

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ CHLORELLA И ВЫСШИХ ВОДНЫХ РАСТЕНИЙ РЯСКА LEMNA ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД В ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ПРИАРАЛЬЯ

Рустамова С.Р., Утемуратова Г.Н.

Каракалпакский научно-исследовательский институт естественных наук

Аннотация. В статье представлены результаты исследований использования водных растений для очистки сточных вод в замкнутых экосистемах Приаралья. Водные растения *Lemna minor* и *Chlorella vulgaris* обладают высокой эффективностью очистки сточных вод замкнутых экосистем и их эффективность в качестве биофильтров составляют основу совершенствования технологии биологической очистки сточных вод.

Ключевые слова: водные экосистемы, водные растения, регион Приаралья, сточные воды, очистка.

Annotation. The article presents the results of research on the use of aquatic plants for wastewater treatment in closed ecosystems of the Aral Sea region. Aquatic plants *Lemna minor* and *Chlorella vulgaris* have a high efficiency of wastewater treatment of closed ecosystems and their effectiveness as biofilters form the basis for improving the technology of biological wastewater treatment.

Key words: aquatic ecosystems, aquatic plants, the Aral Sea region, wastewater, purification.

Проблема загрязнения окружающей среды выбросами углекислого газа все активнее обсуждается в современном обществе, в частности, в 2015 году достигнуто Парижское соглашение в рамках Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций (ООН) об изменении климата, регулирующее меры по снижению углекислого газа в атмосфере с 2020 года. Одновременно с ростом численности людей происходит увеличение потребления воды и, как следствие, увеличение количества образующихся сточных вод. Согласно докладу, опубликованному ООН в 2017 году только 20% стоков подвергается очистке, остальные же 80% сбрасываются в окружающую среду без предварительной обработки.

Прогрессивный рост потребительской активности человека является основной причиной возрастания загрязненности окружающей среды. В связи

с увеличением техногенного воздействия на гидросферу задачей государственной важности является обеспечение сохранения качества водных ресурсов [1, 3]. Сточные воды образуются в результате хозяйственно-бытовой и производственной деятельности человека. Они тем или иным путем попадают в воды закрытых водоемов, рек, морей и океанов, где сосредотачивают все многообразие вредных веществ. Важнейшими направлениями в сохранении качества водных ресурсов являются повышение эффективности очистки сточных вод и контроль их качества. Для оценки уровня загрязненности сточной воды токсичными веществами во многих странах (Польше, Германии, Чехии, США) наряду с количественным химическим анализом используется биотестирование, которое следует рассматривать как проведение комплексного анализа сточной воды [3, 8].

В настоящее время огромное внимание уделяется дальнейшему подъему животноводства и птицеводства, как важнейших источников удовлетворения растущих потребностей населения в продуктах питания и сырьевых ресурсов. Отмечено, что создание прочной кормовой базы является главным условием успешного выполнения задач по развитию отраслей народного хозяйства Республики Каракалпакстан – рыбоводства, птицеводства и животноводства.

Водные растения являются богатыми источниками питательных веществ - белков, жиров, углеводов, минеральных солей. Исследование экологических особенностей высших и низших водных растений (*Lemna minor* и *Chlorella*) представляют большой интерес с точки зрения прикладной экологии.

Хлорелла (*Chlorella vulgaris*) - это вид пресноводных водорослей, который обычно встречается в различных водных средах (рис.1). Ее можно найти как в естественных, так и в искусственных водоемах, в озерах, прудах, реках и водохранилищах. Хлорелла процветает в пресноводной среде с обилием солнечного света, поскольку ей необходим свет для фотосинтеза [8].



Рис. 1. Фото хлореллы обыкновенной под микроскопом

Ее можно выращивать, используя минимальные земельные и водные ресурсы по сравнению с традиционным растениеводством. Кроме того, способность хлореллы поглощать углекислый газ и выделять кислород в процессе фотосинтеза делает ее потенциальным кандидатом для связывания углерода и сокращения выбросов парниковых газов.

