

УДК 574.635

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ИЗЪЯТИЯ СОЛЕЙ АЗОТА И ФОСФОРА ВЫСШИМИ ВОДНЫМИ РАСТЕНИЯМИ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Раимбеков К.Т.

Ошский гуманитарно-педагогический институт имени А.С. Мырсабекова, Ош,
e-mail: raimbekov-K@mail.ru

Эффективным методом фиторемедиации сточных вод животноводческих комплексов считается применение высших водных растений. На современном этапе развития науки недостаточно научных данных о применении высших водных растений в практике фиторемедиации загрязненных вод, об особенностях очистки солей азота и фосфора в зависимости от плотности биомассы и суточного расхода загрязненных вод. Недостаточно информации о применении *Eichhornia crassipes*, *Azolla caroliniana* для очистки загрязненных вод животноводческих комплексов в условиях южного Кыргызстана. Работа посвящена разработке методов очистки и технологии решений по снижению содержания биогенных элементов в процессе биологической очистки сточных вод животноводческих комплексов высшими водными растениями. В статье представлен также общий анализ по изучению процессов изъятия солей азота и фосфора при различной плотности биомассы *Eichhornia crassipes*, *Azolla caroliniana*. В результате лабораторных исследований было выявлено, что увеличение плотности биомассы *Eichhornia crassipes* с 1000 до 2000 г/м² приводит к снижению эффективности изъятия биогенных элементов из сточных вод. Оптимальная интенсивность изъятия азота аммонийного наблюдается при плотности биомассы 800 г/м². Доказано, что при плотности биомассы 500 г/м² эффективно удаляется азот нитратов, азот нитритов и фосфаты. В ходе исследования было установлено, что *Eichhornia crassipes* снижает расход с 47 до 6 м³/сут. на 1 м³ сооружений приводит к снижению интенсивности изъятия биогенных элементов из сточных вод. Для *Azolla caroliniana* оптимальная интенсивность изъятия азота аммонийного и фосфатов зафиксирована при расходе стоков 47 м³/сут. Азот нитратов и нитритов эффективно удаляется при расходе стоков 8 м³/сут.

Ключевые слова: биомасса, высшее водное растение, биогенные элементы, плотность, сточная вода, расход стоков

INVESTIGATION OF THE PROCESSES OF REMOVAL OF NITROGEN AND PHOSPHORUS SALTS BY HIGHER AQUATIC PLANTS FROM BIOLOGICALLY TREATED WASTEWATER

Raimbekov K.T.

Osh Humanitarian and Pedagogical Institute named after A.S. Myrsabekov, Osh,
e-mail: raimbekov-K@mail.ru

An effective method of biological wastewater treatment of livestock complexes is the use of higher aquatic plants. At the same time, there is not enough information about the use of higher aquatic plants in the technology of phytoremediation of wastewater, patterns of withdrawal of nitrogen and phosphorus salts by higher aquatic plants depending on technological parameters, not enough information about the use of representatives of higher aquatic plants *Eichhornia crassipes*, *Azolla caroliniana* in the climatic conditions of southern Kyrgyzstan. The work is devoted to the development of technology and technical solutions to reduce the content of biogenic elements in the process of biological wastewater treatment of livestock complexes by higher water plants. The article also presents a General analysis of the processes of removal of nitrogen and phosphorus salts at different densities of biomass *Eichhornia crassipes*, *Azolla caroliniana*. As a result of laboratory studies, it was found that an increase in the biomass density of *Eichhornia crassipes* from 1000 to 2000 g / m² leads to a decrease in the efficiency of removal of biogenic elements from wastewater. The optimal intensity of removal of ammonium nitrogen is observed at a biomass density of 800 g / m². It is proved that at a biomass density of 500 g/m² nitrogen of nitrates nitrogen of nitrites and phosphates is effectively removed. The study found that *Eichhornia crassipes* reduced flow rate from 47 to 6 m³ / day. per 1 m³ of structures leads to a decrease in the intensity of removal of biogenic elements from wastewater. For *Azolla caroliniana*, the optimal intensity of removal of ammonium nitrogen and phosphates was recorded at a flow rate of 47 m³/day. Nitrogen of nitrates and nitrites is effectively removed at a flow rate of 8 m³/day.

