniana</i>	1	600,2	0,0	0,0	*	*
	2	600,6	100,0	0,17	*	*
	3	600,3	150,0	0,25	13	17
	4	600,3	200,0	0,33	11	15
	5	600,9	250,0	0,42	9	13
	6	600,4	300,0	0,50	8	11

Продолжение таблицы 4.2.1

1	2	3	4	5	6	7
	7	600,5	400,0	0,67	7	10

	8	600,3	600,0	0,99	5	10
	9	600,4	800,0	1,33	5	18
	10	600,4	1000,0	1,66	5	18
<i>Vallisneria spiralis</i>	1	600,3	0,0	0,0	*	*
	2	600,3	100,0	0,17	*	*
	3	600,3	150,0	0,25	*	*
	4	600,3	200,0	0,33	*	*
	5	600,5	250,0	0,42	17	*
	6	600,3	300,0	0,50	13	17
	7	600,2	400,0	0,67	10	13
	8	600,3	600,0	0,99	7	12
	9	600,4	800,0	1,33	5	8
	10	600,8	1000,0	1,66	1	1

**Примечание:** \* За 30 суток проведения опыта гибели растений не произошло.

За время проведения опыта (30 суток) гибели *Eichhornia crassipes* не наблюдалось.

*Azolla caroliniana* и *Vallisneria spiralis* оказались крайне чувствительными к поверхностно активным веществам смесового препарата «Аист». При концентрации 150,0, 200,0 и 300,0 мг/л эти растения начинали погибать.

#### **4.3. Исследование предельно допустимых нагрузок поверхностно активного вещества додецилсульфата натрия на высшие водные растения в условиях периодически повторяющихся добавок.**

В ходе проведения второго этапа опытов по изучению устойчивости макрофитов к ПАВ додецилсульфата натрия в условиях периодически повторяющихся добавок, была получена дополнительная информация, характеризующая его опасность.

Результаты опытов показывают, что при внесении доз додецилсульфата натрия, в определенном диапазоне, существует прямая зависимость между разовой добавкой и общим количеством внесенного в систему загрязняющего вещества.

Следовательно, чем больше разовая добавка, тем большую суммарную дозу загрязняющего вещества выдерживают растения, прежде чем погибнуть. При этом данная зависимость нарушается при увеличении разовой добавки с 1,9 до 8,5 мг/л.

Для вариантов опытов с разовыми добавками от 0,7 до 1,9 мг/л время инкубации *Eichhornia crassipes*, *Elodea canadensis* и *Potamogeton crispus* составляло от 322 до 372 суток. Время инкубации *Vallisneria spiralis* и *Azolla caroliniana* сравнительно ниже (от 222 до 358 суток). Время инкубации *Eichhornia crassipes*, *Elodea canadensis* и *Potamogeton crispus* при концентрации с разовыми добавками от 8,5 до 16,9 мг/л, значительно снижается и составляет от 18 до 64 суток. Для *Vallisneria spiralis*, *Azolla caroliniana* от 7 до 24 суток (Рисунки 4.3.1 и 4.3.2).

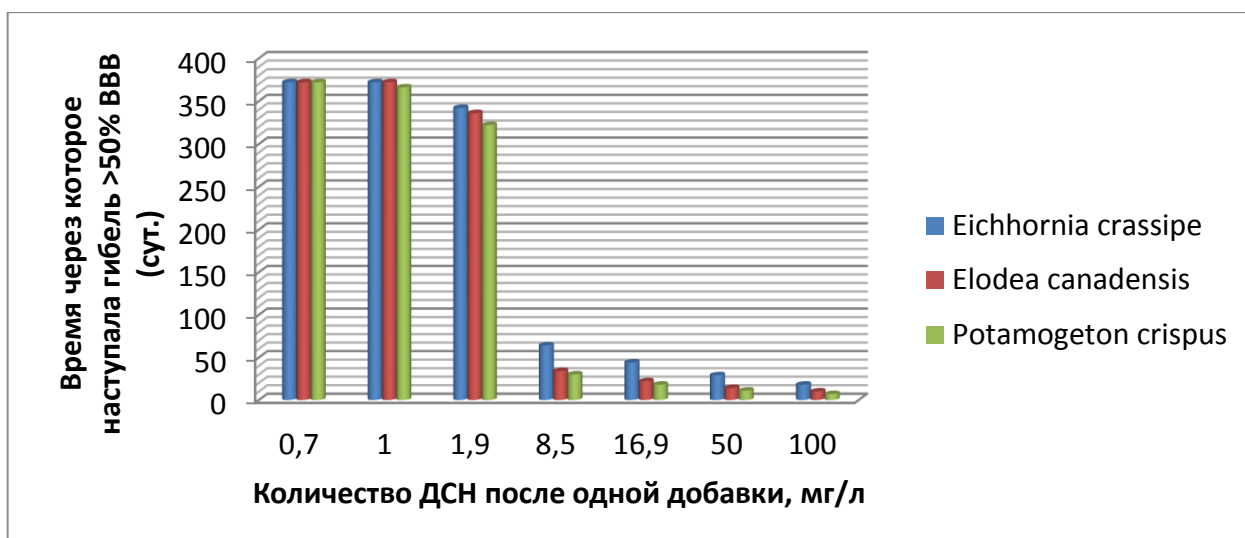


Рисунок 4.3.1 - Динамика изменения значений общего количества ПАВ ДСН, после внесения которого наступала гибель >50% высших водных растений.

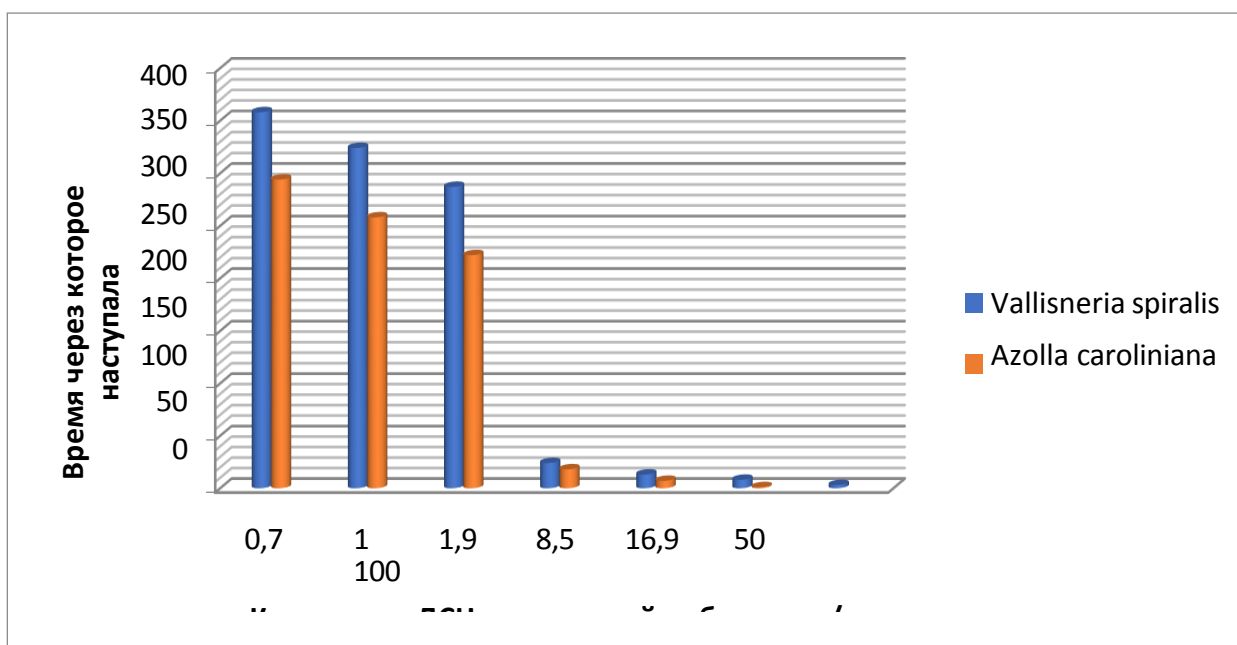


Рисунок 4.3.2 - Динамика изменения значений общего количества ПАВ ДСН, после внесения которого наступала гибель >50% высших водных растений.

Для опытов с разовыми добавками от 50 до 100 мг/л время инкубации выше отмеченных растений составляло от 1 до 29 суток, то есть не более 4 недель.

Таким образом, зависимость между разовой и суммарной добавкой загрязняющего вещества с учетом временных параметров нагрузок додецилсульфата натрия свидетельствует об относительной безопасности разовых добавок от 0,7 до 1,9 мг/л.

В вариантах опытов с относительно большими значениями разовых добавок (от 50 мг/л и выше) время инкубации было крайне

непродолжительным (от 1 суток до 4 недель), при этом суммарные дозы явно выходили за пределы диапазона устойчивости используемых видов водных растений. В вариантах опытов, время инкубации которых составляло порядка одного месяца (при увеличении разовой добавки с 1,9 до 8,3 мг/л), было выявлено снижение суммарной дозы при увеличении количества додецилсульфата натрия в разовых добавках. Это свидетельствует о снижении уровня устойчивости.

Допустимая суммарная нагрузка додецилсульфата натрия в условиях проведенных опытов составляла для: *Eichhornia crassipes* – 11,9 мг/л на 1 г фитомассы при сроке инкубации 342 суток; *Elodea canadensis* – 11,8 мг/л на 1 г фитомассы при сроке инкубации 336 суток; *Potamogeton crispus* – 11,3 мг/л на 1 г фитомассы при сроке инкубации 322 суток; *Vallisneria spiralis* – 10,1 мг/л на 1 г фитомассы при сроке инкубации 287 суток; *Azolla caroliniana* – 16,4 мг/л на 1 г фитомассы при сроке инкубации 222 суток (рисунок 4.3.3).

