

ВОЛЬФИЯ ШАРОВИДНАЯ: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМАМИ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ

Резюме. Вольфия шаровидная — мельчайшее плавающее растение семейства продолговатых водорослей, ценное экосистемное и агрономическое сырье, источник белка для кормления животных и, потенциально, для питания человека. Эта статья представляет обзор современных технологий выращивания *Wolffia globosa*, сравнивает открытые и закрытые культивирующие системы, рассматривает требования к воде, питательным средам, свету и температуре, а также методы сбора, переработки и оценки экономической эффективности. Особое внимание уделено управлению биотическим и абиотическим факторами, устойчивости к загрязнению и экологическим преимуществам культивирования на поверхности воды. В конце приводятся практические рекомендации для внедрения технологий на фермах и способы дальнейших исследований.

Ключевые слова: *Wolffia globosa*, вольфия шаровидная, duckweed, технологии выращивания, открытые пруды, закрытые системы, альтернативный источник белка, кормление животных.

WOLFFIA GLOBOSA: MODERN CULTIVATION TECHNOLOGIES AND MANAGEMENT OF CULTIVATION SYSTEMS

Abstract. *Wolffia globosa* is a tiny floating plant in the family of elongated algae, a valuable ecosystem and agronomic raw material as a source of protein for animal feeding and potentially for human nutrition. This article provides an overview of modern cultivation technologies for *Wolffia globosa*, comparing open and closed cultivation systems, discussing water, nutrient, light, and temperature requirements, as well as methods for harvesting, processing, and evaluating economic efficiency. Special attention is given to managing biotic and abiotic factors, resistance to pollution, and the environmental benefits of surface water cultivation. The article concludes with practical recommendations for implementing technologies on farms and ways to further research.

Key words: *Wolffia globosa*, globular wolffia, duckweed, cultivation technologies, open ponds, closed systems, alternative protein source, animal feeding.

ВВЕДЕНИЕ

Значение *Wolffia globosa* как быстрореактивного источника белка и потенциальной биомассы для кормления сельскохозяйственных животных, гидробионтов и, в перспективе, человека за счет развития функциональных и натуральных пищевых добавок, бесспорно.

Одной из особенностей культивирования вольфии остается необходимость перемешивать воду путем аэрации, поскольку данная водоросль в процессе фотосинтеза выделяет кислород, поглощая из воды углекислый газ. В случаях значительного ее скопления на поверхности воды возникают условия, способствующие перенасыщению воды кислородом, благодаря чему растворимость углекислого газа снижается, и вольфия лишается углеродного питания, важного для ее роста [3, 4].

К ключевым преимуществам данного растения относят: компактность поверхности, высокую скорость роста, способность перерабатывать азот

УДК 639.6

Научная статья

DOI 10.69539/2413-287X-2026-10-4-291

ИРИНА ВАСИЛЬЕВНА ПОДДУБНАЯ¹,доктор сельскохозяйственных наук, доцент,
профессор кафедры «Генетика, разведение,
кормление животных и аквакультура»

ORCID: 0000-0002-8565-5633

SPIN: 4555-6523

E-mail: poddubnayaiv@yandex.ru

ОКСАНА НИКОЛАЕВНА РУДНЕВА¹,кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент кафедры «Генетика, разведение,
кормление животных и аквакультура»

ORCID: 0000-0002-1175-0793

SPIN: 4804-6707

E-mail: rudnevmu@yandex.ru

ОКСАНА АЛЕКСАНДРОВНА ГУРКИНА¹,кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
кафедры «Генетика, разведение, кормление
животных и аквакультура»

ORCID: 0000-0003-0836-3511

SPIN: 3729-8936

E-mail: gurkinaoa@yandex.ru

АЛЕКСАНДР ВАСИЛЬЕВИЧ ПОНОМАРЕВ²,

генеральный директор

E-mail: LAB-NSL@mail.ru

¹ФГБОУ ВО «Саратовский государственный
университет генетики, биотехнологии
и инженерии имени Н.И. Вавилова»

Россия, 410005, г. Саратов, ул. Большая Садовая, 220

²ООО «Гранд»Россия, 413111, Саратовская область, г. Энгельс,
ул. Тельмана, 150А

Поступила в редакцию: 18.05.2026

Одобрена после рецензирования: 01.06.2026

Принята в публикацию: 22.09.2026

UDC 639.6

Research article

DOI 10.69539/2413-287X-2026-10-4-291

IRINA V. PODDUBNAYA¹,Doctor of Agricultural Sciences, Associate
Professor, Professor of the Department
of Genetics, Breeding, Animal Feeding
and Aquaculture

ORCID: 0000-0002-8565-5633

SPIN: 4555-6523

E-mail: poddubnayaiv@yandex.ru

OKSANA N. RUDNEVA¹,Candidate of Agricultural Sciences, Associate
Professor of the Department of Genetics, Breeding,
Animal Feeding and Aquaculture