Keywords: biomass, higher water plant, biogenic elements, density, waste water, flow rate

В настоящее время качественный состав сточных вод животноводческих комплексов претерпевает изменения из-за повышения доли трудноокисляемых фосфорсодержащих, азотосодержащих и органических веществ. Большинство биологических очистных сооружений, введенных в действие более 30-40 лет назад по природоохранным

нормам той эпохи, не отвечают современным требованиям по ограничению сброса загрязняющих веществ, в том числе биогенных элементов (солей азота и фосфора) [1, 2].

Эвтрофирование водных объектов и гибель водной фауны и флоры обусловлено поступлением в концентрациях,

превышающих предельно допустимые нормы, биогенных элементов. В настоящее время данных о применении в технологии биологической очистки сточных вод животноводческих комплексов высших водных растений; о возможностях высших водных растений извлекать соли фосфора и азота с учетом технологических параметров. Другой проблемой является недостаточность сведений о применении высших водных растений на Юге Кыргызстана, который имеет свои климатические особенности и параметры, по которым подбираются высшие водные растения [3–5].

Эти доводы позволили определить актуальность и необходимость разработки методов и технологий по снижению содержания биогенных элементов в процессе биологической очистки сточных вод животноводческого комплекса.

Цель исследования: экспериментально обосновать и дать оценку биологического очищения сточных вод животноводческих комплексов для уменьшения количества солей фосфора и азота при помощи *Eichhornia crassipes*, *Azolla caroliniana*.

Материалы и методы исследования

По «Методике выполнения измерений массовой концентрации ионов аммония в очищенных сточных водах фотометрическим методом с реактивом Несслера ПНДФ 14.1-95» было установлено количество азота аммонийного. По «Методике выполнения измерений массовой концентрации нитрат-ионов в природных и сточных водах фотометрическим методом с салициловой кислотой ПНДФ 14.1:2.4-95» было установлено количество азота нитратного. По «Методике выполнения измерений массовой концентрации нитрит-ионов в природных и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Грисса ПНДФ 14.1:2.3-95» было установлено количество азота нитратного. По «Методике выполнения измерений массовой концентрации фосфат-ионов в пробах природных и очищенных сточных вод фотометрическим методом восстановлением аскорбиновой кислотой ПНДФ 14.1:2.112-97» было установлено количество фосфатов [6, 7].

Массовая концентрация определяемых объектов проводилась в нормальных условиях лабораторных исследований: Температура окружающего воздуха 21 ± 4 °С, атмосферное давление 85-105 кПа, относительная влажность 81 ± 4 %, Частота переменного тока 50 ± 2 Гц, напряжение в сети 220 ± 9 В.

Результаты исследования и их обсуждение

В Ошском гуманитарно-педагогическом институте проводились исследования, которые подтвердили эффективность применения представителей плавающих высших водных растений *Eichhornia crassipes* и *Azolla caroliniana* для уменьшения количества в них солей фосфора и азота в ходе биологической очистки сточных вод животноводческих комплексов.

С целью изучения извлечения биогенных элементов из очищенных сточных вод были проведены исследования зависимости от расхода сточных вод и плотности биомассы растений интенсивности поглощения солей фосфора и азота. В ходе эксперимента расход стоков был от 6 до 47 м³/сут, а плотность биомассы *Azolla caroliniana* составляла 500, 800 и 1000 г/м². Научные эксперименты проводились в весенне-летний сезон, в помещении лаборатории института. На рис. 1 приведены результаты научных экспериментов по изучению особенности извлечения солей фосфора и азота с использованием *Azolla caroliniana*, когда плотность биомассы составляет 500 г/м².