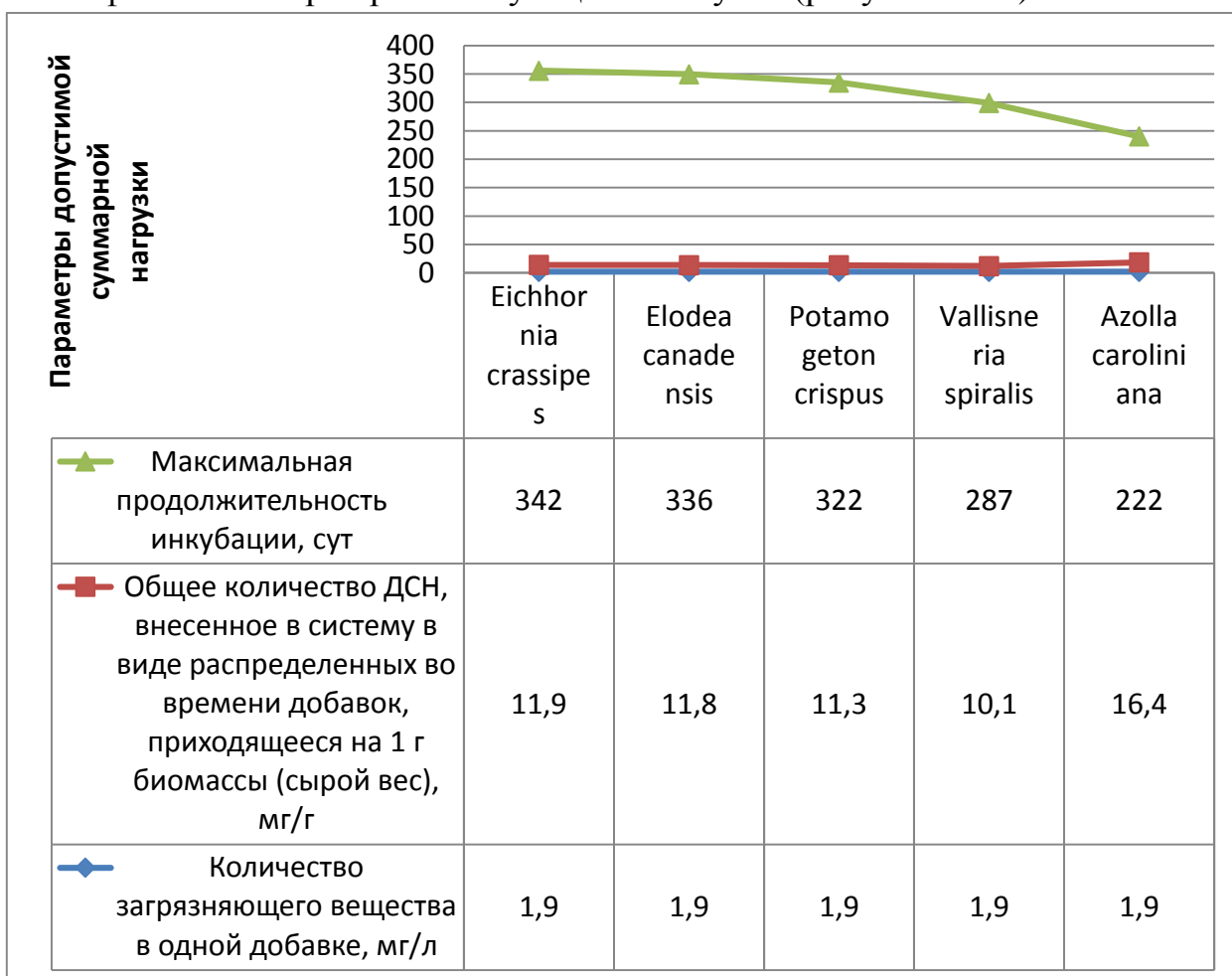


Рисунок 4.3.3. – Допустимые в использованном режиме инкубации суммарные нагрузки поверхностно активного вещества додецилсульфата натрия на 1 г сырой массы высших водных растений.

Опыты с применением периодически повторяющихся добавок поверхностно активных веществ смесового препарата «Аист» позволили

получить информацию о пределах устойчивости к данному смесевому препарату в режиме инкубации.

В таблице 4.3.1 отражены максимальные нагрузки, создаваемые с помощью периодически повторяющихся добавок поверхностно активных веществ препарата «Аист», при которых не наблюдалось значительных изменений в состоянии высших водных растений в модельных системах по сравнению с контрольными.

Таблица 4.3.1 - Изучение пределов устойчивости высших водных растений в модельных системах

№	Наименование растений	Суммарные количества СМС, не приводящие в состоянии ВВР в модельных системах, мг/л	Количество СМС в одной добавке, мг/л	Количество добавок	Время, в течение которого не наблюдалось видимых изменений в состоянии ВВР в модельных системах, сутки
1	<i>Eihhornia crassipes</i>	262,5	12,5	21	51
2	<i>Elodea canadensis</i>	150,0	12,5	12	28
3	<i>Potamogeton crispus</i>	125,0	12,5	10	24
4	<i>Vallisneria spiralis</i>	100,0	12,5	8	18
5	<i>Azolla caroliniana</i>	50,0	12,5	4	10

**Примечание:** ВВР – высшие водные растения; СМС – смазочно-моющие средства.

Результаты наших опытов показывают, что для *Eihhornia crassipes* допустимая в режиме инкубации суммарная нагрузка поверхностно активных веществ смесового препарата «Аист» составляет 262,5 мг/л при инкубации в течение 21 суток при количестве вещества в 1 добавке – 12,5 мг/л.

Допустимая суммарная нагрузка поверхностно активных веществ препарата «Аист» в условиях проведенных опытов составляла для: *Elodea canadensis* – 150 мг/л при инкубации в течение 12 суток при разовой добавке – 12,5 мг/л; *Potamogeton crispus* – 125 мг/л при инкубации в течение 10 суток – 12,5 мг/л.

Для менее устойчивых видов максимально допустимая суммарная нагрузка поверхностно активных веществ препарата «Аист» составляла для: *Vallisneria spiralis* – 100 мг/л при инкубации в течение 8 суток при разовой добавке – 12,5 мг/л; *Azolla caroliniana* - 50 мг/л при инкубации в течение 4 суток – 12,5 мг/л.

На основании полученных данных был произведен расчет допустимых суммарных нагрузок поверхностно активных веществ смесового препарата «Аист» на систему с макрофитами в пересчете на 1 г биомассы растений (рисунок 4.3.4).



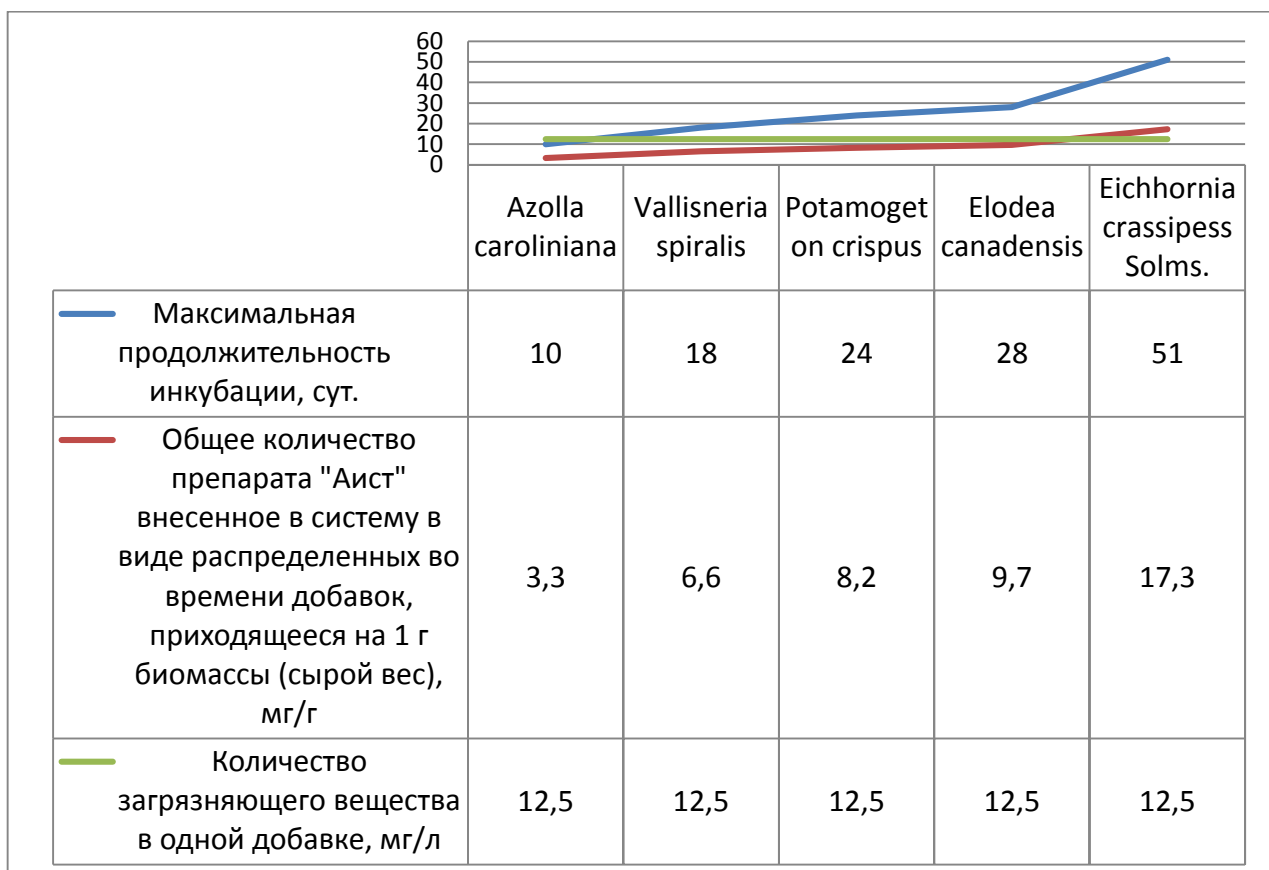


Рисунок 4.3.4 - Допустимые суммарные нагрузки препарата «Аист» на высшие водные растения в пересчете на 1г биомассы растений

Таким образом, в использованном режиме инкубации допустимые суммарные нагрузки ПАВ препарата «Аист» на системы с высшими водными растениями в пересчете на 1 г биомассы растений составляли для: *Eichhornia crassipes* – 17,3 мг/г при максимальной продолжительности инкубации 51 суток и количестве вещества в одной добавке 12,5 мг/л; *Elodea canadensis* и *Potamogeton crispus* - 9,7 и 8,2 мг/г при максимальной продолжительности инкубации 28 и 24 суток; *Vallisneria spiralis* - 6,6 мг/г при максимальной продолжительности 18 суток; *Azolla caroliniana* - 3,3 мг/г при максимальной продолжительности 10 суток и количестве вещества в одной добавке 12,5 мг/л.

