

УДК: 582.37.39

DOI: [10.52754/16948610_2025_2_2](https://doi.org/10.52754/16948610_2025_2_2)

**АЗОЛЛА ВО ФЛОРЕ КЫРГЫЗСТАНА: РАСПРОСТРАНЕНИЕ, ЭКОЛОГИЯ И
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ**

**КЫРГЫЗСТАН ФЛОРАСЫНДАГЫ АЗОЛЛА: ТАРАЛЫШЫ, ЭКОЛОГИЯСЫ ЖАНА
ПРАКТИКАЛЫК МААНИСИ**

**AZOLLA IN THE FLORA OF KYRGYZSTAN: DISTRIBUTION, ECOLOGY AND
PRACTICAL SIGNIFICANCE**

Абдырахманова Жазгул Суюнбаевна

Абдырахманова Жазгул Суюнбаевна

Abdyrakhmanova Zhazgul Suyunbaevna

преподаватель, Ошский государственный университет

окутуучу, Ош мамлекеттик университети

Lecturer, Osh State University

jazgulabdyrahmanova@gmail.com

ORCID: 0000-0001-8706-6675

Исраилова Гулбарчин Салимовна

Исраилова Гулбарчин Салимовна

Israilova Gulbarchin Salimovna

к.б.н., доцент, Ошский технологический университет

б.и.к., доцент, Ош технологиялык университети

Ph.D., Associate Professor, Osh Technological University

imran.bar77@rambler.ru

ORCID: 0009-0005-1083-4724

Жусупов Байгелди Тургумбаевич

Жусупов Байгелди Тургумбаевич

Jusupov Baygeldi Turgumbaevich

преподаватель, Ошский технологический университет

окутуучу, Ош технологиялык университети

Lecturer, Osh Technological University

adam.turgun@gmail.com

ORCID: 0009-0003-4307-5811

Маматиса кызы Гулиза

Маматиса кызы Гулиза

Mamatisa kyzy Guliza

преподаватель, Ошский технологический университет

окутуучу, Ош технологиялык университети

Lecturer, Osh Technological University

mamatisakyzyg@gmail.com

ORCID: 0009-0004-7083-0533

АЗОЛЛА ВО ФЛОРЕ КЫРГЫЗСТАНА: РАСПРОСТРАНЕНИЕ, ЭКОЛОГИЯ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

Аннотация

В данной статье представлены результаты исследования нового для флоры Кыргызстана вида водного папоротника – азоллы каролинской (*Azolla caroliniana* Willd.). Растение было обнаружено в коллекторно-дренажных сетях южного региона, что открывает перспективы для изучения его адаптационных способностей и потенциального использования в сельском хозяйстве. Проведен анализ физико-химических параметров воды в местах произрастания азоллы, выявлены особенности ее распространения и экологическая значимость. Прозрачность воды устанавливали диском Секки. Содержание растворенного кислорода определяли по методу Винклера. Величину pH определяли набором индикаторов по Михаэлису и универсальным индикатором, портативным pH-метром. В качестве стандартного раствора использовали кобальт-хромовую шкалу. Отмечено, что азолла каролинская, обладая способностью фиксировать азот, представляет интерес как зеленое удобрение и кормовая культура. Обсуждаются вопросы сохранения вида и возможности его интродукции. Статья вносит вклад в изучение биоразнообразия Кыргызстана и подчеркивает необходимость дальнейших исследований в области водной флоры. Выяснение роли данного растения в водных экосистемах поможет в разработке мер по их сохранению и устойчивому использованию.

Ключевые слова: азолла каролинская, биоразнообразие, флора Кыргызстана, новый вид, водное растение, экологическая значимость, водоросли, сохранение вида

КЫРГЫЗСТАН ФЛОРАСЫНДАГЫ АЗОЛЛА: ТАРАЛЫШЫ, ЭКОЛОГИЯСЫ ЖАНА ПРАКТИКАЛЫК МААНИСИ

AZOLLA IN THE FLORA OF KYRGYZSTAN: DISTRIBUTION, ECOLOGY AND PRACTICAL SIGNIFICANCE

Аннотация

Бул макалада Кыргызстандын флорасындагы суу папоротниктеринин жаңы түрү – *Azolla caroliniana* Willd. өсүмдүгүн изилдөөнүн жыйынтыктары берилген. Азолла Кыргызстандын түштүк аймагындагы коллектордук-дренаждык тармактарында табылып, бул өсүмдүктүн адаптациялык жөндөмдүүлүгүн жана айыл чарбасында колдонуу мүмкүнчүлүгүн изилдөө перспективаларын ачат. Азолла өскөн жерлердеги суунун физикалык-химиялык көрсөткүчтөрүнө талдоо жүргүзүлүп, анын таралуу өзгөчөлүктөрү жана экологиялык мааниси аныкталган. Суунун тунукташы Секки диски менен, эриген кычкылтектерин курамы Винклер ыкмасы боюнча аныкталган. pH мааниси Михаэлис индикаторлорунун топтому жана универсалдуу индикатор, көчмө pH-метр аркылуу аныкталган. Стандарттуу эритме катары кобальт-хром шкаласы колдонулган. Атмосферадан азотту фиксациялоочу касиетке ээ *Azolla caroliniana* жашыл жер семирткич жана тоют өсүмдүгү катары кызыгууну жаратаары белгиленди. Авторлор биологиялык түрдү сактоо маселелерине жана аны интродукциялоо мүмкүнчүлүгүн пайдалануу маселелерине көңүл бурушкан. Изилдөө натыйжалары Кыргызстандын биологиялык көптүрдүүлүгүн изилдөөгө салым кошот жана суу флорасы багытында мындан аркы изилдөөлөрдү жүргүзүү зарылдыгын белгилейт. Бул өсүмдүктүн суу экосистемасындагы ролун түшүнүү аларды сактоо жана туруктуу пайдалануу боюнча чараларды иштеп чыгууга жардам берет.