Как показали наши опыты, при расходе стоков 8 м³/сут фиксируется интенсивность извлечения азота аммонийного. Установление расхода стоков 47 м³/сут дает наивысшую интенсивность извлечения фосфатов, азота нитритов и азота нитратов.

На рис. 2 показаны результаты процессов извлечения солей фосфора и азота с *Azolla caroliniana* при плотности сырой биомассы 800 г/м².

Доказано, при расходе 47 м³/сут происходит оптимальное изъятие азота аммонийного, быстрота извлечения составляет 0,685 г/сут. Наивысшая быстрота извлечения азота нитритов (1,85 г/сут), азота нитратов (0,796 г/сут) зафиксирована, когда расход стоков составляет 12 м³/сут. При расходе стоков 47 и 24 м³/сут происходит максимальная быстрота извлечения фосфатов (0,453 г/сут).

Исследованы процессы извлечения солей фосфора и азота при плотности сырой биомассы *Azolla caroliniana* 1000 г/м² (рис. 3).

При расходе стоков 47 м³/сутки происходит максимальная быстрота извлечения фосфатов (0,657 г/сут) и азота аммонийного (0,438 г/сут). При расходе стоков 8 м³/сут происходит максимальная извлечения азота нитритов (0,81 г/сут) и нитратов (0,727 г/сут).

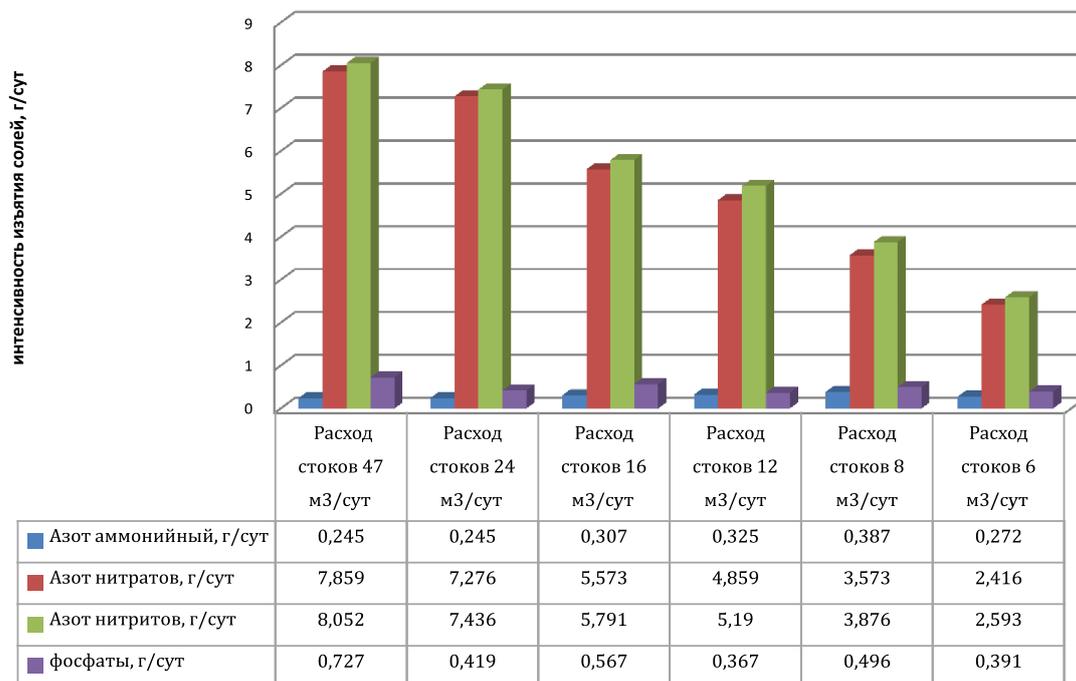


Рис. 1. Интенсивность изъятия солей фосфора и азота с использованием *Azolla caroliniana* (плотность сырой биомассы 500 г/м²)