**Глава 5. Экологическая оценка использования высших водных растений при биологической очистке сточных вод животноводческих комплексов и птицефабрик.** Вышеотмеченные растения хорошо растут в питательных средах из отходов животноводства.

**5.1. Биологическая очистка сточных вод фермерского хозяйства «Касым Ата».** Проведено сравнительное изучение физических свойств и химического состава сточных вод фермерского хозяйства «Касым ата» до и после выращивания представителей высших водных растений – *Eichhornia crassipes*, *Elodea canadensis*, *Potamogeton crispus*, *Vallisneria spiralis*, *Azolla caroliniana* (рисунки 5.1.1 и 5.1.2).

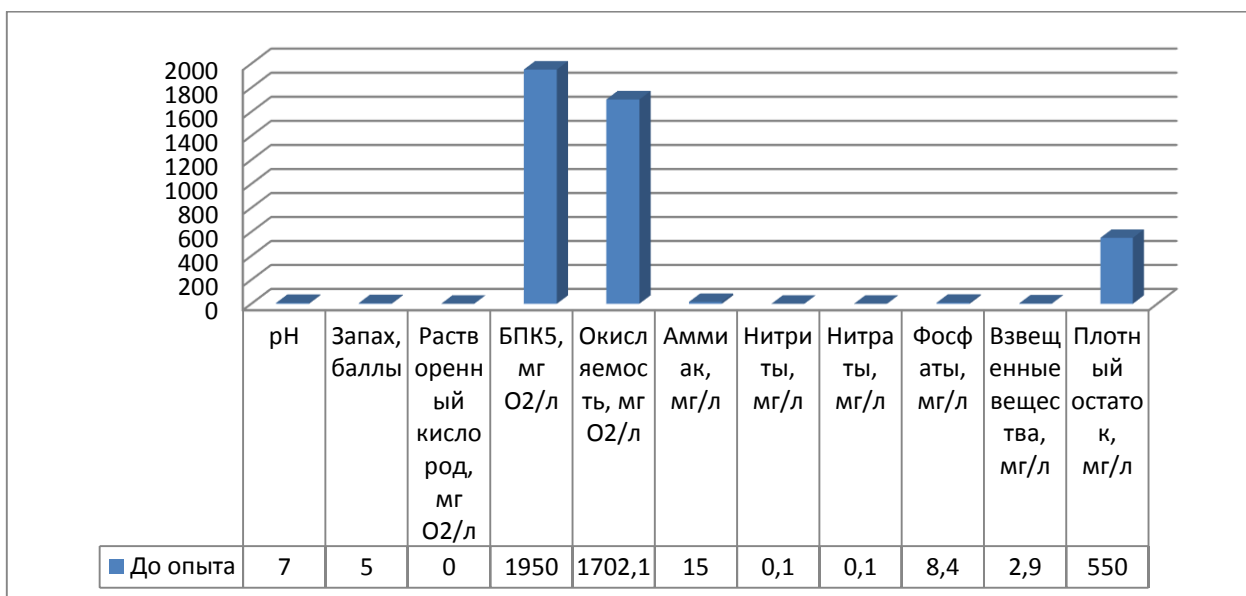


Рисунок - 5.1.1 - Физические свойства и химический состав сточной воды фермерского хозяйства «Касым Ата» до культивирования высших водных растений.

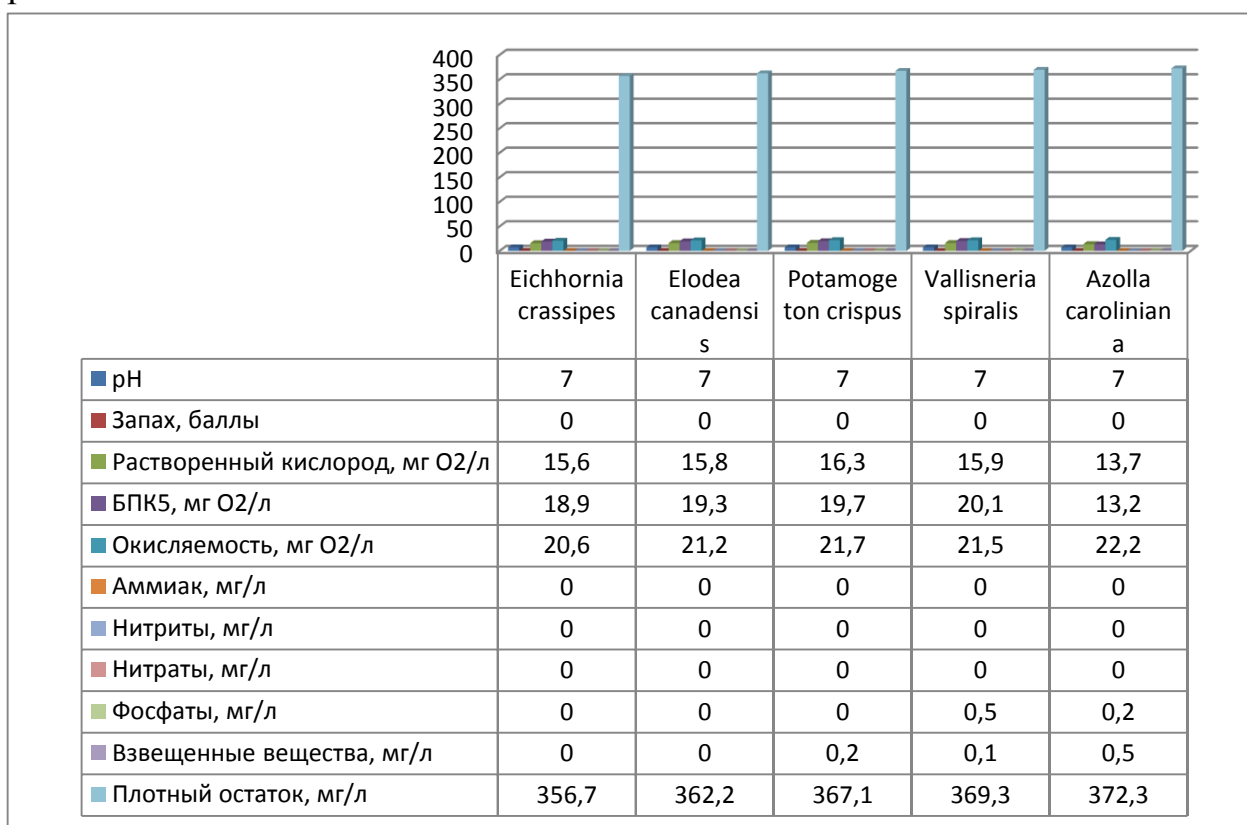


Рисунок - 5.1.2 - Физические свойства и химический состав сточной воды фермерского хозяйства «Касым Ата» после культивирования высших водных растений.

В лабораторных условиях спустя 9 дней после внесения вышеотмеченных растений в аквариум со сточной водой появился растворенный в воде кислород (от 13,7 до 16,3 мг /O<sub>2</sub> л). Значительно

улучшились физические свойства и химический состав воды.

Таким образом, анализ полученных данных подтверждает видовые различия растений по способности аккумулировать токсичные вещества. Изученные виды обладают наиболее интенсивной азотопоглощающей и фосфатопоглощающей способностью. Аккумуляция БПК, взвешенных веществ, плотного остатка вышеотмеченными растениями осуществляется с сравнительно одинаковой эффективностью.

Микробиологические исследования охватывают весенний (май), летний (август) и осенний (октябрь) периоды (таблица 5.1.1).