Ачкыч сөздөр: азолла каролина, биокөптүрдүүлүк, Кыргызстандын флорасы, жаңы түр, суу өсүмдүктөрү, экологиялык мааниси, балырлар, түрдүн сакталышы

Abstract

This article presents the results of a study of a new species of water fern for the flora of Kyrgyzstan – *Azolla caroliniana* Willd. The plant was discovered in the collector and drainage networks of the southern region, which opens up prospects for studying its adaptive abilities and potential use in agriculture. The analysis of the physico-chemical parameters of water in the places where azolla grows is carried out, the features of its distribution and ecological significance are revealed. Water transparency is determined by the Secchi disk. The content of dissolved oxygen is determined by the Winkler method. A set of indicators for determining pH by Michaelis and a universal indicator - a portable pH meter. A cobalt-chromium scale is used as a standard solution. It is noted that *Azolla karolinska*, having the ability to fix nitrogen, is of interest as a green fertilizer and forage crop. The issues of conservation of the species and the possibility of its introduction are discussed. The article contributes to the study of the biodiversity of Kyrgyzstan and highlights the need for further research in the field of aquatic flora. Clarifying the role of this plant in aquatic ecosystems will help in developing measures for their conservation and sustainable use.

Keywords: *Azolla caroliniana*, biodiversity, flora of Kyrgyzstan, new species, aquatic plant, ecological significance, algae, conservation of the species

Введение

Изучение флоры Кыргызстана, в том числе редкие и малоизученные виды водных растений, имеют важное значение для сохранения биоразнообразия региона. Обнаруженный в водоемах южного региона водный папоротник - азолла каролинская (*Azolla caroliniana* Willd.) поставил ряд задач для разностороннего изучения растения, в том числе процессы адаптации к различным экологическим условиям. Изучение распространения и экологических особенностей азоллы в Кыргызстане может внести вклад в общую научную базу данных о данном роде. Необходимость детального исследования флоры папоротникообразных и их применения в народном хозяйстве имеет научный интерес.

К роду азолла (*Azolla*) относят 6 видов водных папоротников и мелколистных плавающих растений, произрастающих в тропиках, субтропиках и теплых умеренных регионах Азии, Африки и Америки. Ископаемые остатки этих растений находят в третичных и четвертичных отложениях Евразии и Северной Америки. Из шести видов только азолла нильская (*A. nilotica*) приурочена к определенному географическому району, встречаясь исключительно на реке Нил. Остальные виды широко распространены в тропических и умеренных областях всего земного шара (Жизнь растений, 1978, с. 251-254).

Azolla caroliniana маленькое (0,8-0,9 см), нежное, плавающее на поверхности воды растение. Она обитает в слабо проточных участках коллекторных вод, образуя местами значительные заросли. Спорофит *Azolla caroliniana* представляет собой разветвленное плавающее корневище длиной 5-17 см, на ее верхней стороне в 2 ряда расположены крошечные (0,3-0,6 см) листья подобно черепице ли рыбьей чешуе. Они плотно прикрывают ветви. От некоторых узлов свисают в воду длинные, придаточные корни. На нижней части растения образуются ветви длиной 2-2,5 см с хорошо развитыми листьями. Строение листа *Azolla caroliniana* указывает на высокую специализацию. Каждый лист состоит из двух лопастей или сегментов. Верхний сегмент, выступающий над водой, зеленый, состоит из нескольких слоев клеток в толщину, с устьицами. Нижний сегмент погружен в воду и служит для всасывания воды и для движения. В этом же месте могут развиваться сорусы. В условиях юга Кыргызстана Азолла каролинская размножается вегетативно (Каримова и др., 2015, с. 62-64).

Представители рода *Azolla* очень чувствительны к недостатку воды в водных экосистемах, таких как стоячие воды, пруды, каналы, каналы или рисовые поля. В некоторых источниках дается информация о 7 видах рода азолла (*Azolla*) и отмечается ее важность в качестве уникальной симбиотической системы. Согласно исследованиям распространение вида *A. filiculoides* обхватывает южную часть южной Америки до Аляски, вид *A. caroliniana* – восточная часть Северной Америки, карибский бассейн, Мексика и Вест-Индия, вид *A. mexicana* – северная часть Южной Америки до Британской Колумбии, западная часть северной Америки до Иллинойса, западная и северная часть южной америки дл Северной Америки и Вест-Индии. Вид *A. pinnata* встречается в Тропической и Южной Африке, Юго-Восточной Азии, Японии и Австралии. *A. nilotica* распространена в Центральной Африке (Сетиавати и др., 2018; Marzouk и др., 2023).