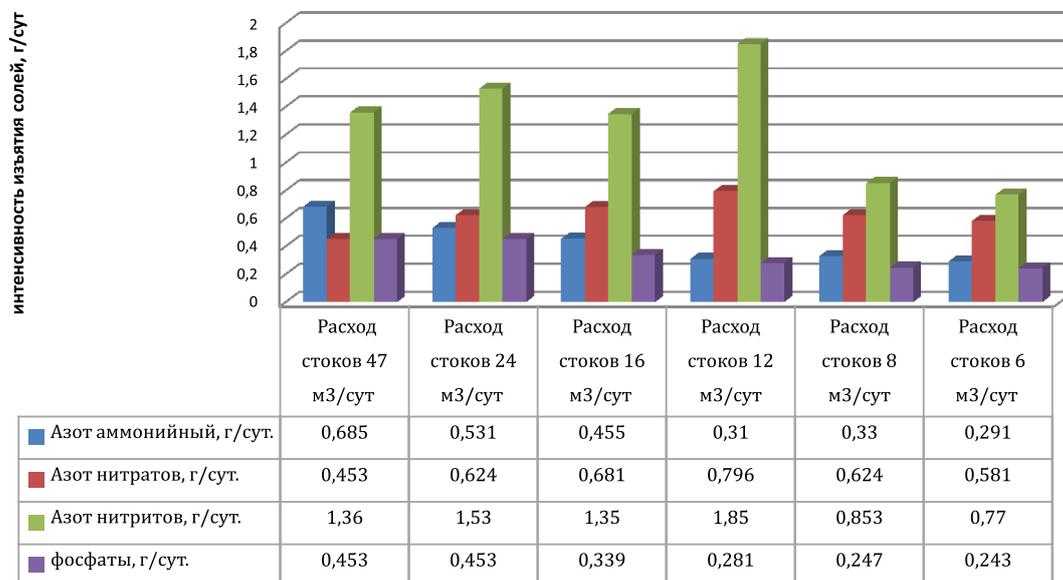


Рис. 2. Интенсивность извлечения солей фосфора и азота с использованием *Azolla caroliniana* (плотность биомассы 800 г/м²)

Нами было проведено несколько лабораторных экспериментов по исследованию процессов извлечения солей фосфора и азота при помощи представителя плавающих высших водных растений *Eichhornia crassipes* с плотностью биомассы 1000, 1500 и 2000 г/м². Температура

воды и воздуха были оптимальными, поэтому эксперименты проходили в оптимальных лабораторных условиях. Проведенные лабораторные опыты показали и положительную динамику поглощения *Eichhornia crassipes* всех форм фосфатов и азота.