Таблица 5.1.1. - Общее количество сапрофитов и бактерий кишечной группы в сточных водах фермерского хозяйства «Касым ата»

№	Варианты опытов	Сапрофиты, кл/мл		БГКП, кл/мл	
		До опыта	После опыта	До опыта	После опыта
1	2	3	4	5	6
Май					
1	CB с <i>Eichhornia crassipes</i>	38700±1,3	780±0,7	54300±1,4	180±0,7
2	CB с <i>Elodea canadensis</i>	38700±1,2	820±1,1	54300±1,1	213±0,5
3	CB с <i>Potamogeton crispus</i>	38700±1,4	840±0,6	54300±1,6	262±1,1
4	CB с <i>Vallisneria spiralis</i>	38700±0,9	790±0,9	54300±1,3	207±0,9
5	CB с <i>Azolla caroliniana</i>	38700±1,1	860±1,2	54300±1,3	282±0,8
Август					
1	CB с <i>Eichhornia crassipes</i>	45000±1,4	687±0,7	62000±1,7	136±0,3
2	CB с <i>Elodea canadensis</i>	45000±1,1	731±0,9	62000±1,1	176±0,8
3	CB с <i>Potamogeton crispus</i>	45000±1,3	767±1,1	62000±1,4	205±1,1
4	CB с <i>Vallisneria spiralis</i>	45000±1,6	712±0,8	62000±1,5	252±0,4
5	CB с <i>Azolla caroliniana</i>	45000±1,2	795±0,7	62000±1,3	298±1,0
Октябрь					
1	CB с <i>Eichhornia crassipes</i>	40000±1,5	805±1,2	58500±1,2	161±0,4
2	CB с <i>Elodea canadensis</i>	40000±1,7	825±0,3	58500±1,4	188±0,3

Продолжение таблицы 5.1.1

1	2	3	4	5	6
3	CB с <i>Potamogeton crispus</i>	40000±1,3	847±0,8	58500±1,6	211±0,8

4	СВ с <i>Vallisneria spiralis</i>	40000±1,1	817±0,6	58500±0,8	182±0,6
5	СВ с <i>Azolla caroliniana</i>	40000±1,1	878±0,4	58500±1,3	221±0,9

**Примечание:** СВ – сточная вода

В августе месяце содержание сапрофитов в сточной воде до очистки доходит до 45000 кл/мл. Через 10 дней после культивирования *Eichhornia crassipes*, *Elodea canadensis*, *Potamogeton crispus*, *Vallisneria spiralis* и *Azolla caroliniana* их количество снижается до 687, 731, 767, 712, 795 кл/мл.

В весенние (май) и осенние (октябрь) периоды года содержание сапрофитов в сточной воде до очистки составляло 38700 и 40000 кл/мл. После культивирования высших водных растений их количество снизилось от 780 до 878 кл/мл соответственно.

Для выявления уровня фекального загрязнения сточных вод мы определяли присутствие в пробах бактерий группы кишечной палочки (БГКП). В весенний период в сточной воде количество БГКП составляло 38700 кл/мл. В конце опыта в сточной воде с высшими водными растениями БГКП резко снижается (от 180 до 282 кл/мл). Такая же закономерность наблюдается и осенью.

Изучен видовой состав водных грибов сточных вод в прудах фермерского хозяйства «Касым ата» до и после выращивания исследуемых растений (таблица 5.1.2).

Таблица 5.1.2. - Видовой состав водных грибов сточных вод в прудах фермерского хозяйства «Касым ата» до и после выращивания ВВР

№	Виды грибов	<i>Eichhornia crassipes</i>		<i>Elodea canadensis</i>		<i>Potamogeton crispus</i>		<i>Vallisneria spiralis</i>		<i>Azolla caroliniana</i>	
		ДО	ПО	ДО	ПО	ДО	ПО	ДО	ПО	ДО	ПО
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	<i>Saprolegnia ferax</i> Thuret.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2	<i>Saprolegnia parasitica</i> Coker <sup>*/</sup>	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
3	<i>Saprolegnia hyppogyna</i> De By	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
4	<i>Aphanomyces laevis</i> DB	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
5	<i>Dictyuchus monosporus</i> Leitzgeb.	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+
6	<i>Dictyuchus clavatus</i> Fissch.	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
7	<i>Blastocladia pringsheimii</i> Reinsh. <sup>*/</sup>	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-

Продолжение таблицы 5.1.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8	<i>Saprolegnia turfosa</i> (Minden) Gäum <sup>*/</sup>	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-

9	<i>Newbya androgyna</i> (W. Archer) Pires-Zottar. & S.C.O. Rocha	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
10	<i>Mucor racemosus</i> Fresen	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
11	<i>Mucor mucedo</i> Fresen	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
12	<i>Leptomitius lacteus</i> Agardh	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
13	<i>Globisporangium debaryanum</i> (R. Hesse) Uzuhashi, Tojo & Kakish	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
14	<i>Newbya oblongata</i> (de Bary) Mark A. Spencer	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
15	<i>Achlya flagellate</i> Coker	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
16	<i>Rhizopus stolonifer</i> (Ehrenb.) Vuill.*/	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
17	<i>Olpidiopsis saprolegniae</i> (A. Braun) Cornu	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
18	<i>Myzocyitium rabenhorstii</i> (Zopf) M.W. Dick	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
19	<i>Penicillium Chrisogenium</i> Thom.	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
20	<i>Aspergillus niger</i> van Tieghem	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+
21	<i>Aspergillus flavus</i> Link	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
22	** <i>Amniculicola longissima</i> (Sacc. & P. Syd.) Nadeeshan & K.D. Hyde	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
23	<i>Stachybotrys chartarum</i> (Ehrenb.) S. Hughes	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
24	<i>Orbilia oligospora</i> (Fresen.) Baral & E. Weber	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
25	<i>Tetracladium marchalianum</i> de Wild.**/	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
26	<i>Fusarium fujikuroi</i> Nirenberg	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
27	<i>Neonectria lugdunensis</i> (Sacc. & Therry) L. Lombard & Crous	+	+	-	+	-	+	-	+	-	+
28	<i>Verticillium Lateritum</i> Barkeley	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
29	<i>Trichoderma viride</i> Pers.	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-

**Примечание:** \*/ - виды, патогенные для животных и человека; \*\*/ - виды, являющиеся показателями чистоты водоемов; ДО – до опыта; ПО – после опыта.

Микологические пробы собраны весной, летом и осенью. Всего было собрано 63 пробы, из них 31 качественных и 32 количественных. В результате их обработки было обнаружено 29 видов грибов.

Видовой состав грибов после очищения воды исследуемыми растениями в 1 и 2 прудах имеет специфичный характер. В этих прудах доминировали в основном условно-водные грибы – представители родов *Aspergillus*, *Mucor*, *Trichoderma*, из водных *Aphanomyces laevis*, *Dictyuchus monosporus*, *Leptomitilacteus*, *Saprolegnia hypogyna*. Из водных гифомицетов *Tetraceladum marchalianum*, *Anguillospora longissima* - являются показателем чистоты водоемов.

## 5.2. Биологическая очистка сточных вод птицефабрики.

Проводилось сравнительное изучение физических свойств и химического состава сточных вод птицефабрик до и после культивирования изученных видов ВВР (рисунки 5.2.1 и 5.2.2).

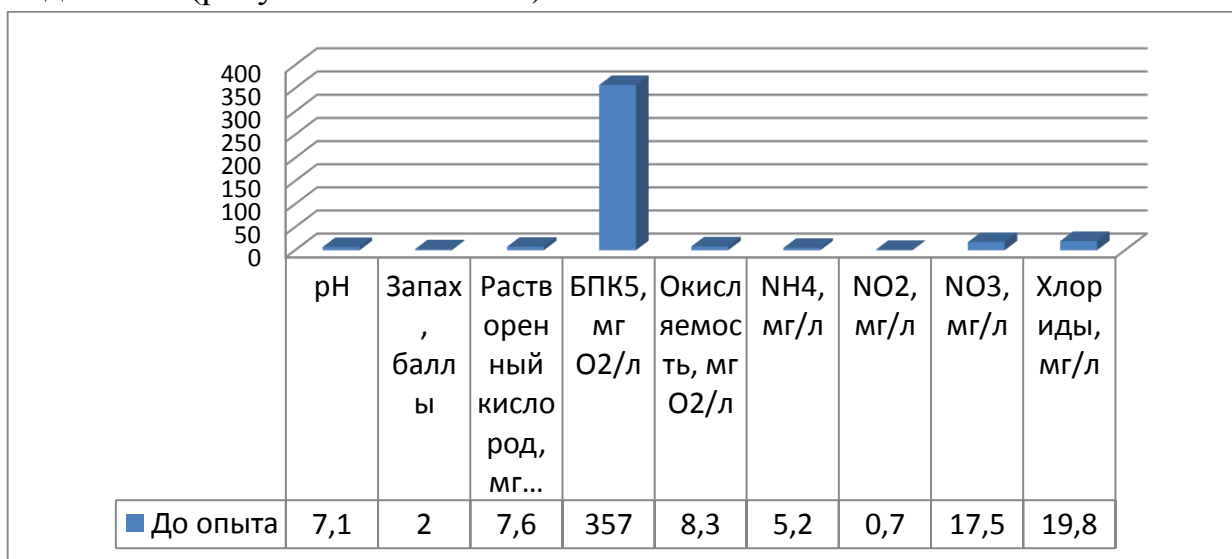


Рисунок 5.2.1 - Физические свойства и химический состав сточной воды птицефабрики до культивирования высших водных растений.