Авторы также отмечают, что на расширение географического распространения и изменение первоначальной локализации видов рода *Azolla* сильно повлиял антропогенный

фактор и в настоящее время *A.filiculoides* встречается в Европе, Азии и Австралии, а *A.caroliniana* стала обитателем Азии, Южной Америки и Европы (Marzouk и др., 2023).

Проблема точной таксономической идентификации различных видов азоллы долгое время препятствовала генетическому улучшению этого ценного сельскохозяйственного водного папоротника. Использование новейших молекулярных технологий открывают новые возможности для пересмотра таксономии азоллы и выявления генетического разнообразия как самого папоротника, так и его симбионта - *Anabaena azollae* (Marzouk и др., 2023).

Исследователи отмечают, что *Azolla*, покрывая поверхность водоемов образует сообщества с другими свободно плавающими видами растений - *Lemna minor* L. (ряска малая), *Pistia stratiotes* L. (водяной латук), *Trapa natans* L. (водяной орех), *Wolffia Horkel* ex Schleid (вольфия бескорневая), *Salvinia molesta* D. S. Mitch, и укореняющимися в грунте видами, такими как *Ceratophyllum demersum* L. (роголистник погруженный), *Ludwigia palustris* (L.) Elliott (людовигия болотная), *Polygonum arenastrum* Boreau (горец птичий) и *Neptunia* Lour. (Marzouk и др., 2023).

Экологическая значимость папоротника *Azolla caroliniana* Willd. заключается в важной роли в водных экосистемах, следовательно, есть потребность изучения ее распространения и влияния на эти экосистемы (Karimov и др., 2024).

Интересен этот вид папоротников в качестве фиксатора азота, имеющим сельскохозяйственный потенциал (Sadeghi и др., 2013, с. 65-76). Научная литература указывает, что использование *Azolla* как зеленого удобрения, начиная от посадки и всего вегетационного цикла риса, отдельно или в сочетании с минеральными удобрениями при культивировании риса в низинах экономит потребность культуры в азоте до 60 кг N/га. Данный способ повышает доступность питательных веществ, улучшает физико-химические свойства почв, снижает засоление почвы и ее pH, предупреждает прорастание сорняков (Rikkinen и Jouko, 2017, с. 243-294).

Способность *Azolla-Anabaena* с высокой скоростью фиксировать молекулярный азот обусловила ее применение в качестве зеленого удобрения. В качестве удобрения для рисовых полей азоллу традиционно используют во Вьетнаме. В последнее время интерес к азолле как источника связанного азота существенно возрос. Полевые испытания этой культуры с целью повышения плодородия почв начаты в Индии, США, на Филиппинах и в странах Западной Европы. Использование азоллы в качестве удобрения дополнительно обогащает почву органическими веществами, улучшает ее структуру.

Ученые из Индии, изучавшие биоразнообразие азоллы и его водорослевый симбионт, отмечают, что сложность в выделении штаммов симбионта является главным недостатком использования симбиотической системы *Anabaena-Azolla* в качестве биоудобрения для риса. Различия в химическом составе и на молекулярном уровне позволили ученым разделить разные виды синезеленых симбионтов и эти различия выполнили роль меток для определения филогенетических связей между синезелеными азотфиксаторами. Также полученная информация помогла создать новые комбинации штаммов *Anabaena* и *Azolla* для симбиоза. Дальнейшие исследования ученых направлены на выяснение взаимодействий симбиотических организмов и поиску механизмов управления симбиотической азотфиксацией (Marzouk и др., 2023).

Биологическая фиксация азота является эффективной экологической стратегией для повышения эффективности использования азота в системах производства риса в низинах и может стать хорошей альтернативой синтетическим удобрениям для повышения урожайности риса (Яо и др., 2018, с. 158–164; Al-Jabari и др., 2024, с. 1251-1255).

Изучение возможностей азоллы для повышения плодородия почв и ее восстановления имеет практическую ценность для нашей аграрной республики. Изучение эколого-биологических особенностей данного растения в условиях юга Кыргызстана актуально для дальнейшего практического использования.