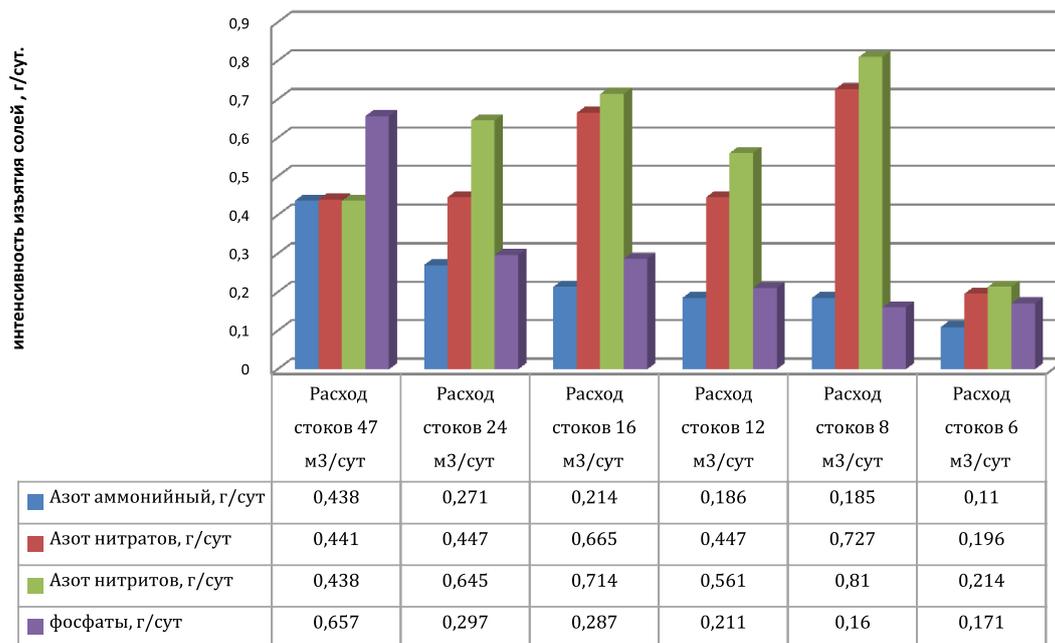


Рис. 3. Интенсивность извлечения солей фосфора и азота при использовании *Azolla caroliniana* (плотность биомассы 1000 г/м²)

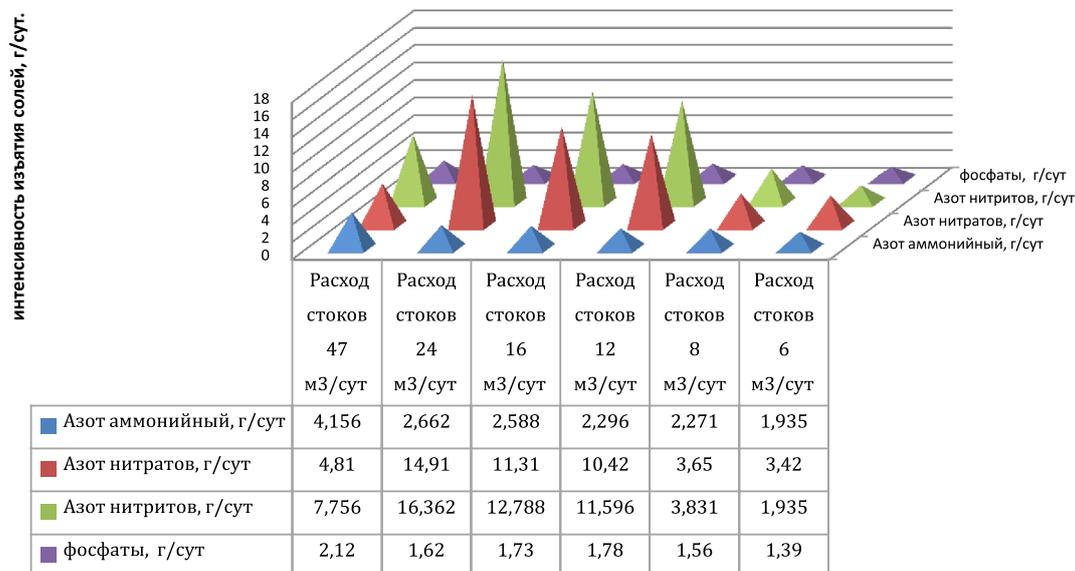


Рис. 4. Результаты исследований интенсивности изъятия солей фосфора и азота *Eichhornia crassipes* с плотностью биомассы 1000 г/м²

На рис. 4 показаны данные лабораторных исследований по изучению процессов изъятия солей фосфора и азота с плотностью биомассы 1000 г/м².