ORCID: 0000-0002-1175-0793

SPIN: 4804-6707

E-mail: rudnevmu@yandex.ru

OKSANA A. GURKINA¹,Candidate of Agricultural Sciences, Associate
Professor of the Department of Genetics, Breeding,
Animal Feeding and Aquaculture

ORCID: 0000-0003-0836-3511

SPIN: 3729-8936

E-mail: gurkinaoa@yandex.ru

ALEXANDER V. PONOMAREV²,

General Director

E-mail: LAB-NSL@mail.ru

¹Saratov State University of Genetics,
Biotechnology and Engineering
named after N.I. Vavilov

Russia, 410005, Saratov, Bolshaya Sadovaya Street, 220

²Grand, LLC

Russia, 413111, Saratov Region, Engels, Telmana Street, 150A

Received by editor office: 05.18.2026

Approved in revised: 06.01.2026

Accepted for publication: 09.22.2026

и фосфор из водной среды, возможность совместной работы с системами водоснабжения [7]. Кроме того, согласно исследованиям Галицкой А.А. установлено, что растения вольфии бескорневой отличаются резистентностью к воздействию поллютантов [2]. Данное водное растение обладает возможностью адаптации к различным концентрациям токсических веществ, при этом эффективнее приспосабливается к солям тяжелых металлов, чем к антибиотикам.

По мнению Волковой И.В. обилие в водоеме растений семейства Ароидных к которому относится в том числе и вольфия, свидетельствует о богатстве водной среды биогенными веществами, а также промышленными и сельскохозяйственными загрязнениями [1].

Научные изыскания Шведовой А.Н. показывают, что вольфию можно использовать как перспективную платформу для экспрессии рекомбинантных белков. Этому автору, благодаря генетической трансформации вольфии, удалось впервые в мире получить растения, содержащие ценные терапевтические белки — гирудин и гранулоцитарный колониестимулирующий фактор человека [5].

Помимо этого, Шведова А.Н. и Хватков В.А. констатируют, что растения семейства рясковых благодаря целому ряду преимуществ (маленькие размеры, быстрое вегетативное размножение, высокое содержание белка в тканях) возможно активно использовать в качестве растительных экспрессионных платформ для производства рекомбинантных белков. Перспективным растением-продуцентом считается вольфия бескорневая *Wolffia arrhiza* [6].

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Цель данной работы состоит в систематизации существующих технологий выращивания, выявлении оптимальных условий производства вольфии для достижения целей ее дальнейшего использования (кормопроизводство, переработка водных ресурсов, фильтрационная роль), обозначении перспектив последующих исследований.

Вольфия представляет собой мельчайшее водное растение, плавающее на поверхности воды, размножающееся преимущественно бесполым путем за счет деления. У вольфии отсутствуют корни и листья, питательные вещества она потребляет из воды всей поверхностью. Растение тепло- и светолюбивое, чувствительное к дефициту питательных элементов и к перенасыщению аммиаком, кислородом и уровню pH.

Содержание белка, аминокислотный профиль, минеральный состав вольфии варьирует в зависимости от рациона и условий культивирования, возможно накопление токсичных элементов при использовании загрязненных вод.

Существует две системы выращивания данного растения — открытые пруды и мелкие водоемы, замкнутые или полужамкнутые системы.

К преимуществам открытых прудов и мелких водоемов относят низкие капитальные затраты, простоту инфраструктуры, возможность масштабирования на малых площадях. Между тем, имеются и ограничения, такие как зависимость от погодных условий, риск контаминации, сезонность, потребность в поддержке водной поверхности и регуляции водного баланса.

В настоящее время актуально такое техническое решение: неглубокие (5—15 см) пруды с постоянной аэрацией, сменной водой или циркуляцией; использование естественных или добавочных источников питательных веществ (удобрения или сточные воды при условии контроля качества). При этом необходимы управление плотностью культур и севооборот, осуществляемый посредством контроля плотности популяций, периодического обновления инокулята, предотвращения перенаселения и светового дефицита.

Преимущества замкнутых или полужамкнутых систем состоят в управлении питательными веществами, светом, температурой, меньшей зависимости от внешних факторов, возможности круглогодичного выращивания.

Типы конструкций для выращивания вольфии представляют собой плоские панели, либо трубчатые или плоские водяные кассеты, гонки-поны с неглубокими слоями воды, вертикальные модули с подвесными кассетами. Управление светом и температурой в подобных конструкциях осуществляется благодаря искусственному или комбинированному освещению и поддержанию оптимальных температур в диапазоне 25—30°C в зависимости от вида водоросли и целей ее выращивания. В установку подается вода с питательными растворами, содержащими точную дозировку азота, фосфора и микроэлементов, при pH 6,0—7,5. Необходимы периодическая промывка системы и смена воды либо рециркуляционная система с фильтрацией и очисткой.

Основные требования, которые необходимо соблюдать при культивировании водоросли:

1. Качество воды должно быть оптимальным с минимальным содержанием токсинов и тяжелых металлов, с достаточной концентрацией кислорода. Важно обеспечить необходимое количество азота и фосфора для поддержания высокой биомассы, а также наличие таких микроэлементов как калий, магний, железо и цинк по потребностям культуры.