В настоящее время папоротникообразные являются распространенной группой сосудистых споровых растений Кыргызстана. Они встречаются в самых различных местообитаниях (болота, озера, рисовые поля, пресные и солоноватые водоемы, почва, расщелины скал, стволы деревьев и др.). В связи с этим у них выработались разные жизненные формы и возникло большое разнообразие во внешней форме, внутреннем строении, физиологических особенностях и размерах. Благодаря с широким распространением и большому количеству видов (более 10 тыс.), они играют огромную роль в природе и в народном хозяйстве. К сожалению, они изучены крайне недостаточно. За последние годы в результате экспедиционных исследований объектов растительного мира Юга Кыргызстана продолжают обнаруживаться новые виды для данного региона. Под руководством д.б.н., профессора Б. Каримовой было исследовано биоразнообразие папоротникообразных Кыргызстана и приведены сведения по представителям данного отдела. Одним из них является водный папоротник - азолла каролинская (*Azolla caroliniana* Willd.), известный во флоре СНГ, но не отмеченный во флоре Кыргызской Республики. В результате исследования бассейна р. Ак-Буура (в западной части г. Ош) растение было обнаружено в 2015 году. Кадастр генетического фонда растений Кыргызской Республики был дополнен новым видом папоротникообразных - *Azolla caroliniana* Willd. (Кадастр генетического фонда Кыргызстана, 2015), с. 178-179; Каримова и Абдырахманова, 2019, с. 369-382).

На основании изучения Азоллы каролинской в условиях юга Кыргызстана, можно сделать вывод, что при круглогодичном интродуцировании в аквариумах, траншеях, мелких водоемах можно получить ценную растительную биомассу, использование которой может решить такие проблемы как повышение плодородия почвы, обогащение кормов питательными веществами в отраслях животноводства, птицеводства, рыбоводства. Немалый интерес представляет азолла в качестве декоративного растения в ландшафтном дизайне, а также в изучении фитоценологии растительного мира Кыргызстана в учебных заведениях (Каримова и др., 2015, с. 62-64.)

В настоящее время одной из главных задач сельского хозяйства является снижение стоимости кормов при одновременном повышении их качества, в частности за счёт обогащения каротином. Водно-болотные растения обладают высокими кормовыми качествами и значительной продуктивностью. Среди них *Azolla caroliniana* Willd. выделяется высоким содержанием питательных веществ, в том числе каротина, и существенно меньшими затратами на её использование по сравнению с традиционными водными и наземными кормами. В связи с этим мы провели экспериментальные исследования с целью разработки экономически эффективного и полноценного рациона для сельскохозяйственной птицы, включающего свежую биомассу *Azolla caroliniana* Willd. В опыте участвовали цыплята

месячного возраста средней упитанности, разделённые по принципу аналогов на две равные группы по 10 особей. Птицы контрольной группы получали сбалансированный основной рацион, тогда как в рацион опытной группы дополнительно включалась сырая азолла. Результаты эксперимента показали, что ежедневное добавление азоллы в количестве 10% от общего объёма корма на одну птицу в течение 120 дней не оказывает негативного влияния на их организм. Все цыплята оставались клинически здоровыми, охотно поедали корм, активно реагировали на внешние раздражители и демонстрировали прирост живой массы (Каримов и др., 2022, с. 49-52).

В настоящее время азолла каролинская широко интродуцирована в Узбекистане (в том числе Андижанской и Сырдарьинской областях), где используется ее биомасса в качестве зеленого удобрения в рисоводстве (Досметов, 2002, с. 45-48; Досметов и др., 2001, с. 22-26). Популярно данное растение как белково-витаминная и минеральная добавки в птицеводстве, рыбоводстве, при биологической очистке сточных вод (Soumya и др., 2024, с. 359-378).

Методы исследования. Объектом исследования послужили собранные образцы азоллы каролинской (*Azolla caroliniana* Willd.), сбор гербария проводился по стандартной методике Скворцова (Скворцов А. К., 1977, с. 199). При сборе материала проводилось измерение температуры воды и воздуха, прозрачность и цвет воды. Прозрачность воды устанавливали диском Секки. Содержание растворенного кислорода определяли по методу Винклера (Winkler L.W., 1888). Величину pH определяли набором индикаторов по Михаэлису (Болдырев А.И., 1974) и универсальным индикатором, портативным pH-метром. Запах воды оценивали баллами, цветность – путем сравнения со шкалой, лимитирующей окраски воды. В качестве стандартного раствора использовали кобальт-хромовую шкалу. Химические анализы воды проведены совместно с сотрудниками СЭС г. Ош согласно унифицированным методам исследования качества вод.

Анализ исследования. Это ценное растение благодаря представителям орнитофауны, водным и воздушным течениям стало встречаться и в наших водоемах. Нами это растение было обнаружено в водоемах коллекторно-дренажных сетей юга Кыргызстана (окрестности г.Ош).

Территория Ошской области имеет различные сочетания геоморфолого-гидрогеологической обстановки с климатическими и гидрографическими факторами, что обуславливает несколько типов режима подземных и грунтовых вод. В пределах низких террас конусов с мощными аллювиальными отложениями грунтовые воды залегают на глубине 10 м и более.

Подземные воды, обладающие слабыми напорами, встречаются низкими террасами рек и на участках подпора грунтовых вод плотными породами.

Общая орошаемая площадь Ошской области составляет 134067 га. Орошаемые земли в основном базируются на местных водных ресурсах. При поливе полей орошаемые воды в почвенном слое соединяются с грунтовыми водами, образуя подпочвенные грунтовые воды. Дрены и коллекторы обычно строятся в пониженных местах и на такой глубине, чтобы грунтовые воды опустились до уровня, на котором они не могут нанести ущерб сельскохозяйственным культурам.