Как показали наши опыты, оптимальная интенсивность изъятия азота аммонийного наблюдалась при установлении расхода стоков 47 м³/сут. При этом суточный

эффективность составляет 0,438 г/сут. При установлении расхода стоков 24 м³/сут отмечены эффективная интенсивность изъятия азота нитратов (14,91 г/сут) и нитритов (16,342 г/сут). Эффективная скорость изъятия фосфатов наблюдалась при установлении расхода стоков 47 м³/сут. При этом интенсивность изъятия составляет 2,12 г/сут.

Поставленный нами эксперимент по изучению эффективности изъятия солей фосфора и азота с плотностью биомассы *Eichhornia crassipes* 1500 г/м² показал, что очищение сточных вод привело к значительному снижению содержания в воде ингридиентов (рис. 5).

Как видно из рис. 5, наиболее эффективно *Eichhornia crassipes* очищает воды от азота аммонийного при установлении расхода стоков 47 м³/сут, их содержание уменьшается до 2,139 г/сут. На основании визуальных наблюдений было видно, что растение успешно адаптировалось к данным условиям, так как оно хорошо росло и размножалось.

Установление расхода стоков 24 м³/сут показало, что эффективность очистки от азота нитритов и нитратов значительно повышается при установлении расхода сто-

ков 8 м³/сут. Эффективность извлечения составляет 2,271 и 2,825 г/сут. Установление расхода стоков 8 м³/сут обеспечивает оптимальную интенсивность изъятия фосфатов (1,464 г/сут).

Результаты экспериментов по изучению процессов извлечения солей фосфора и азота с плотностью биомассы *Eichhornia crassipes* 2000 г/м² приведены в таблице.

Вышеотмеченные данные показывают, что наивысшая эффективность удаления азота нитритов и азота аммонийного растениями *Eichhornia crassipes* достигнута после адаптации при расходе стоков 47 м³/сут. Эффективность очистки 1,191 и 2,411 г/сут. Установление расхода стоков 24 м³/сут обеспечивает эффективное изъятия азота нитратов (2,435 г/сут). Установление расхода стоков 6 м³/сут дает возможность эффективно очищать фосфаты (1,217 г/сут).

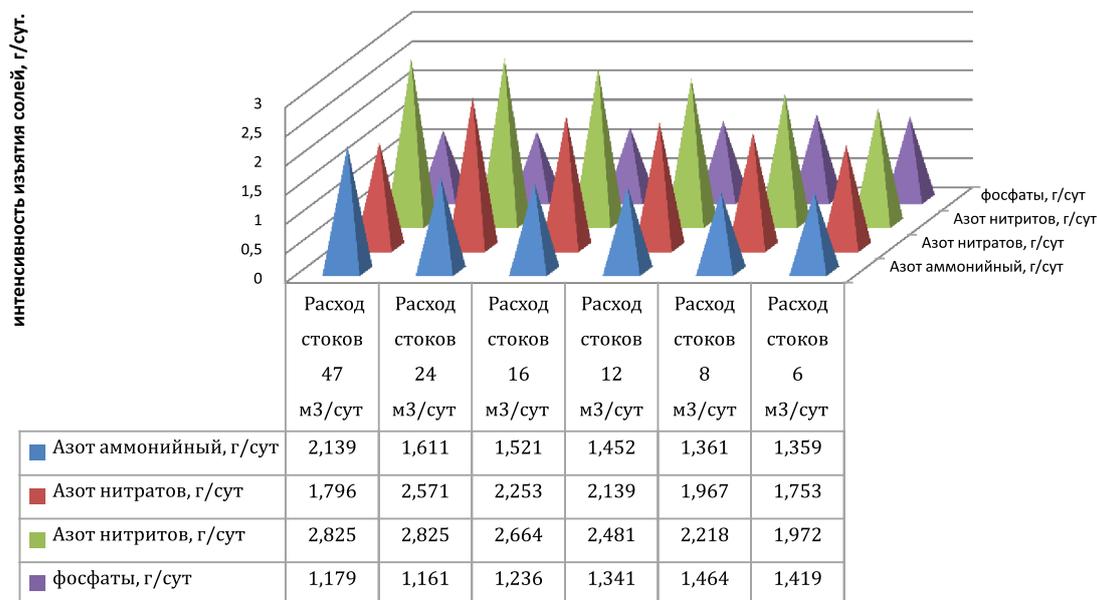


Рис. 5. Интенсивность извлечения солей фосфора и азота *Eichhornia crassipes* с плотностью биомассы 1500 г/м²