В связи с этим хлорелла имеет важное хозяйственное значение. В частности, данную водоросль можно применять в качестве добавки к пище [6, 7] и кормам в животноводстве [5], а суспензию хлореллы – для удобрения почв [6]. Кроме того, принципиально интересен потенциал хлореллы для продуцирования кислорода и очистки сточных вод в замкнутых экосистемах.

Наличие в Южном Приаралье многочисленных теплых пресноводных скважин и источников открывают широкую возможность для круглогодичного выращивания *Lemna minor* и *Chlorella*. Массовое культивирование и многопрофильное использование водных растений (*Lemna minor* и *Chlorella*) в условиях Приаралья и использование ее их в различных отраслях сельского хозяйства, а также для очистки сточных вод производственных предприятий является актуальным и имеет большое научное и практическое значение.

Рясковые (Lemnaceae) – это очень малые травянистые растения с зелеными, безлиственными, маленькими, щитовидными сплюснутыми

стебельками, свободно плавающими на поверхности воды или под водой, имеющими на поверхности нижней один или несколько корешков, не связанных с почвой (рис.2). Семейство рясовых включает около 6 родов и более 30 видов, встречающихся на всех континентах нашей планеты. Наиболее широко она распространена в Северной и Южной Америке, Европе, Центральной Африке, на юге Австралии и Южной Азии. Около половины видов обитает в тропиках, остальная часть – в умеренном поясе [2, 3].



Рис. 2. Ряска (*Lemna minor*)

Рясовые являются автотрофами, источником питания для которых служит исключительно окружающая их неорганическая среда. Эти организмы обладают способностью синтезировать все входящие в их состав сложные органические соединения (углеводы, белки, жиры) из неорганических веществ. В качестве источника углерода при синтезе органического вещества они используют из воздуха углекислый газ. Энергию, необходимую для синтеза органических соединений, автотрофные организмы получают из неживой природы [3].

Фиторемедиационные технологии очистки сточных вод, основанные на использовании водных растений представляют в экологическом плане

эффективное дополнение, а в некоторых случаях - альтернативу традиционным технологиям. Сточные воды промышленности содержат сравнительно большое количество биогенных элементов: азота, фосфора и калия, которые необходимы для культивирования биомассы микроводорослей. Поэтому сточные воды промышленности возможно использовать как основу для создания питательной среды культивирования микроводорослей [6].

В качестве эталона для проверки питательной среды из сточных вод следует отбирать различные среды, предложенные специалистами-учеными [4, 5].

При анализе воды ее температура составила $t = 29^{\circ}\text{C}$. Показатель солености воды составил $1350 \pm 1,0 \text{ } \mu\text{s/cm ghb } t = 29^{\circ}\text{C}$. Индикатор pH составил $6,24 \pm 1$ при $t = 29^{\circ}\text{C}$. По заключению анализа энергодисперсионных “ЭДС” элементов были получены следующие результаты (табл.1).

Таблица 1

Показатели анализа элементного состава сточных вод промышленных предприятий Приаралья

№	Название элемента и оксида	количество, %	Погрешность
1	Хлор (Cl)	4,32	0,0017
2	Бром (Br)	0,0115	0,0001
3	Оксид натрия (Na ₂ O)	93,4	1,26
4	Кремнезем (SiO ₂)	0,721	0,0056
5	Оксид серы (SO ₃)	0,236	0,0013
6	Оксид калия (K ₂ O)	0,123	0,0059
7	Оксид кальция (CaO)	0,266	0,0043
8	Оксид железа (Fe ₂ O ₃)	0,0081	0,0002

9	Оксид никеля (NiO)	0,0004	0,0001
10	Оксид меди (CuO)	0,0007	0,0001
11	Оксид цинка (ZnO)	0,0001	0,0001
12	Оксид серебра (Ag ₂ O)	0,0002	0,0001
13	Оксид стронция (SrO)	0,0045	0,0001
14	Оксид алюминия (Al ₂ O ₃)	0,881	0,0174

По результатам элементного анализа установлено, что анализируемая вода содержит соль (NaCl) и небольшое количество солей других металлов. С использованием газожидкостного хроматографа Chromatek-Crystal 9000NP было проведено тестирование на выявление остаточных количество пестицидов, которые не были обнаружены (рис.1).