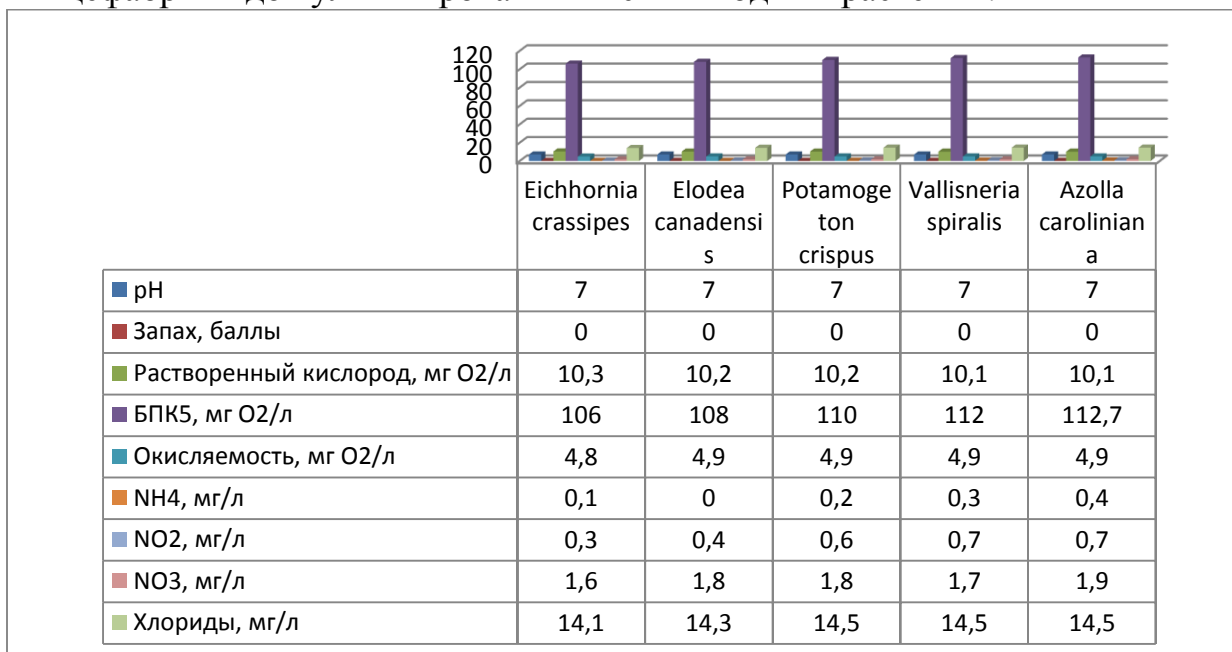


Рисунок 5.2.2 - Физические свойства и химический состав сточной воды

птицефабрики после культивирования высших водных растений.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что при выращивании вышеотмеченных высших водных растений физические свойства и химический состав сточной воды значительно улучшаются. Сточная вода становится прозрачной и без запаха.

Численность сапрофитов и бактерий кишечных групп в конце опыта при культивировании вышеотмеченных высших водных растений уменьшается на порядок (от  $10^4$  до  $10^2$  кл/мл) во всех разведениях (таблица 5.2.1).

Таблица 5.2.1. - Количество сапрофитных и кишечных групп бактерий в сточной воде птицефабрики до и после культивирования высших водных растений (лабораторный опыт)

№	Варианты опыта	Сапрофиты, кл/мл			Кишечные, кл/мл		
		Сутки			Сутки		
		1	5	10	1	5	10
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Eichhornia crassipes</i>							
1	СВ ПФ 100% (10 л) + 300 г ВВР;	$6 \times 10^4$	$1 \times 10^4$	$2 \times 10^3$	$3 \times 10^4$	$1 \times 10^3$	$4 \times 10^2$
2	СВ ПФ 75% (7,5 л) + 25 % ВВ (2,5 л) + 300 г ВВР;	$5 \times 10^4$	$7 \times 10^3$	$2 \times 10^3$	$2 \times 10^4$	$3 \times 10^3$	$3 \times 10^2$
3	СВ ПФ 50% (5 л) + 50 % ВВ (5 л) + 300 г ВВР;	$3 \times 10^4$	$5 \times 10^3$	$1 \times 10^3$	$4 \times 10^3$	$2 \times 10^3$	$2 \times 10^2$
4	СВ ПФ 25% (2,5 л) + 75 % ВВ (7,5 л) + 300 г ВВР;	$2 \times 10^4$	$2 \times 10^3$	$1 \times 10^2$	$2 \times 10^3$	$1 \times 10^3$	$1 \times 10^2$
<i>Elodea canadensis</i>							
1	СВ ПФ 100% (10 л) + 300 г ВВР;	$6 \times 10^4$	$1 \times 10^4$	$2 \times 10^3$	$3 \times 10^4$	$1 \times 10^4$	$5 \times 10^2$
2	СВ ПФ 75% (7,5 л) + 25 % ВВ (2,5 л) + 300 г ВВР;	$5 \times 10^4$	$7 \times 10^3$	$2 \times 10^3$	$2 \times 10^4$	$3 \times 10^3$	$4 \times 10^2$
3	СВ ПФ 50% (5 л) + 50 % ВВ (5 л) + 300 г ВВР;	$3 \times 10^4$	$5 \times 10^3$	$1 \times 10^3$	$4 \times 10^3$	$1 \times 10^3$	$2 \times 10^2$
4	СВ ПФ 25% (2,5 л) + 75 % ВВ (7,5 л) + 300 г ВВР;	$2 \times 10^4$	$3 \times 10^3$	$1 \times 10^3$	$2 \times 10^3$	$1 \times 10^2$	$1 \times 10^2$
<i>Potamogeton crispus</i>							
1	СВ ПФ 100% (10 л) + 300 г ВВР;	$6 \times 10^4$	$3 \times 10^4$	$1 \times 10^4$	$3 \times 10^4$	$5 \times 10^3$	$6 \times 10^2$
2	СВ ПФ 75% (7,5 л) + 25 % ВВ (2,5 л) + 300 г ВВР;	$5 \times 10^4$	$8 \times 10^3$	$3 \times 10^3$	$2 \times 10^4$	$3 \times 10^3$	$4 \times 10^2$
3	СВ ПФ 50% (5 л) + 50 % ВВ (5 л) + 300 г ВВР;	$3 \times 10^4$	$5 \times 10^3$	$2 \times 10^3$	$4 \times 10^3$	$2 \times 10^3$	$2 \times 10^2$
4	СВ ПФ 25% (2,5 л) + 75 % ВВ (7,5 л) + 300 г ВВР;	$2 \times 10^4$	$4 \times 10^3$	$1 \times 10^3$	$2 \times 10^3$	$2 \times 10^2$	$1 \times 10^2$
<i>Vallisneria spiralis</i>							
1	СВ ПФ 100% (10 л) + 300 г ВВР;	$6 \times 10^4$	$4 \times 10^4$	$2 \times 10^4$	$3 \times 10^4$	$4 \times 10^3$	$5 \times 10^2$
2	СВ ПФ 75% (7,5 л) + 25 % ВВ (2,5 л) + 300 г ВВР;	$5 \times 10^4$	$1 \times 10^4$	$5 \times 10^3$	$2 \times 10^4$	$2 \times 10^3$	$3 \times 10^2$
3	СВ ПФ 50% (5 л) + 50 % ВВ (5 л) + 300 г ВВР;	$3 \times 10^4$	$6 \times 10^3$	$3 \times 10^3$	$4 \times 10^3$	$2 \times 10^2$	$2 \times 10^2$
4	СВ ПФ 25% (2,5 л) + 75 % ВВ (7,5 л) + 300 г ВВР;	$2 \times 10^4$	$3 \times 10^3$	$1 \times 10^3$	$2 \times 10^3$	$1 \times 10^2$	$1 \times 10^2$
<i>Azolla caroliniana</i>							
1	СВ ПФ 100% (10 л) + 300 г ВВР;	$6 \times 10^4$	$3 \times 10^4$	$1 \times 10^4$	$3 \times 10^4$	$3 \times 10^3$	$4 \times 10^2$

Продолжение таблицы 5.2.1

1	2	3	4	5	6	7	8
2	СВ ПФ 75% (7,5 л) + 25 % ВВ (2,5 л) + 300 г ВВР;	$5 \times 10^4$	$6 \times 10^3$	$4 \times 10^3$	$2 \times 10^4$	$2 \times 10^3$	$4 \times 10^2$
3	СВ ПФ 50% (5 л) + 50 % ВВ (5 л) + 300 г ВВР;	$3 \times 10^4$	$5 \times 10^3$	$3 \times 10^3$	$4 \times 10^3$	$3 \times 10^2$	$3 \times 10^2$
4	СВ ПФ 25% (2,5 л) + 75 % ВВ (7,5 л) + 300 г ВВР;	$2 \times 10^4$	$2 \times 10^3$	$3 \times 10^2$	$2 \times 10^3$	$2 \times 10^2$	$1 \times 10^2$

**Примечание:** СВ – сточная вода; ВВ – водопроводная вода; ВВР – высшая водная растения.

**5.3. Биологическая очистка сточных вод свиногокомплексов.** Сточные воды свиногокомплексов чрезвычайно разнообразны по составу и концентрации минеральных компонентов, характеризуются повышенной минерализацией (рисунки 5.3.1 и 5.3.2).

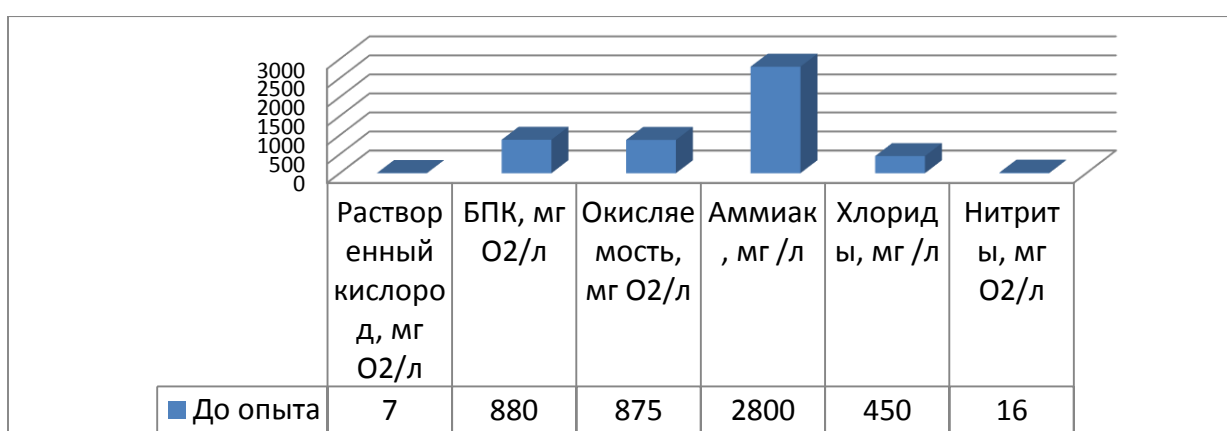


Рисунок 5.3.1 - Физические свойства и химический состав сточной воды свиногокомплекса до культивирования высших водных растений.