Общий показатель глубины воды КДС в начальной части обычно 50-70 см, а в устьевой 1,5-2,5 м. Минерализация грунтовых вод по Ошской области различна: в Араванском районе - 2,14 г/л, Ноокатском районе - 0,378 г/л, Карасуйском районе – 0,298 г/л, Узгенском районе - 0,33 г/л.

Кере-Талаа –широкое поле, расположен между селом Бирлешкен и микрорайоном СМУТТ г.Ош и относится к Карасуйскому району. Общая площадь с дренажной сетью занимает 125,0 га и находится на высоте 1700м над ур. м. (рис.1.)



Рисунок 1. Карта коллекторно-дренажных сети «Кере-Талаа» Карасуйского района

Температура воды в коллекторах, особенно дренах, в местах, где грунтовые воды поступают постоянно, летом ниже, чем в оросителях, а зимой выше. В коллекторно-дренажной сети вода всегда прозрачнее, чем в оросителях (от 70 см до 2 м). Течение воды в дренах медленное. Почва на заболоченных местах имеет белый солевой налет. Максимальная температура воды летом 25-30⁰С, зимой 1-1,5⁰С (иногда совсем замерзает).

Средняя минерализация грунтовых вод Карасуйского района составляет 0,298 г/л (Исраилова, 2007, с. 67-68). При анализе физико-химического состава воды, где произрастает азолла каролинская, было выявлено, что вода обладает достаточно положительными органолептическими свойствами: она прозрачная, бесцветная и не имеет запаха. Однако содержание аммиака превышает норму, что свидетельствует о загрязнении воды органическими веществами. Также отмечается высокая жесткость воды, негативно отражающее ее состояние. Содержание нитратов, нитритов, хлоридов, железа и сухого остатка находится в пределах нормы. Содержание фтора относительно низкое (табл.1).

Таблица 1. Физико-химический состав воды коллекторно-дренажной сети «Кере-Талаа»

Параметры	Показатели
Запах, в баллах	0,0
Цвет воды, в баллах	0,0
Мутность, мг/дм ³	0,29
Осадок	отсутствует
Прозрачность	0,0

Азот	
Аммиак мг/дм ³	0,80
Нитрит мг/дм ³	0,003
Нитрат мг/дм ³	5,26
Общая жесткость мг-экв/дм ³	23,2
Сухой остаток мг/дм ³	106
Хлориды мг/дм ³	106
Железо мг/дм ³	0,2
Фтор мг/дм ³	0,3

Азолла растет, образуя зеленый покров на поверхности слабопроточных водоемов. Искусственные водоемы характеризуются фитобентосом, представленным разнообразием цветковых растений и водорослей. *Azolla caroliniana*, обильно развиваясь, образует сообщества с водорослями и другими высшими водными растениями, представляя интерес для выяснения роли растительности в биологической продуктивности водоемов.

В коллекторах с проточной водой «Кере-Талаа» в западной окраине г.Ош Карасуйского района высшие водные растения и водоросли разнообразны. Более часто встречаются заросли тростника (*Phragmites communis*), рогоза (*Typha angustifolia*, *T. latifolia*), рдеста курчавого (*Potamogeton crispus*), ряски малой (*Lemna minor*) (Исраилова, 2005, с. 91-93).

Водорослевый ценоз здесь также представлен обилием разнообразных видов. Виды родов *Spirogyra*, *Zygnema*, *Oedogonium*, *Vaucheria* и другие образуют плавающие “лепешки”. Более обильны среди них *Oscillatoria curviceps*, *O.princeps*, *O.irriqua*, *Cyclotella comta*, *Synedra ulna*, *S. amphicephala*, *Nitzschia amphibia* и др. (Исраилова, 2007, с. 67-68).

Из наших наблюдений выяснилось, что в дренажных и коллекторных каналах Кере-Талаа, благодаря содержанию значительного количества биогенных элементов, отмечается бурное развитие фитопланктонов (виды родов *Synedra*, *Achnanthes*, *Chlorella* и др.) и фитобентосов (кладофора, спирогира, мужоция, хара, зигнема, эдогониум, тростник, уруть, рдесты и др.) как естественных биофильтров, выполняющие огромную роль в самоочищении водоемов.

По данным местных жителей биомассу *Azolla caroliniana* поедают почти все виды сельскохозяйственных животных, птиц и рыб. Этот полезный папоротник, отличающийся быстрым вегетативным размножением и высоким содержанием белков, каротина, жиров и клетчатки, является прекрасным объектом для кормопроизводства в животноводстве, птицеводстве и рыбоводстве в качестве белково-витаминной добавки.

С целью оценки перспектив сохранения вида в природе и интродукционного изучения нами были начаты планомерные исследования состояния ценопопуляций азоллы в естественных произрастаниях на территории с. Бирлешкен (запад г.Ош) в бассейне р. Ак-Буура. Исследования показали, что в последние годы (2015-2025) численность вида в естественных местообитаниях катастрофически уменьшается.