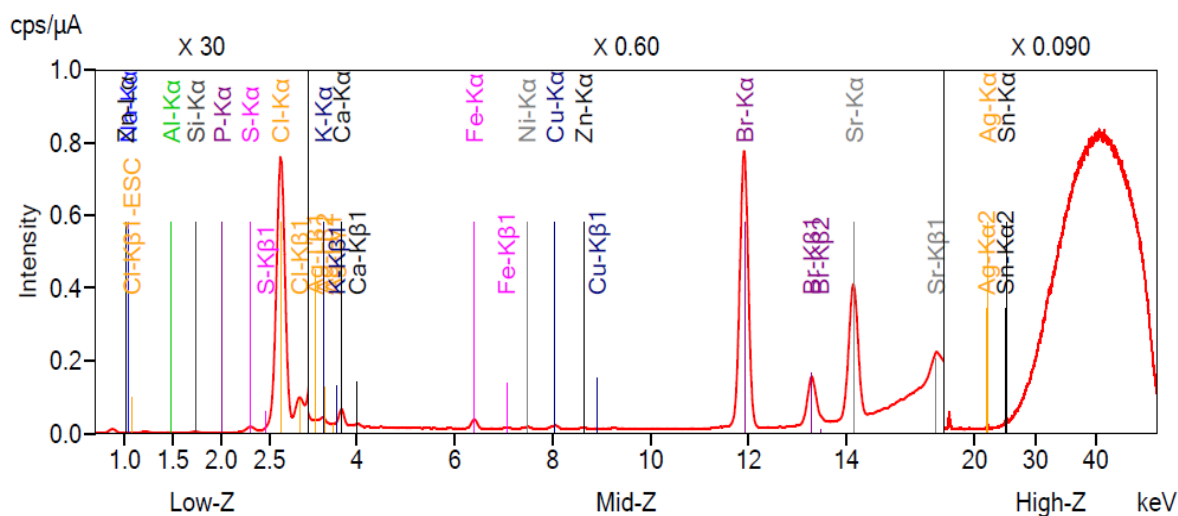


Рис.1. Результаты спектрального анализа качества сточных вод промышленного предприятия «Қорақалпоқ сув таъминоти МЧЖ» (2022 г.)

Результаты изучения физических и химических свойств сточных вод промышленных предприятий (на примере «Қорақалпоқ сув таъминоти МЧЖ»), расположенных на территории Республики Каракалпакстан

представлены на рис.2. Как показал анализ данных, содержание БПК₅ весной в притоке составило 199 мг/дм³ и в выносе -7,64 мг/дм³, в осенний период в притоке составил – 128 мг/дм³, в выносе -6,0 мг/дм³ (при ПДК – 6 мг/дм³). Отметим, что при выносе происходит биологическая очистка сточных вод, что свидетельствует о снижении показателей содержания БПК₅ и приведение его к нормативному уровню.

Также было выявлено наличие содержание сульфатов и хлоридов. Анализ показал, что весной в притоке сточных вод содержание сульфатов составило 343,3 мг/дм³ и в выносе – 191,4 мг/дм³, а в осенний сезон содержание сульфатов в сточной воде составило в притоке 331,6 мг/дм³, а выносе – 183 мг/дм³. Здесь также зафиксировано снижение уровня сульфатов при выносе сточных вод, что свидетельствует о большой роли влияния водных растений на процесс биологического очищения воды.