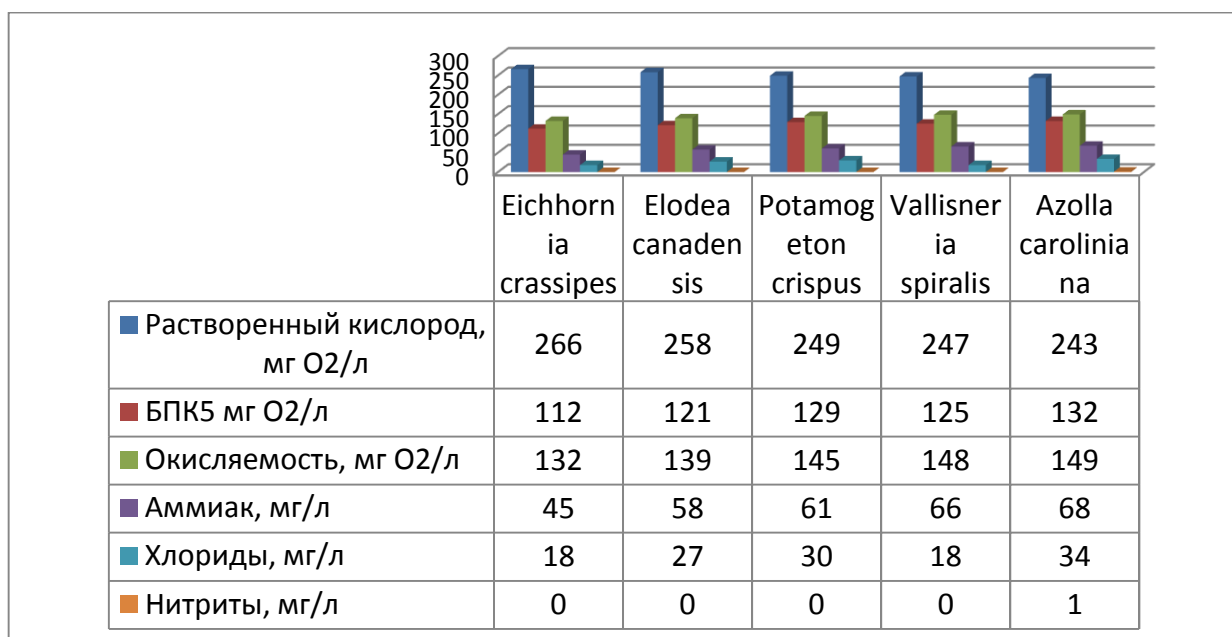


Рисунок 5.3.2 - Физические свойства и химический состав сточной воды свиногокомплекса после культивирования высших водных растений.



В связи с этим проводилось сравнительное изучение физических свойств и химического состава сточных вод свиного комплекса до и после культивирования изученных видов высших водных растений.

Видно, что при использовании отмеченных высших водных растений для биологической очистки сточных вод, значительно интенсифицируется степень очистки сточных вод. Сточная вода становится прозрачной и без запаха.

Таким образом, анализ полученных результатов подтверждает видовые отличия растений по способности аккумулировать химические вещества. Наиболее интенсивной поглощающей способностью среди изученных видов обладают *Eichhornia crassipes*, *Elodea canadensis* и *Potamogeton crispus*. Наиболее акклиматизированной к условиям южного Кыргызстана оказались *Elodea canadensis* и *Potamogeton crispus*. Они быстро размножаются и не требуют создания специальных условий для доочистки сточных вод.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Доказана возможность использования сточных вод животноводческих комплексов крупного рогатого скота, птицефабрик и свиного комплекса как эффективной питательной среды для культивирования *Vallisneria spiralis*, *Potamogeton crispus*, *Elodea canadensis*, *Eichhornia crassipes*, *Azolla caroliniana*. Для каждого изученного вида высших водных растений определены оптимально допустимые концентрации.

2. Определена оптимальная первоначальная плотность высших водных растений в исследованных сточных водах. В сточных водах животноводческого комплекса: *Eichhornia crassipes* – 3000 г/м<sup>2</sup>; *Potamogeton crispus* – 3000 г/м<sup>2</sup>; *Elodea canadensis* – 2000 г/м<sup>2</sup>; *Vallisneria spiralis* – 4000 г/м<sup>2</sup>; *Azolla caroliniana* – 8000 г/м<sup>2</sup>. В сточных водах птицефабрики: *Eichhornia crassipes* – 2000 г/м<sup>2</sup>; *Potamogeton crispus* – 3000 г/м<sup>2</sup>; *Elodea canadensis* – 3000 г/м<sup>2</sup>; *Vallisneria spiralis* – 4000 г/м<sup>2</sup>; *Azolla caroliniana* – 8000 г/м<sup>2</sup>. В сточных водах свиного комплекса: *Eichhornia crassipes* – 2000 г/м<sup>2</sup>; *Potamogeton crispus* – 3000 г/м<sup>2</sup>; *Elodea canadensis* – 3000 г/м<sup>2</sup>; *Vallisneria spiralis* – 4000 г/м<sup>2</sup>; *Azolla caroliniana* – 7000 г/м<sup>2</sup>.

3. Установлено, что высшие водные растения в климатических условиях юга Кыргызстана интенсивно растут и дают оптимальный прирост сырой биомассы в теплые месяцы года (июнь- август). С наступлением холодных дней (ноябрь) и в ранне-весенние месяцы (март-май) рост их резко замедляется. На основе научных опытов дана экологическая оценка возможности использования изученных видов высших водных растений для очистки сточных вод.

4. Исследовано влияние сбора прироста биомассы на урожайность высших водных растений и установлено, что максимальное накопление биомассы происходит при сборе через каждые 3 дня.

5. Установлено, что наиболее устойчивыми к действию додецилсульфата натрия и смесового препарата «Аист» при однократном внесении относятся *Eichhornia crassipes*, *Elodea canadensis* и *Potamogeton crispus*. Относительно более чувствительными является *Vallisneria spiralis*. *Azolla caroliniana* - крайне чувствителен к действию додецилсульфата натрия при однократном внесении. Предельно допустимая концентрация с разовыми добавками составила от 0,7 до 1,9 мг/л. Предельная концентрация поверхностно активного вещества додецилсульфата натрия на 1 г фитомассы в условиях периодического действия для: *Eichhornia crassipes* – 11,9 мг/л, *Elodea canadensis* – 11,8 мг/л, *Potamogeton crispus* – 11,3 мг/л, *Vallisneria spiralis* – 10,1 мг/л, *Azolla caroliniana* – 16,4 мг/л. Предельно допустимая концентрация смесового препарата «Аист» в условиях периодического действия при разовом внесении 12,5 мг/л для: *Eichhornia crassipes* составляет 262,5 мг/л, *Elodea canadensis* – 150 мг/л, *Potamogeton crispus* – 125 мг/л, *Vallisneria spiralis* – 100 мг/л, *Azolla caroliniana* - 50 мг/л.

6. Дана экологическая оценка очистки сточных вод животноводческого комплекса крупного рогатого скота, птицефабрик, свинокомплексов с использованием высших водных растений. Наиболее интенсивной поглощающей способностью среди изученных видов обладают *Eichhornia crassipes*, *Elodea canadensis* и *Potamogeton crispus*. После очистки значительно улучшаются физические свойства и химический состав сточных вод, снижается окисляемость и содержание всех форм азота, увеличивается количество растворенного в воде кислорода до 13,7 - 16,3 мг /О<sub>2</sub> л, устраняется возможность загрязнения открытых водоемов, почв и подземных вод.

7. Установлено, что содержание сапрофитов в сточных водах до очистки доходит до 45000 кл/мл, после культивирования *Eichhornia crassipes*, *Elodea canadensis*, *Potamogeton crispus*, *Vallisneria spiralis* и *Azolla caroliniana* их количество снижается до 687 (98,5%), 731 (98,4), 767 (98,3%), 712 (98,4), 795 (98,2) кл/мл. Количество БГКП снижается 93 – 95,5 %. В этих прудах доминировали в основном условно-водные грибы – *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor*, *Trichoderma*.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Биологическую очистку сточных вод животноводческих комплексов крупного рогатого скота, птицефабрики и свинокомплексов можно производить с использованием *Eichhornia crassipes*, *Elodea canadensis*,

*Potamogeton crispus*, *Vallisneria spiralis* и *Azolla caroliniana*. При использовании их в биологической очистке снижается окисляемость и фосфаты, 100 % очищаются все формы азота, увеличивается количество растворенного в воде кислорода и запах исчезает.

2. Выявленные в данном исследовании количественные показатели устойчивости изученных видов к поверхностно активным веществам додецилсульфата натрия и поверхностно активным веществам, содержащимся в смесевом препарате, вносят вклад в информацию для более обоснованного применения водных растений в целях восстановления водных объектов и кондиционирования воды. Полученные результаты могут быть использованы при разработке, планировании, внедрении и использовании при очистке и доочистке водных объектов и систем с применением высших водных растений.

3. Для изучения алгоритмов расчета допустимых сроков эксплуатации фитокомпонента гидрофитных систем в целях минимизации возможного негативного воздействия высших водных растений на качество воды и поддержания устойчивости функционирования гидрофитной системы рекомендуется использовать данные о допустимых нагрузках загрязняющих веществ на высшие водные растения.