Причиной сокращения численности является строительство нового автомобильного рынка в окраине города и действие различных форм человеческой деятельности. В связи с этим конкретный вид на территории подведен к грани вымирания.

Однако, несмотря на адаптивность вида к местным условиям, результаты мониторинга естественных ценопопуляций в бассейне реки Ак-Буура вызывают серьезную

обеспокоенность. Наблюдения за численностью, основываются на многолетних экспедиционных исследованиях и мониторинге территории произрастания *Azolla caroliniana* в бассейне реки Ак-Буура (запад г. Ош), проводившихся с 2015 года.

Наблюдаемое в период с 2015 по 2025 годы катастрофическое сокращение численности *Azolla caroliniana* в естественных местообитаниях является прямым следствием антропогенного воздействия, в частности, строительства и других форм хозяйственной деятельности: в указанный период на территории естественных местообитаний *Azolla caroliniana* произошло значительное изменение ландшафта, обусловленное интенсивной антропогенной деятельностью. В частности, строительство нового автомобильного рынка на окраине города, масштабные земляные работы, включающие вспашку земель, прокладку дорог и установку сопутствующей инфраструктуры, привели к разрушению или значительному изменению исходных водных биотопов. Эти факторы, несомненно, являются причиной резкого сокращения и практического исчезновения данного растения на ранее известных участках произрастания.

В данной работе нами не приводятся количественные данные по изменению популяций, факт исчезновения *Azolla caroliniana* с мест ее первоначального обнаружения в бассейне реки Ак-Буура является наглядным свидетельством негативного антропогенного воздействия. Считаем, что данное обстоятельство, подтвержденное нашими многолетними полевыми наблюдениями, является достаточным основанием для утверждения о критическом снижении численности вида в естественных условиях. В дальнейших исследованиях планируется более детальный количественный анализ динамики популяций *Azolla caroliniana* в условиях продолжающегося антропогенного давления.

Это подчеркивает крайнюю уязвимость вида и настоятельную необходимость принятия безотлагательных мер по его сохранению.

Интродукция и выращивание в культуре могут рассматриваться как один из методов сохранения этого вида и дает возможность для проведения реинтродукционных работ в восстановлении природных популяций. Для интродукции нами привлечен материал, собранный из естественных местообитаний. На территории местности Жапалак Кара-Суйского района были созданы 2 интродукционных водоема-питомника: «теневого» для развивающихся среди высоких тростниково-кустарниковых породи «световой» для развивающихся популяций на увлажненных местах (на открытом участке).

Выводы. Проведенное комплексное исследование *Azolla caroliniana* в условиях южного Кыргызстана позволило не только подтвердить факт произрастания данного вида на территории республики, но и выявить ряд важных аспектов, касающихся его экологии, потенциального использования и угроз существованию. Успешное развитие азоллы в искусственно созданных условиях культивирования, сопровождающееся интенсивным вегетативным размножением и формированием значительной биомассы, открывает многообещающие перспективы для ее практического применения в различных отраслях народного хозяйства Кыргызстана.

Однако, несмотря на адаптивность вида к местным условиям, результаты мониторинга естественных ценопопуляций в бассейне реки Ак-Буура вызывают серьезную обеспокоенность. Наблюдаемое в период с 2015 по 2025 годы катастрофическое сокращение

численности *Azolla caroliniana* в естественных местообитаниях является прямым следствием антропогенного воздействия, в частности, строительства и других форм хозяйственной деятельности. Это подчеркивает крайнюю уязвимость вида и настоятельную необходимость принятия безотлагательных мер по его сохранению.

В контексте сложившейся ситуации, разработанный и апробированный метод интродукционного выращивания *Azolla caroliniana* приобретает особую значимость. Создание питомников в различных экологических условиях (затененном и открытом) демонстрирует возможность получения достаточного количества посадочного материала для дальнейших реинтродукционных работ. Именно целенаправленные интродукционные мероприятия, направленные на восстановление природных популяций, представляются на данный момент единственным эффективным способом сохранения данного ценного вида на территории Кыргызстана. Проводимые нами работы по размножению азоллы являются первым, но крайне важным шагом на пути к обеспечению устойчивого будущего *Azolla caroliniana* в регионе.

Заключение. Таким образом, проведенное исследование *Azolla caroliniana* в Кыргызстане имеет важное научное и практическое значение. Обнаружение и изучение этого азотфиксирующего водного папоротника расширяет наши знания о флоре республики и открывает новые возможности для устойчивого развития сельского хозяйства и сохранения водных экосистем. Несмотря на благоприятные условия для культивирования и потенциальную пользу, выявленная угроза исчезновения вида в естественных местообитаниях требует незамедлительных и скоординированных усилий по его охране и восстановлению.

Действенная охрана сохранившихся и создание новых, устойчивых популяций *Azolla caroliniana*, по всей видимости, будут наиболее эффективно обеспечены в рамках особо охраняемых природных территорий, где антропогенное воздействие будет минимизировано. В то же время, активное внедрение методов интродукции и реинтродукции, подкрепленное дальнейшими научными исследованиями эколого-биологических особенностей вида в различных условиях Кыргызстана, позволит не только сохранить ценный генофонд, но и раскрыть его потенциал для широкого применения в сельском хозяйстве в качестве экологически чистого биоудобрения и кормовой добавки.