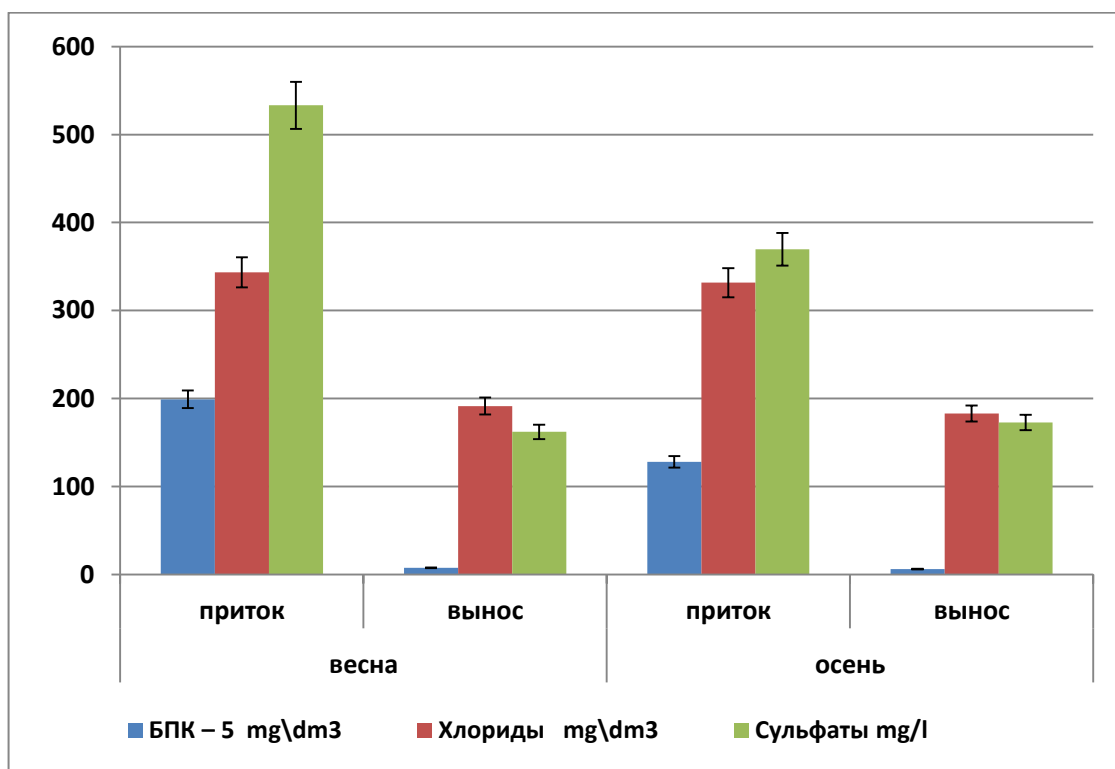


Рис.2. Сезонная динамика содержания химических компонентов в сточных водах промышленного предприятия «Қорақалпоқ сүт таъминоти МЧЖ» (2021-2022 гг.)

Для выявления полной картины нами также был проведен анализ воды на содержание хлоридов в сточных водах, которые показал, что в весенний период содержание в притоке воды его уровень составил 533 мг/л, а при выносе выявлено замечательное снижение – до 191,4 мг/л.

В осенний период содержание в притоке составляло 369, 7 мг/л, а уже при выносе сточных вод содержание хлоридов снизилось до 172,7 мг/л. Этот факт указывает на большое экологическое значение выращивания водных растений в сточных водах промышленных предприятий или других объектов хозяйственного значения для их очистки.

На рис. 3 представлены сравнительные данные по эффективности очистки в статических и динамических условиях. Эффективность очистки при небольших значениях начальных концентраций высокая, как и в случае статической сорбции до 88-90 %. При высоких концентрациях эффективность очистки снижается до 30-33 %.