Интенсивность извлечения солей фосфора и азота *Eichhornia crassipes* с плотностью биомассы 2000 г/м²

Расход стоков, м³/сут	Показатели, г/сут			
	Азот аммонийный	Азот нитратов	Азот нитритов	Фосфаты
47	1,191	2,311	2,411	1,131
24	1,185	2,435	2,311	1,131
16	1,171	2,111	2,171	1,135
12	1,178	1,861	1,928	1,151
8	1,165	1,611	1,665	1,151
6	1,155	1,485	1,531	1,217

Приведенные выше результаты обусловлены увеличением плотности биомассы из-за изменения освещенности (абиотических факторов), что привело к снижению эффективности изъятия биогенных элементов и нарушило процессы фотосинтеза.

Выводы

1. При повышении плотности биомассы *Eichhornia crassipes* с 1000 до 2000 г/м² уменьшается количество извлеченных из сточных вод биогенных элементов: с 4,156 г/сут до 1,191 г/сут – азота нитратов, с 16,362 г/сут до 2,411 г/сут – азота аммонийного, с 14,91 г/сут до 2,435 г/сут – азота нитритов, с 2,12 до 1,217 г/сут – фосфатов.

2. Наивысшая эффективность извлечения азота аммонийного (0,685 г/сут) при культивировании *Azolla caroliniana* наблюдается, когда плотности биомассы 800 г/м². Эффективность удаления азот нитратов (7,859 г/сут), азот нитритов (8,052 г/сут) и фосфатов (0,727 г/сут) обеспечивается плотностью биомассы 500 г/м².

3. К понижению быстроты извлечения из сточных вод биогенных элементов: с 14,91 до 1,485 г/сут азота нитратов, с 41566 г/сут до 1,155 г/сут азота аммонийного, с 16,362 г/сут до 1,531 г/сут азота нитритов, 2,12 г/сут до 1,131 г/сут фосфатов

для *Eichhornia crassipes* приводит снижение расхода с 47 до 6 м³/сут на 1 м³ сооружений.

4. Для *Azolla caroliniana* оптимальное извлечение фосфатов и азота аммонийного зафиксировано при расходе стоков 47 м³/сут (ПБ = 1000 г/м²). Азот нитратов и нитритов эффективно удаляется при расходе стоков 8 м³/сут (ПБ = 1000 г/м²).

Список литературы

1. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды. М.: Природа, 2010. 610 с.
2. Чачина С.Б., Таранникова О.А. Использование биотехнологических методов доочистки нефтесодержащих сточных вод промышленных предприятий // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 8–3. С. 23–27.
3. Раимбеков К.Т. Определение предельно возможных нагрузок веществ, загрязняющих биосистему с высшими водными растениями // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019. № 5. С. 45–51.
4. Токоев А.А. Биологическая очистка сточных вод городского очистительного сооружения г. Ош с использованием *Eichhornia crassipes* Solms.: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Ош, 2014. 22 с.
5. Раимбеков К.Т. Биологические особенности *Eichhornia crassipes* Solms. в условиях юга Кыргызстана // Univer-sum: химия, биология. 2017. № 1 (31). С. 12–16.
6. Адлер Ю.П., Маркова Е.Д. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Нука, 1976. 279 с.
7. Бояршинов А.И., Кафаров В.В. Методы оптимизации в химической технологии. М.: Химия, 1969. 574 с.