Мы выражаем надежду, что дальнейшие планомерные исследования позволят обнаружить *Azolla caroliniana* и в других водных объектах Кыргызстана, расширив тем самым наши представления о ее распространении и экологической приуроченности. Полученные знания станут прочной основой для разработки научно обоснованных стратегий сохранения биоразнообразия региона и устойчивого использования природных ресурсов в интересах аграрной республики.

Обсуждение. Обнаружение азоллы каролинской в водоёмах Кыргызстана открывает ряд вопросов, касающихся как научного изучения флоры региона, так и возможного практического применения этого растения. Данный факт заслуживает особого внимания с точки зрения адаптационного потенциала вида и его роли в водных экосистемах.

Результаты анализа физико-химических параметров воды показали, что азолла способна успешно развиваться даже при наличии отклонений от нормативных значений, таких как повышенное содержание аммиака и высокая жёсткость воды. Это свидетельствует о высокой

устойчивости и адаптационных возможностях растения, что делает его перспективным для использования в различных климатических и экологических условиях.

Особый интерес представляет экологическая и аграрная ценность азоллы. Её способность фиксировать азот и быстро размножаться вегетативным путём делает её эффективным зелёным удобрением. Это может способствовать улучшению плодородия почв и сокращению использования химических удобрений в сельском хозяйстве. Кроме того, биомасса азоллы может быть использована в качестве корма для сельскохозяйственных животных, птицы и рыб, что расширяет спектр её применения.

Тем не менее, необходимо обратить внимание на тревожную тенденцию сокращения популяции азоллы в естественных местообитаниях, что, по всей видимости, связано с антропогенным воздействием. Это подчёркивает важность своевременной разработки мероприятий по охране данного вида, включая меры по интродукции и реинтродукции. Создание специальных интродукционных водоёмов-питомников может стать ключевым элементом в стратегии сохранения азоллы.

В дальнейшем необходимо сосредоточить научные исследования на изучении экологических и биологических особенностей азоллы в условиях Кыргызстана, а также на разработке эффективных методов её культивирования и внедрения в хозяйственную практику. Понимание роли азоллы в функционировании водных экосистем поможет выработать меры по сохранению биоразнообразия и устойчивому управлению водными ресурсами региона.

Предложение

I. Изучение распространения и экологических особенностей азоллы в Кыргызстане способствует сохранению биоразнообразия региона и является важным шагом для разработки мер по охране водных экосистем и их устойчивому использованию.

II. Исследование рода *Azolla* во флоре Кыргызстана связано с реализацией нескольких Целей устойчивого развития ООН:

1. Изучение адаптационных способностей азоллы к различным экологическим условиям в условиях изменения климата позволит разработать стратегии адаптации сельского хозяйства и сохранения экосистем (ЦУР 13).
2. Исследование распространения и роли азоллы в гидроэкосистемах поддержит сохранение биоразнообразия региона и разработку мер по устойчивому использованию природных ресурсов (ЦУР 15).
3. Азолла влияет на качество воды, будучи звеном водной экосистемы, поэтому изучение её влияния на водные экосистемы Кыргызстана важно для разработки стратегий устойчивого управления водными ресурсами и биологической очистки сточных вод (ЦУР 6).
4. Благодаря способности фиксировать атмосферный азот, азолла является ценным удобрением, применение которого в сельском хозяйстве может повысить плодородие почв, увеличить урожайность и снизить использование химических препаратов (ЦУР 2) (Организация Объединённых Наций, 2015).

III. Цель исследования: определить экологические особенности и роль азоллы в водных экосистемах Кыргызстана с целью разработки практических рекомендаций по её сохранению и эффективному использованию.