4. Полученные значения допустимых нагрузок загрязняющих веществ на высшие водные растения рекомендуется учитывать при проектировании гидрофитных систем для обеспечения: соответствия эксплуатационных показателей фитокомпонента системы расчетным проектным значениям; предотвращения вторичного загрязнения воды в гидрофитных системах вследствие отмирания части высших водных растений в результате негативного действия загрязняющих веществ; расчета количества фитомассы (сырого веса) на единицу объема гидрофитной системы, достаточного для удовлетворения функциональности системы.

#### **Список работ, опубликованных по теме диссертации**

1. Раимбеков К. Т. Биология опыления *Eichhornia crassipe* Solms. в условиях интродукции в Южном Кыргызстане [Текст] / К. Т. Раимбеков, А. А.Токоев, И. Т.Мырзабаев // Известия ОшГУ. – 2005. – С. 87-90.

2. Раимбеков К.Т. Биотехнология массового культивирования и использования *Eichhornia crassipe* Solms. при биологической очистке сточных вод АО «Кадамжайский сурьмяный комбинат» [Текст] / К. Т. Раимбеков, А. А.Токоев, И. Т. Мырзабаев // Известия ОшГУ. – 2005. – С. 90-95.

3. Раимбеков К. Т. Биологическая очистка сточных вод фермерского хозяйства «Касым ата» путем культивирования *Eichhornia crassipe* Solms.

[Текст] / К. Т. Раимбеков, Ш. Ташбалтаева // Известия ОшГУ. – 2006. – №1. – С. 90-95.

4. Раимбеков К.Т. Возможности использования эйхорнии отличной для очистки сточных вод животноводческих комплексов [Текст] / К. Т. Раимбеков, Ш. Ташбалтаева // ОшМУ жарчысы. – 2007. – №4. – С. 102-105.

5. Раимбеков К.Т. Продуктивность эйхорнии отличной при культивировании на сточных водах различных производств [Текст] / К.Т. Раимбеков // Известия ОшГУ. – 2008. - №2. – С. 55-60.

6. Раимбеков К.Т. Поиски и отбор высокопродуктивных форм эйхорнии отличной [Текст] / К.Т. Раимбеков // Известия ОшГУ. – Ош. – 2008. - №2. – С. 60-64.

7. Раимбеков К. Т. Влияние эйхорнии отличной на микрофлоры сточных вод животноводческих комплексов [Текст] / К. Т. Раимбеков, Ш. Ташбалтаева // ОшМУ жарчысы. – 2009. – №4. – С. 231-233. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27520282>

8. Раимбеков К. Т. Биологическая очистка сточных вод свиного комплекса [Текст] / К. Т. Раимбеков // Наука и новые технологии. – 2009. - №10. – С. 33-37. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26489701>

9. Раимбеков К. Т. Морфо-биологическая характеристика эйхорнии отличной в условиях интродукции [Текст] / К.Т. Раимбеков // Наука и новые технологии. – 2009. - №10. – С. 37-40. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26489702>

10. Раимбеков К. Т. Влияние биомассы эйхорнии отличной на организм животных [Текст] / К. Т. Раимбеков // Известия ВУЗов. – 2010. – №7. – С. 10-12. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25997541>

11. Раимбеков К. Т. Изучение химического состава биомассы эйхорнии отличной до и после термической обработки [Текст] / К. Т. Раимбеков // Известия ВУЗов. – 2010. – №7. – С. 12-14. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26203095>

12. Раимбеков К. Т. Влияния биомассы эйхорнии отличной на организм крупного рогатого скота [Текст] / К. Т. Раимбеков, А. А. Токоев // Каз.ГУ. – Алматы. – 2012. – С. 99-103.

13. Раимбеков К. Т. Биохимический состав биомассы эйхорнии отличной до и после термической обработки [Текст] / К. Т. Раимбеков, А. А. Токоев // Каз.ГУ. – Алматы. – 2012. – С. 103-106.

14. Раимбеков К. Т. Изучение влияние биомассы эйхорнии отличной на организм птиц [Текст] / К. Т. Раимбеков, А. А. Токоев // Известия ВУЗов. – 2012. – С. 81-83. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26723761>
15. Раимбеков К. Т. Изучение влияния биомассы эйхорнии отличной на организм поросят [Текст] / К. Т. Раимбеков, А. А. Токоев // ОшМУ жарчысы. – 2012. – №2. – С. 63-68. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30621609>
16. Раимбеков К. Т. О принципах использования *Eichhornia crassipe* Solms. в целях контроля и улучшения состояния сточной воды [Текст] / К. Т. Раимбеков // Наука вчера, сегодня, завтра. – 2016. – №12 (34). – Часть 1. – С. 36-43. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27527430>
17. Раимбеков К. Т. Биоэффекты воздействия однократных добавок ПАВ додецилсульфата натрия и ПАВ содержащего смесового препарата на высшие водные растения [Текст] / К. Т. Раимбеков // Наука вчера, сегодня, завтра. – 2016. – №12 (34). – Часть 1. – С. 43-48. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27527431>
18. Раимбеков К. Т. Воздействия додецилсульфат натрия на водный макрофит *Eichhornia crassipe* Solms. [Текст] / К. Т. Раимбеков // Наука, образование, техника. – 2016. – № 3, 4 (57). – С. 44-48. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28095452>
19. Раимбеков К.Т. Исследования биоэффекты воздействия однократных добавок додецилсульфата натрия на *lerna minor* [Текст] / К. Т. Раимбеков // Наука, образование, техника. – 2016. – №3, 4 (57). – С. 48-51. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28095453>
20. Раимбеков К.Т. Изучение допустимых нагрузок поверхностно-активного вещества додецилсульфат натрия на *azolla caroliana* [Текст] / К. Т. Раимбеков // Инновация в науке. – 2017. – №1 (62). – С. 14-17. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28090832>
21. Раимбеков К.Т. Использование высших водных растений (*Eichhornia crassipe* Solms., *lerna minor*) для доочистки от ионов тяжелых металлов [Текст] / К. Т. Раимбеков // Инновация в науке. – 2017. – №1 (62). – С. 17-20. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28090833>
22. Раимбеков К. Т. Биологические особенности *Eichhornia crassipe* Solms. в условиях юга Кыргызстана [Текст] / К. Т. Раимбеков // Universum: химия и биология. – 2017. – №1 (31). – С.12-15. URL: <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/4149>
23. Раимбеков К.Т. Использование макрофитов для доочистки городских сточных вод [Текст] / К.Т. Раимбеков // Инновация в науке. – 2017. – №4 (65). – С. 8-11. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28825364>
24. Раимбеков К. Т. Биологическая очистка сточных вод

животноводческих комплексов с использованием высших водных растений [Текст] / К. Т. Раимбеков // *Universum: химия и биология*. – 2017. – №3 (33). – С.16-19. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28393926>

25. Раимбеков К.Т. Влияние плотности маточных культур на продуктивность высших водных растений [Текст] / К. Т. Раимбеков // *Universum: химия и биология*. – 2017. – №3 (33). – С.19-22. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28393927>

26. Раимбеков К. Т. Биология *Eichhornia crassipe* Solms. и возможности ее практического использования. [Текст]: научная монография / К. Т. Раимбеков. – Ош, 2018. – 140 с.

27. Раимбеков К. Т. Учебно-исследовательская деятельность школьников по изучению влияния pH среды на рост *Eichhornia crassipe* Solms. [Текст] / К. Т. Раимбеков, Е. Н. Потапкин // *Учебный эксперимент в образовании*. – 2019. – №1 (89). – С. 63-68. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37319085>

28. Раимбеков К. Т. Биологическая очистка сточных вод животноводческих комплексов с использованием *Azolla caroliniana* [Текст] / К. Т. Раимбеков, Г. К. Омуралиева // *Наука и инновация*. – 2019. – №4. – С. 184-188.

29. Раимбеков К.Т. Определение предельно возможных нагрузок веществ, загрязняющих биосистему с высшими водными растениями [Текст] / К. Т. Раимбеков // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. – 2019. – №5. – С. 45-51. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38165676>.

30. Раимбеков К. Т. Исследование процессов изъятия солей азота и фосфора высшими водными растениями из сточных вод животноводческих комплексов [Текст] / К. Т. Раимбеков // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. – 2020. – №1. – С. 10-15. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42367545>.

31. Раимбеков К. Т. Анализ основных методов биологической очистки как основа интенсификации работы сооружений [Текст] / К. Т. Раимбеков, С. Т. Моомбеков // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. – 2020. – №2. – С. 45-59. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42513808>

32. Раимбеков К. Т. Разработка методов массового культивирования *Azolla caroliniana* в условиях Юга Кыргызстана [Текст] / К. Т. Раимбеков, С. Т. Моомбеков // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. – 2020. – №3. – С. 12-17. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42620876>

33. Влияние срока сбора прироста биомассы на урожайность высших

водных растений [Текст] / К. Т. Раимбеков // Научное обозрение. Биологические науки. – 2020. – №1. – С. 40-44. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42585459>

34. Раимбеков К. Т. Возможности использования валлиснерии спиральной (*vallisneria spiralis*) в процессе фиторемедиации сточных вод [Текст] / К. Т. Раимбеков, Ж. Илязов // Научное обозрение. Биологические науки. – 2020. – №3. – С. 68-72. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44027878>

35. Raimbekov K. T. Possibilities of using *eichhornia crassipes* Solms. and *lemna minor* L. in wastewater phytoremediation [Текст] / K. T. Raimbekov, R. R. Absatarov, D. B. Apyev // Natural volatiles and essential oils. – 2021. - №8(4). – P. 7950-7966. URL: <https://www.nveo.org/index.php/journal/article/view/1665>

36. Раимбеков К. Т. Саркынды сууларды биологиялык жол менен тазалоо процессине анализ [Текст] / К. Т. Раимбеков, Ш. Ташбалтаева, Ж. И. Илязов // Известия ОшТУ. – 2021. - №2. – С.238-245. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49395206>