2. Интенсивность и длительность светового дня подбираются для поддержания активного фотосинтеза, а в жарких условиях необходимо притенение. Важно придерживаться оптимальных диапазонов температуры в зависимости от культивируемой линии *Wolffia globosa*, поскольку экстремальные температуры снижают урожайность.

3. Требуется использовать здоровые культуры и соблюдать плотность посадки для исключения анаэробных условий и перегрева поверхности воды. В связи с этим актуален контроль биомассы с регулярной оценкой плотности покрытия поверхности и скорости роста.

4. Необходимо проводить профилактические мероприятия и санитарную обработку во избежание появления вредителей и конкурентов, таких как зоопланктон, водные насекомые и микробные патогены.

По завершении процесса выращивания данного вида водорослей необходимо собрать материал с поверхности воды с помощью сит. После промывки и при необходимости обеззараживания собранная вольфия отправляется на переработку. Далее производится сушка — солнечная или на низких температурах, что обеспечивает сохранение белка и аминокислотного состава. Готовый продукт необходимо герметично упаковать и хранить при низкой влажности. Скармливание животным возможно в порошкообразной или гранулированной форме, при необходимости допустима переработка в концентраты или белковые пасты.

К основным затратам на выращивание вольфии относятся капитальные вложения в замкнутые системы и оборудование, себестоимость воды и электричества, стоимость инокулята.

К преимуществам выращивания вольфии перед другими белковыми культурами относятся: вовлечение в производственный процесс небольших площадей земли, возможность использования водных ресурсов и совместная работа с системами очистки сточных вод, снижение экологических нагрузок.

Для увеличения объема продукции, получаемой от водоросли, рекомендуется усовершенствовать генетические и селекционные подходы к улучшению ее роста и состава белка, оптимизировать технологию выращивания за счет применения новых питательных элементов, расширить возможности переработки, интегрировать в систему циркулярной экономики посредством утилизации отходов, очистки воды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Wolffia globosa демонстрирует значительный потенциал как быстрорастущая белковая культура для кормления животных и будущего применения в пищевой индустрии. Эффективность технологии определяется балансом между условиями культивирования, правильной сборкой и переработкой, а также экономической обоснованностью. На практике устойчивые результаты достигаются через сочетание контроля за водной средой, светом, температурой

и питательными веществами, а также за счет разработки интегрированных логистических цепочек для получения конкурентоспособной продукции.

Перспективы дальнейших исследований состоят в: оптимизации комбинированных систем открытого/закрытого типа под конкретные климатические условия; разработке стандартных протоколов оценки качества и безопасности *Wolffia globosa* для кормовых и пищевых применений; исследовании влияния использования водных ресурсов и совместной очистки сточных вод на урожайность и экономику; генетических подходах к улучшению роста, ускорению созревания и повышению содержания белка.

Литература/Literature

1. Волкова, И. В. Оценка качества воды водоемов рыбохозяйственного назначения: учебник / И. В. Волкова, Т. С. Ершова, С. В. Шипулин // М. : Юрайт, 2026. — 294 с.
2. Галицкая, А. А. Исследование адаптации *Wolffia arrhiza* (Linnaeus, 1771) Horkel ex Wimmer к различным минеральным и биогенным поллютантам на примере тяжелых металлов и антибиотиков / А. А. Галицкая, Н. Ю. Селиванов, О. Г. Селиванова, О. И. Соколов // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Химия. Биология. Экология. — 2012. — № 1. — С. 36–42.
3. Каримов, Б. А. Опыт культивирования вольфии бескорешковой (*Wolffia arrhiza* (L.) Wimmer сем. Lemnaceae) в условиях юга Кыргызстана / Б. А. Каримов, Р. Ш. Шоякубов // Узб. биол. журнал. — 2000. — № 3. — С. 35–38.
4. Хватков, П. А. Изучение условий глубинного культивирования вольфии бескорневой (*Wolffia arrhiza* (L.) Horkel ex Wimm) в модифицированном биореакторе / П. А. Хватков, М. А. Чернобровкина, В. В. Синев, С. В. Долгов // Биотехнология. — 2013. — № 6. — С. 51–56.
5. Шведова, А. Н. Водное растение *Wolffia arrhiza* в качестве продуцента терапевтических рекомбинантных белков / А. Н. Шведова // Дисс. на соиск. уч. ст. к.б.н. — Москва. — 2025. — 116 с.
6. Шведова, А. Н. Оптимизация факторов, влияющих на эффективность агробактериальной трансформации *Wolffia arrhiza* / А. Н. Шведова, П. А. Хватков, С. В. Долгов // Биотехнология. — 2022. — Т. 38. — № 6. — С. 40–46.
7. Pietryka, M. Distribution and ecology of *Wolffia arrhiza* (L.) Horkel ex Wimm. In the lowland part of Lower Silesia (Poland) / M. Pietryka, D. Richter, M. Podlaska // Biologia. — 2023. — Vol. 78. — № 4. — P. 971–978. ■