Использованная литература

1. Абдырахманова, Ж. С. Азолла каролинанын биоэкологиялык өзгөчөлүктөрү жана сезондук көбөйүүсү / Ж. С. Абдырахманова, Б. А. Каримов // Ош мамлекеттик университетинин Жарчысы. Химия. Биология. География. – 2024. – №. 1(4). – Р. 8-14. – DOI 10.52754/16948688_2024_1(4)_2. – EDN NZDMPH.
2. Болдырев А.И. Физическая и коллоидная химия – М.: В.Ш. , 1974
3. Досметов А.Т. (2002). Некоторые биологические особенности каролинской азоллы и перспективы ее использования в народном хозяйстве // ГулДУ ахборотномаси – Гулистон, № 1. – С. 45-48.
4. Досметов А.Т., Норбобоева Р.Б., Шоякубов Р.Ш. (2001). Интродукция и разработка методов массового культивирования азоллы каролинской (*Azolla caroliniana* Willd. сем. *Azollaceae*) в Узбекистане и ее использование // Узбекский биологический журнал. – Ташкент, № 3. – С. 22-26.
5. Жизнь растений. (1978). Т. 4. - М.: Просвещение. - С. 251-254.
6. Исраилова Г.С. (2007). Весенняя флора водорослей коллекторно-дренажной сети сельской управы «Савай» Карасуйского района // Материалы II-междунар. науч.-практ. конф. «Ботаника, экология и охрана растений Центральной Азии» - Андижан, - С. 67-68.
7. Исраилова Г.С. (2005). Водоросли коллекторно-дренажных систем в окрестности г.Ош и их значение // Вестн. Кырг. Нац. ун-та. Естеств.-тех.науки, №5. - С.91-93.
8. Кадастр генетического фонда Кыргызстана. (2015). Т. I. Бишкек. - С. 178-179.
9. Каримов, Б. А., Абдырахманова, Ж. С., Исраилова Г. С. (2022) Использование биомассы *Azolla caroliniana* Willd. в птицеводстве // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. – № 1. – С. 49-52. – EDN MCRVKF.
10. Каримова, Б. К., Исраилова, Г. С., & Абдырахманова Ж. (2015) Биолого-экологические особенности и распространение *Azolla caroliniana* Willd. в Ошской области Кыргызстана. *Ricciocaropus natans* (L.) Corda-редкий, исчезающий вид флоры Кыргызстана, 62.
11. Каримова, Б. К., Абдырахманова, Ж. С. (2019). Сведения о биоразнообразии папоротникообразных Кыргызстана // Научный аспект, 3(3), 369-382.
12. Моомбеков, С. Т. Флора водорослей некоторых притоков реки Чаткал на территории Беш-Аральского заповедника / С. Т. Моомбеков // Вестник Ошского государственного университета. Химия. Биология. География. – 2024. – № 1(4). – С. 132-137. – DOI 10.52754/16948688_2024_1(4)_17. – EDN GGQKYM.
13. Организация Объединенных Наций (2015). Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года. – URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/about/development-agenda/>.
14. Сетиавати М.Р., Дамаяни М., Хердиянторо Д., Сурьятмана П., Анггрэйни Д., Хумайра Ф.Х. (2018). Дозировка применения *Azolla pinnata* в свежем виде и в виде порошка в качестве органического удобрения для влияния на химические свойства почвы, рост и урожайность риса // Конференция АИП. Учеб., 1927. doi: 10.1063/1.5021210.
15. Скворцов А. К. (1977). Гербарий. Пособие по методике и технике // Москва, Наука, 1977, 199 с.

16. Яо И., Чжан М., Тянь И., Чжао М., Цзэн К., Чжан Б., Чжао М., Инь Б. (2018). Биоудобрение *Azolla* для повышения эффективности использования низкого азота в интенсивной системе выращивания риса // *Field Crop. Res.*, 216, 158–164. doi: 10.1016/j.fcr.2017.11.020.
17. Al-Jabari Qana H., Baker Ahmed Gh., Amer Sameerah H., Shaker Ahmed S. (2024). The Effect of Adding *Azolla* Plant Powder in Quail Diets on The Carcass Traits and Some Blood Traits // *Egyptian Journal of Veterinary Science (Egypt)*, T. 55 (5), P. 1251 – 1255. ISSN 11100222. doi: 10.21608/EJVS.2024.253624.1704.
18. Ghosh Soumya, Benettayeb Asmaa, Meskini Maryam, Lal Basant, Al-Sharif Zainab T., Ajala Oluwaseun Jacob, Osagie Christian, Malloum Alhadji, Al-Najjar Shahad Z., Onyeaka Helen, Bornman Charné, Ahmadi Shabnam. (2024). Advancing wastewater treatment with *Azolla filiculoides* waste: a comprehensive review of adsorption applications // *Environmental Technology Reviews*, Том 13, Выпуск 1, Страницы 359 – 378. ISSN 21622515. doi: 10.1080/21622515.2024.2354126.
19. Marzouk S.H., Tindwa H.J., Amuri N.A., Semoka J.M. (2023). An overview of underutilized benefits derived from *Azolla* as a promising biofertilizer in lowland rice production // *Heliyon*, 9(1):e13040. doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e13040. PMID: 36711306; PMCID: PMC9880398.
20. Rikkinen, Jouko. (2017). Cyanobacteria in terrestrial symbiotic systems // *Modern Topics in the Phototrophic Prokaryotes: Environmental and Applied Aspects* / P., Страницы 243 – 294. ISBN 978-331946261-5, 978-331946259-2. doi: 10.1007/978-3-319-46261-5-8.
21. Sadeghi, R., Zarkami, R., Sabetraftar, K., & Van Damme, P. (2013). A review of some ecological factors affecting the growth of *Azolla* spp. // *Caspian J. Env. Sci.*, Vol. 11 No.1 pp. 65-76.
22. Biological purification of polluted waters as a factor in sustainable environmental management / B. Karimov, Zh. Abdyrakhmanova, D. Emilbekova [et al.] // *E3S Web of Conferences*. – 2024. – Vol. 537. – P. 07002. – DOI 10.1051/e3sconf/202453707002. – EDN SBADTB.
23. Winkler L.W. Die Bestimmung des im Wasser gelösten Sauerstoffes. // *Chem. Ber.* 1888, v. 21, pp. 2843-2855