37. Раимбеков К. Т. *Azolla caroliniana* ны интродукция шартында өстүрүүнүн оптималдуу шартын аныктоо [Текст] / К. Т. Раимбеков, Ж. И. Илязов // Известия ОшТУ. – 2021. - №2. – С. 245-251. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49395207>

38. Түштүк Кыргызстандын шартында *Eichhornia crassipes* Solms. дун чыдамдуу формасын аныктоо [Текст] / К. Т. Раимбеков // Кыргыз Республикасындагы илимий изилдөөлөр. – 2021. - №1. – С. 40-47. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49924093>

39. Раимбеков К.Т. *Azolla caroliniana* нын интродукция шартында (Ош шаарында) биологиялык-экологиялык өзгөчөлүктөрү [Текст] / Ж. И. Илязов, К. Т. Раимбеков, С. Т. Момбеков // ОшМПУ жарчысы. – 2022. - №1 (19). – С. 206-212. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48545024>

40. Раимбеков К.Т. Булгоочу заттардын суу макрофиттерине таасир этүү чегин аныктоо [Текст] / К. Т. Раимбеков, С. Т. Момбеков, Ж. И. Илязов // ОшМПУ жарчысы. – 2022. - №1 (19). – С. 212-218. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48545025>

41. Раимбеков К. Т. Биологиялык жактан тазаланган саркынды сууларын жогорку түзүлүштөгү суу өсүмдүктөрүн колдонуу менен азот жана фосфор туздарынан тазалоо мыйзам ченемдүүлүктөрү [Текст] / К. Т. Раимбеков // Известия ОшТУ. – 2022. - №2. – С.85-89. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50372207>

42. Assessment of wastewater impact on a natural reservoir in Kyrgyzstan [Текст] / K. T. Raimbekov, S. T. Moombekov, Zh. I. Ilyazov, I. Myrzabaev



//Innovaciencia. – 2023. - №11 (1). – С.1-11. URL: <https://www.researchgate.net/publication/376253268>

43. Раимбеков К.Т. Кыргызстандын аймагында саркынды сууларды табигый көлмөлөргө тийгизген таасирин анализдөө [Текст] / К. Т. Раимбеков, Ж. И. Илязов, С. Т. Моомбеков, Т. А.Эрматова // Известия ОшТУ. – 2023. – №4. – С. 60-68 URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=59851121>

**Раимбеков Каныбек Тургуновичтин 03.02.08 – экология адистиги боюнча «Булганыч сууларды биологиялык жол менен тазалоону күчөтүү үчүн жогорку түзүлүштөгү суу өсүмдүктөрүн пайдаланууну экологиялык баалоо» темасындагы биология илиминин доктору илимий даражасын изденип алуу үчүн жазылган диссертациясынын кыскача РЕЗЮМЕСИ**

**Негизги сөздөр:** булганыч суу, биомасса, суу макрофиттери, водопровод суусу, натрийдин додецильсульфаты, үстүңкү активдүү зат, инкубация, химиялык заттар, сапрофиттер, БПК<sub>5</sub>, ХПК,

**Изилдөө объектиси:** Толугу менен суу түбүндө тамырланып өсүүчү суу өсүмдүктөрүнүн өкүлдөрү - *Vallisneria spiralis* L., *Potamogeton crispus* L., *Elodea canadensis* Michx., ошондой эле суунун үстүндө эркин сүзүүчү макрофиттердин өкүлдөрү - *Eichhornia crassipes* Solms., *Azolla caroliniana* Willd.

**Изилдөө предмети.** Ири мүйүздүү мал чарба комплекстеринин, чочко комплекстеринин жана канаттуулар фабрикасынын булганыч сууларын фиторемедиациялоо.

**Изилдөөнүн максаты:** жогорку түзүлүштөгү суу өсүмдүктөрүн пайдалануу менен биологиялык тазалоочу курулмаларды эксплуатациялоону интенсификациялоонун технологиясынын жана методдорунун теориялык жана прикладдык негиздерин иштеп чыгуу, алардын техникалык-экономикалык натыйжалуулугун жана экологиялык коопсуздугун жогорулатуу.

**Изилдөө усулдары:** Эксперименталдык – талаа жана лабораториялык изилдөө, өндүрүштүк текшерүү.

**Алынган натыйжалар жана анын жаңылыгы.** Кыргызстандын түштүгүндө жогорку суу өсүмдүктөрүнүн: *Vallisneria spiralis*, *Potamogeton crispus*, *Elodea canadensis*, *Eichhornia crassip*, *Azolla caroliniana* өкүлдөрүн колдонуу менен ар кандай биохимиялык элементтердин катышуусунда уулуу органикалык заттары бар саркынды сууларды тазалоонун жана



дезинфекциялоонун технологиясын квалификациялуу тандоону камсыз кылган жаңы илимий багыт негизделди.

**Пайдалануу боюнча сунуштар.** Бул изилдөөлөрдөн алынган колдонулган түрлөрдүн үстүңкү активдүү зат натрийдин додецильсульфатына жана үстүңкү активдүү заты бар аралашма препаратына туруктуулугунун сандык көрсөткүчү суу өсүмдүктөрүн суу объектерин калыбына келтирүү максатында бир канча ишенимдүү колдонуу үчүн өндүрүшкө сунушталат. Алынган жыйынтыктар суу объектерин жана системаларды жогорку түзүлүштөгү суу өсүмдүктөрүн колдонуу менен тазалоону иштеп чыгууда, пландаштырууда жана өндүрүшкө киргизүүдө колдонулушу мүмкүн.

**Колдонуу тармагы:** экология, биотехнология, суу чарбасы.

## РЕЗЮМЕ

докторской диссертации Раимбекова Каныбека Тургуновича на тему «**Экологическая оценка использования высших водных растений для интенсификации биологической очистки сточных вод**» на соискание ученой степени доктора биологических наук по специальности **03.02.08 – экология**

**Ключевые слова:** сточная вода, биомасса, водные макрофиты, водопроводная вода, додецильсульфат натрия, поверхностно активные вещества, инкубация, химическая вещества, сапрофиты, БПК<sub>5</sub>, ХПК.

**Объект исследования:** Представители полностью погруженных укрояющихся водных растений - *Vallisneria spiralis* L., *Potamogeton crispus* L., *Eloдея canadensis* Michx., представители макрофитов, свободно плавающих на поверхности воды - *Eichhornia crassipes* Solms., *Azolla caroliniana* Willd.

**Предмет исследования.** Фиторемедиация сточных вод животноводческих комплексов крупного рогатого скота, свинокомплексов и птицефабрик.

**Цель исследования:** Разработка теоретических и прикладных основ технологии и способов интенсификации работы сооружений биологической очистки животноводческих комплексов с использованием высших водных растений, позволяющих повысить их технико-экономическую эффективность и экологическую безопасность.

**Методы исследования:** Экспериментально-полевые и лабораторные исследования, производственная проверка.

**Полученные результаты и их новизна:** Обосновано новое научное направление, обеспечивающее квалифицированный выбор технологии очистки и обеззараживания сточных вод, содержащих токсичные

органические вещества в присутствии различных биохимических элементов с использованием представителей высших водных растений: *Vallisneria spiralis*, *Potamogeton crispus*, *Elodea canadensis*, *Eichhornia crassip*, *Azolla caroliniana* в условиях юга Кыргызстана.

**Рекомендации по использованию.** Выявленные в данном исследовании количественные показатели устойчивости изученных видов высших водных растений рекомендованы производству для более обоснованного применения водных растений в целях восстановления водных объектов и кондиционирования воды. Полученные результаты могут быть использованы при разработке, планировании, внедрении циклов очистки и доочистки водных объектов и систем с применением высших водных растений.

**Область применения:** экология, биотехнология, водное хозяйство.

## RESUME

**doctoral dissertation of Raimbekov Kanybek Turgunovich on the topic "Ecological assessment of the use of higher aquatic plants for the intensification of biological wastewater treatment" for the degree of Doctor of Biological Sciences in the specialty 03.02.08 – ecology.**

**Keywords:** waste water, biomass, aquatic macrophytes, tap water, sodium dodecyl sulfate, surfactants, incubation, chemical substances, saprophytes, BPK<sub>5</sub>, COD.

**Object of study:** Representatives of completely submerged sheltering aquatic plants - *Vallisneria spiralis* L., *Potamogeton crispus* L., *Elodea canadensis* Michx., representatives of macrophytes freely floating on the surface of the water - *Eichhornia crassipes* Solms., *Azolla caroliniana* Willd.

**Subject of study.** Phytoremediation of wastewater from cattle breeding complexes, pig farms and poultry farms.

**Purpose of the study:** Development of theoretical and applied fundamentals of technology and methods for intensifying the operation of biological treatment facilities of livestock complexes using higher aquatic plants, allowing to increase their technical and economic efficiency and environmental safety.

**Research methods:** Experimental field and laboratory studies, production verification.

**The results obtained and their novelty:** A new scientific direction is substantiated, providing a qualified choice of technology for the purification and disinfection of wastewater containing toxic organic substances in the presence of

various biochemical elements using representatives of higher aquatic plants: *Vallisneria spiralis*, *Potamogeton crispus*, *Elodea canadensis*, *Eichhornia crassip*, *Azolla caroliniana* in the conditions of southern Kyrgyzstan.

**Recommendations for use:** The quantitative indicators of the stability of the studied species of higher aquatic plants identified in this study are recommended to the production for a more reasonable use of aquatic plants for the restoration of water bodies and water conditioning. The results obtained can be used in the development, planning, implementation of purification and post-purification cycles of water bodies and systems using higher aquatic plants.

**Scope of application:** ecology, biotechnology, water management.