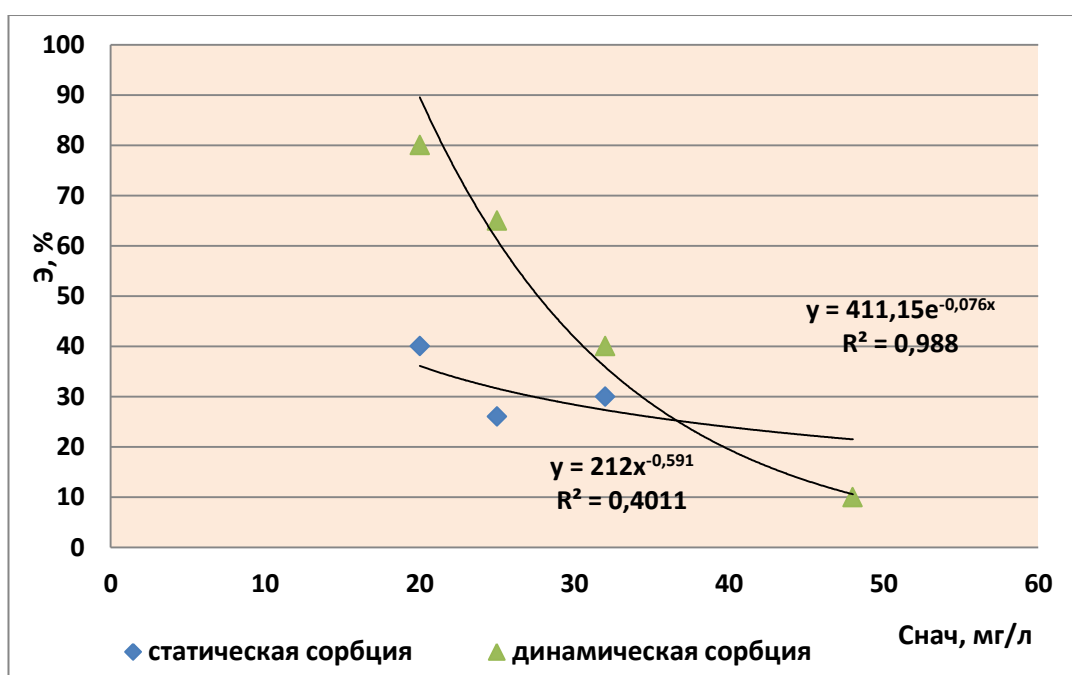


Рис.3. Сравнительный анализ очистки в статических и динамических условиях

Таким образом, высшие и низшие водные растения, такие как Ряска малая (*Lemna minor* L.) и Хлорелла (*Chlorella vulgaris*) обладают высокой

эффективностью очистки сточных вод замкнутых экосистем и их эффективность в качестве биофильтров составляют основу совершенствование технологии биологической очистки сточных вод. В процессе культивирования происходит образование неорганического углерода, в то время как величина органического углерода снижается.

Водные растения интенсивно потребляют неорганические соединения, что также происходит и в природных водоёмах. Чем интенсивнее микроводоросли потребляют углекислоту, тем большее количество ее поступает в воду. Наиболее перспективным методом очистки промышленных сточных вод в экстремальных экологических условиях Приаралья является биологический с использованием прудов с применением водных растений (*Lemna minor* и *Chlorella vulgaris*), что может обеспечить интенсификацию процесса очистки воды от органических веществ, а также ее необходимую дезинфекцию.

Список литературы

1. Богданов Н.И. Концепция очистки сточных вод // Сб. мат. Окружающая природная среда и медицинская экология. Пенза, 2001. – С. 109-110.
2. Васютинский Ю.П., Шагоян Ф.С. Выращивание зеленых кормов на водно-минеральных растворах. – Кишинев, 1961. – 19 с.
3. Водолажченко С.А., Окатьев Е.В., Попова С.А. Выращивание и использование ряски: монография. – Великие Луки: Издательство ВГСХА, 2011. – 119 с.
4. Карева Н.А. Экологическая оценка влияния сточных вод на процессы естественной биологической очистки// Автореф. диссер.... канд. биол. наук. - Санкт-Петербург, 2006. - 16 с.
5. Курцевич Е.П. Использование водных растений для очистки промышленных стоков // Экология и промышленность России. – 2001. – № 2. – С. 21–23.

6. Политаева Н.А., Смятская Ю.А., Кузнецова Т.А., Ольшанская Л.Н., Валиев Р.Ш. Культивирование и использование Микроводорослей *Chlorella* и высших водных растений ряска *Lemna* // Саратов: ИЦ «Наука», 2017
7. Цоглин Л.Н., Пронина Н.А. Биотехнология микроводорослей. – М.: Научный мир, 2012. – 184 с.
8. Graça C. et al. Impact of *Chlorella vulgaris* on the rheology of wheat flour dough and bread texture // LWT. – 2018. – Vol. 89. – P. 466–474.